

Thèse pour obtenir le grade de
Docteur de l'université Lyon II

Préparée sous la direction de
Andrée Tiberghien

Jury Claudine Larcher, INRP, Rapporteur Martine Méheut, Université Paris 7, Rapporteur Nicolas Balacheff, CNRS, Examineur Sylvianne Rémi, Université Lyon II, Examinatrice Andrée Tiberghien, CNRS, Directrice

Table des matières

À mon Palou (ce héros malgré lui) et ma Nanette

À mes proches partis beaucoup trop tôt durant ces trois années de thèse : Nicolas, Danielle, Séverine, Coco René, Tati Lulu et Nanette.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près comme de loin à ce travail et sans qui cette thèse n'aurait probablement jamais pu voir le jour.

Tout d'abord, je tiens à remercier Andrée Tiberghien pour toutes les heures qu'elle a passé à encadrer cette thèse du début à la fin et pour m'avoir appris ce qu'était la recherche en didactique. Merci, de m'avoir fait confiance en me faisant participer aux projets Pégase et outils, et surtout de m'avoir ouvert à la communauté des chercheurs en didactique au niveau international et de m'avoir appris cette exigence qui oblige à aller toujours plus loin, cette rigueur dans l'analyse et cette prudence dans les résultats.

Je tiens à remercier aussi tous les gens de l'équipe COAST, particulièrement Laurent Jeannin, pour sa générosité aussi bien dans la vie que dans la recherche et pour la qualité des discussions que nous avons pu avoir. Asuman Küçüközer, pour les innombrables discussions théoriques que nous avons pu avoir et pour la finesse de ses réflexions. Njoud Tachoua, pour sa bonne humeur, son ouverture d'esprit et la pertinence de ses remarques. Christianne Rolet pour m'avoir éclairé sur bien des domaines. Bernadette Pateyron pour sa sagesse. Arnauld Séjourné pour ses gasconnades et ses nombreux conseils.

Je tiens aussi à remercier Anne-Marie Miguët, pour m'avoir accueilli au sein de sa classe et pour les nombreuses discussions que nous avons pu partager. Ainsi que tous les enseignants du groupe outils, particulièrement Marie-Odile pour sa sympathie, Pierre Gaidioz pour sa passion des élèves et Jacques Vince pour sa rigueur en physique.

Je tiens à remercier tous les membres du groupe ICAR, particulièrement Sylvianne Rémi pour son aide précieuse sur la lexicologie, Michael Baker pour sa grande lucidité, son soutien et ses nombreux conseils sur le débat, Mathieu Quignard pour son aide sur la manière de faire débattre les élèves, Lorenza Mondada pour ses «datas sessions» sur l'analyse vidéos, Catherine Kerbrat-Orecchioni pour son aide sur la notion de contexte, Christian Plantin pour ses explications sur l'argumentation, Serge Heiden pour sa bonne humeur, son soutien et son aide sur la lexicologie, Robert Bouchard pour son aide sur les catégories de Kronos, Daniel Valero pour son aide sur tous les problèmes informatiques, Robert Pléty pour son regard sur les élèves.

Merci à Martine Méheut pour la pertinence de ses remarques au cours de l'écriture de cette thèse.

Un grand MERCI à Dominique Serre pour son enthousiasme, ses conseils et ses corrections «ortographe».

Je tiens à remercier Martine Méheut et Claudine Larcher pour la lecture de cette thèse qui s'est déroulée dans des conditions pas toujours très évidentes. Sylvianne Rémi pour le regard lexicologique qu'elle apporte sur ce travail et Nicolas Balacheff pour son travail sur la modélisation des connaissances.

Je tiens aussi à remercier tous les gens qui m'ont logé à Lyon durant ses trois années de thèse, particulièrement : Lolo et Peck, Chacha, Cécile, Guitou, Flo, Dédél, Christine, Chloé, Christophe et Karenne, Katy et Thierry, Nadia, Nono, Laurent, Michael, Alex et Estelle et tous les autres.

Un grand Merci à cette utopie qu'est la Villeneuve et dont je suis un pur produit. Merci à tous mes proches qui font ce que je suis :

Mes deux familles : les Feinstein, mon Palou et ma Nanette, ma p'tite maman, mes soeurs : Adeline et Léa, Alain, Sylvie et Mimi, Axel et Martin, Patricia et Jean, Grand loup.

les Givry, Mame, Papierre et Mamie, Monsieur Papa, Claire, Jacques, Gaëtan et Éléonore, Clément et Jeanne.

Mes Potes : Anouchka, Célinette, Adrien, Gille, David, Allan et Juliette, Brunch, Alex et Audrey, Alex et Estelle, Camille et Nordine, Bernard, les frères Milan, Javotte, Antonin, Marina, les collocs (Phil, Mumu, Dedel, Lulu, Pipou et Chacha, Dav et les autres), les chouquettes de Marseille (particulièrement Yayou) tous les gens de Drogui Most et de la Bosnie (Lapie, Farouck, Allen et Yasco, Guerma, David et Caro, Didier, Murielle et tous les autres). Les Azaniens : Laurence, Karenne, Dj'ay, Dom-Dom, Petit Jean, Guitou, Valoche, Flo, Émilie, Areski. Le 93, les footballeurs de la Villeneuve, les Ribet : Nadia, Skad et Patrick et tous ceux que j'oublie MERCI.

«**L'Humain, mais bien sûr**, mais comment donc, nous sommes parfaitement d'accord : un jour il se fera !

Un peu de patience, un peu de persévérance : on n'est plus à dix mille ans près. Il faut savoir attendre, mes bons amis, et surtout voir grand, apprendre à compter en âges géologiques, avoir de l'imagination : alors là, l'Humain ça devient tout à fait possible, probable même : il suffira d'être encore là quand il se présentera. Pour l'instant, il n'y a que des traces, des rêves, des pressentiments... Pour l'instant l'Humain n'est qu'un pionnier de lui-même.

Gloire à nos illustres Pionniers !»

Sacha Tsipotchkine

Introduction générale

Au début des années 1970, la plupart des recherches en didactique des sciences se sont centrées sur les conceptions des élèves. Très vite, ces travaux ont identifié un certain nombre de conceptions d'élèves sur différents thèmes, notamment en France, à propos des circuits électriques (Tiberghien et Delacôte 1976, Closset 1983), de la mécanique (Viennot 1979), des gaz (Séré 1985 ; Chomat, Larcher & Méheut 1988) ou encore de la lumière (Kaminski 1989). Comme en témoigne l'importante bibliographie faite à l'IPN de Kiel par Duit (2002), ces nombreux travaux sur les conceptions ont produit un noyau de résultats extrêmement stables dans des domaines très variés de la physique. Les travaux didactiques sur les raisonnements des élèves se sont ensuite élargis en prenant en compte de nouveaux aspects, comme la motivation (Weinert & Kluwe 1987, Pintrich 1999, Osborne & al. 2003), la métacognition (Brown 1987, Gunstone 1992), les rôles de l'argumentation et de l'explication (Stinner 1993, Newton & al. 1999, Driver & al. 2000, Martin & al. 2001), ou encore le rôle de la représentation de la science des élèves et des professeurs (Solomon 1992, Désautels et Larochelle 1998). Ces différents travaux commencent à fournir un ensemble de résultats permettant de mieux cerner les multiples facteurs susceptibles de jouer un rôle dans l'apprentissage des élèves.

Cependant, l'ensemble des résultats accumulés sur les raisonnements des élèves soulève la question de savoir comment les utiliser dans le cadre de l'enseignement. Pour répondre à cette question Scott, Asoko & Driver (1992) présentent différentes stratégies utilisées dans l'enseignement afin de faire évoluer les conceptions des

élèves. Ces stratégies sont regroupées selon deux pôles. Le premier se fonde sur le conflit socio-cognitif et le second sur le développement d'idées compatibles avec le point de vue scientifique. Pour illustrer ce deuxième point, on retiendra l'approche de Niedderer (1987), qui ne vise pas à remplacer les théories des élèves (basées sur la pensée quotidienne) par une théorie scientifique et qui permet en revanche aux élèves de prendre conscience de ces deux théories et d'apprendre des concepts scientifiques. L'ensemble des stratégies proposées par Scott, Asoko & Driver (1992) se base essentiellement sur les conceptions des élèves et ne tient quasiment pas compte des autres éléments susceptibles de jouer un rôle dans l'apprentissage des élèves (comme la motivation, la métacognition, l'argumentation...). On trouve essentiellement en France un certain nombre de travaux, qui tout en utilisant les résultats sur les conceptions, se basent entre autres sur l'activité de modélisation pour développer des séquences d'enseignement (Chomat, Larcher & Méheut 1988, Martinand & al. 1992, Tiberghien 1994, Méheut 1996, Guillaud 1998, Buty 2000, Vince 2000).

La prise en compte des résultats de recherche, aussi bien pour l'élaboration d'un enseignement, que pour l'étude du rôle que joue cet enseignement sur l'apprentissage effectif des élèves, nous paraît essentielle. Notre recherche s'inscrit dans cette perspective et porte sur l'évolution des élèves de Seconde au cours d'une séquence d'enseignement sur les gaz. Cette séquence a été construite lors d'un travail de recherche et développement auquel nous avons participé, ce qui nous permet de pouvoir aborder, dans de bonnes conditions, l'étude des facteurs responsables de l'évolution des élèves. Ainsi, la problématique de notre recherche porte sur le rôle que joue la séquence d'enseignement sur les gaz dans l'apprentissage des élèves de seconde.

Cette problématique d'ordre général guide le plan que nous allons suivre. Dans un premier temps (chapitres 1), nous allons définir notre cadre théorique et préciser ce que nous reprenons des travaux provenant :

Cette première partie nous permettra, dans un second temps (chapitre 2), de formuler de façon plus précise nos questions de recherche, puis de spécifier la méthodologie adoptée pour les traiter (chapitre 3).

Nous présenterons les résultats de notre travail à propos de :

Chapitre 1. Cadre théorique

La perspective de cette étude est de connaître le rôle d'un enseignement sur l'apprentissage des élèves. Pour rendre compte de ce rôle, cette recherche nécessite de prendre comme objet d'étude les relations entre les situations d'enseignement, le comportement des élèves et leurs acquisitions. Le cadre théorique que nous allons développer, va conditionner notre méthodologie pour analyser l'interaction de l'élève et de son environnement dans le cas d'un enseignement de physique sur les gaz. Nous proposons, dans un premier temps, de présenter les hypothèses sur l'apprentissage, que nous adoptons dans le cadre de cette étude. Dans un second temps, nous nous positionnerons par rapport aux principaux travaux sur les théories didactiques du

changement conceptuel et nous étudierons les différents types de modélisations proposés afin de déterminer la plus adaptée pour mener à bien notre étude. Enfin, dans un troisième temps, nous présentons notre modèle *des idées*, en spécifiant notamment ce qu'est une idée, ainsi que comment elle évolue. Nous finissons en présentant comment l'utilisation de la notion de milieu issue de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) permet d'étudier les facteurs responsables de l'évolution des idées.

Cette partie présente notre point de vue sur l'apprentissage. Pour cela, nous précisons les hypothèses sur l'apprentissage que nous adoptons à partir des théories issues de la psychologie. Puis, nous présentons des hypothèses sur l'apprentissage liées aux spécificités du fonctionnement du savoir en physique. Pour finir, nous utiliserons les résultats de travaux en didactique pour bâtir des hypothèses sur les raisonnements des élèves.

Le but de cette partie est de faire un rapide tour d'horizon des différentes théories psychologiques sur l'apprentissage, afin de définir les hypothèses de base que nous adoptons. La plupart des approches didactiques sur l'apprentissage se basent sur les travaux des psychologues. C'est pourquoi, nous pensons que ce rapide tour d'horizon, devrait nous permettre de situer notre approche didactique par rapport à ces différents courants.

Depuis la naissance de la psychologie dans les années 1880 jusqu'à nos jours, de nombreuses théories ont été élaborées, leurs buts étaient de fournir des représentations permettant de comprendre les conduites humaines. Parmi les courants émergents de l'entre-deux-guerres, on trouve le **béhaviorisme**. Pour ce courant, l'apprentissage consiste en une modification du comportement ; l'enjeu est alors d'étudier les modifications des conduites (directement observables) en relation avec des modifications de l'environnement. Ces études se centrent sur la caractérisation des entrées (stimuli) et des sorties (réponses) sans se préoccuper du fonctionnement interne de l'individu. À la même période se développe le courant du **gestaltisme** connu aussi sous le nom de psychologie de la forme. Ce courant, radicalement opposé au béhaviorisme, «

développe l'idée que le tout n'est pas la somme des parties

;» car

«

ce qu'il y a en plus dans le tout, ce sont les relations entre les parties

» (Sorsana 1999, p.17). De plus, il envisage que les activités

«

intelligentes

» consistent seulement en l'appréhension des relations.

Le **cognitivism**e arrivera plus tard, dans les années 1950. Il

«

se caractérise par une focalisation sur l'intérieur du système cognitif, sa structure et son fonctionnement. Le postulat majeur d'une telle approche est que si on connaît le système, on pourra dire ce qu'il peut faire et pourquoi il le fait

» (Weil-Barais 1993, p. 41). À l'intérieur de ce courant, on peut distinguer deux approches par leur représentation du système cognitif : le **cognitivism**e computationnel (représentant le système cognitif par des connaissances calculables et des règles de calcul) et le **cognitivism**e structural (représentant le système cognitif par des structures et des mécanismes de fonctionnement de ces structures).

Le **cognitivism**e **computationnel** se centre sur la représentation du flux informationnel qui entre dans le système cognitif et sur le traitement de celle-ci. L'esprit humain est modélisé sous la forme d'un système de traitement de l'information. Ce courant théorique, en adoptant le postulat de base que penser c'est transformer l'information, donnera lieu au développement d'une psychologie dite du

«

traitement de l'information

». Très vite, ce courant fera appel à l'informatique pour modéliser le traitement de l'information, faisant ainsi émerger le courant travaillant sur l'*intelligence artificielle* (I.A.).

Le **cognitivism**e **structural** sera porté par les travaux de Piaget, notamment sur l'épistémologie génétique, dont naîtra le courant du

«

constructivisme

», qui défend l'idée que les connaissances ne sont pas acquises à la naissance, mais construites par l'individu au cours de sa vie. De plus, le structuralisme piagétien repose sur une idée fondamentale : le système cognitif est un système auto-organisé, c'est-à-dire que, étant donné ses caractéristiques initiales, il évolue nécessairement vers des états d'équilibre du fait même qu'il fonctionne. Il s'agit donc de décrire les caractéristiques initiales du système, les mécanismes de fonctionnement et les états d'équilibre.

Vingt ans après naîtra le courant du **connexionisme**. Il utilise les sciences du cerveau comme modèle de description de l'émergence des compétences cognitives. Le postulat essentiel du connexionisme pose que les états mentaux ne seraient pas descriptibles en termes de connaissances, d'intentions, de buts ou de croyances comme le fait la psychologie cognitive, mais que l'esprit humain pourrait être modélisé par un système constitué de grands réseaux d'entités très simples (appelés

«

processeurs

»,

«

neurones

», ou encore

«

nœuds

») interconnectées et opérant en parallèle.

Il faut remonter au début du 20^{ème} siècle avec, notamment les travaux de Vygotski pour voir émerger une définition sociale de la cognition. Ces travaux seront à la base du développement du courant de la psychologie **socioculturelle**. L'idée centrale de cette approche est que le fonctionnement et le développement des fonctions psychologiques supérieures de l'individu (dont évidemment le maniement des connaissances conceptuelles scientifiques) dérivent des interactions sociales. De ce courant émergera dans les années 1980 la **cognition située**. Cette approche considère l'apprentissage comme une modification des pratiques sociales, apprendre revient à s'intégrer socialement dans les pratiques d'un milieu professionnel, ce qui nécessite de s'approprier l'héritage culturel, et d'être capable de tenir un discours avec ses pairs.

À la suite de une étude plus détaillée sur les théories psychologiques de l'apprentissage, Weil-Barais (1993, p. 483) précise qu'à

«

l'heure actuelle, il semble impossible de pouvoir rendre compte par une seule théorie de la multitude de données dont on dispose sur les différentes formes d'apprentissage

». C'est pourquoi, nous faisons le choix de sélectionner parmi les différentes théories, les hypothèses sur l'apprentissage qui nous semblent les mieux adaptées pour mener à bien notre étude.

Cette partie propose de nous situer par rapport aux travaux de Piaget, de Vygotski, et ceux de la cognition située, en précisant les hypothèses de base que nous adoptons de ces différentes théories.

Les travaux de Piaget (1970) s'intéressent à l'épistémologie génétique, dont le but est

«

de chercher à dégager les racines des diverses variétés de connaissances dès leurs formes les plus élémentaires et de suivre leur développement

« (p. 6). On trouve dans ces travaux, notamment l'idée que les connaissances sont construites par l'individu en s'adaptant à son milieu. Cette adaptation nécessite la modification de certains schèmes, définis comme des invariants au niveau des actions. Piaget décrit cette modification à l'aide de deux mécanismes : l'assimilation et l'accommodation. Pour Piaget, l'adaptation intellectuelle est

«

une mise en équilibre progressive entre un mécanisme assimilateur et une accommodation complémentaire

» et

«

l'adaptation n'est achevée que lorsqu'elle aboutit à un système stable, c'est-à-dire lorsqu'il y a équilibre entre l'assimilation et l'accommodation

» (Piaget 1963, p.13). Sans reprendre la notion de schème, ni les mécanismes d'adaptation, nous adoptons l'hypothèse que **l'individu construit ces connaissances en s'adaptant à son milieu et plus particulièrement en interagissant avec les objets du monde matériel.**

De plus, Piaget (1972) distingue dans le développement des structures de l'intelligence des individus, quatre stades : sensori-moteur, symbolique, concret et formel. Pour lui, les stades ont un caractère intégratif, ce qui signifie que les structures construites à un niveau donné sont intégrées dans les structures du niveau suivant. Nous adoptons l'hypothèse que **les nouvelles connaissances se construisent à partir des connaissances préalables de l'individu**, sans pour autant adopter la structuration du développement de l'intelligence en termes de stades.

On reproche notamment à la théorie de Piaget d'être trop centrée sur l'action et de ne pas prendre assez en compte le rôle du langage et des interactions sociales. C'est pourquoi, nous allons adopter d'autres hypothèses issues du courant du socio-constructivisme.

L'idée centrale de la psychologie socioculturelle est que le fonctionnement et le développement des fonctions psychologiques supérieures de l'individu dérivent des interactions sociales. Ce paradigme considère que l'apprentissage des concepts scientifiques passe par une internalisation au plan intrapsychique par le sujet, d'un discours partagé par d'autres personnes, se situant au plan interpsychique. Nous adoptons cette hypothèse que nous reformulons par **une connaissance avant d'être**

«

internalisée

» par un individu est externe et partagée par plusieurs personnes.

Pour que cette internalisation ait lieu, l'individu doit être aidé. Selon la vigoureuse formule de Bruner (1985, p. 32)

«

il n'y a aucune façon, aucune, pour qu'un être humain puisse maîtriser ce monde sans l'aide et l'assistance des autres, parce qu'en fait ce monde c'est les autres

». Pour nous, **l'internalisation d'une nouvelle connaissance passe forcément par le langage et plus généralement la médiation.** Toutefois à cette médiation s'ajoute une autre condition : celui qui aide doit se situer dans une zone où un développement est à la fois possible avec une assistance et impossible sans cette assistance, la Zone Proximale de Développement. Pour nous, **la construction de nouvelles connaissances par un individu nécessite qu'elles ne soient pas trop éloignées de ses connaissances initiales.**

Dans son travail Vygotski différencie les concepts spontanés, des concepts scientifiques. En effet, pour lui

«

le développement des concepts scientifiques doit inmanquablement prendre appui sur un certain niveau de maturation des concepts spontanés

» (Vygotski 1998, p.289-290). Nous adoptons l'hypothèse que **l'individu construit ses connaissances scientifiques à partir de ses connaissances quotidiennes**. Cependant, nous n'adhérons pas à l'idée, selon laquelle

«

les concepts scientifiques ne se développent pas du tout comme les concepts quotidiens

» (Vygotski 1998, p.276), ni à une hiérarchisation entre les concepts scientifiques qui seraient supérieurs aux concepts spontanés. Nous partons de l'hypothèse qu'il n'y a pas de différence fondamentale dans le développement de ces concepts. C'est pourquoi, dans le cadre de notre travail, nous ne cherchons pas à établir de hiérarchisation entre les concepts.

Pour étudier la relation qu'entretient la pensée avec le langage, Vygotski va choisir comme unité de base le mot, car pour lui

«

la pensée ne s'exprime pas dans le mot, mais s'y réalise

» (Vygotski 1998, p. 493). Pour lui, la signification sert à faire le lien entre la pensée et l'expression verbale. À ce propos, nous adoptons, pour la suite de notre travail, la distinction faite entre sens et signification : le sens

«

représente l'ensemble de tous les faits psychologiques que ce mot fait apparaître dans notre conscience. Le sens d'un mot est ainsi une formation toujours dynamique, fluctuante, complexe, qui comporte plusieurs zones de stabilité différente. La signification n'est qu'une des zones du sens que le mot acquiert dans un certain contexte verbal, mais c'est la zone la plus stable, la plus unifiée, et la plus précise...

»

(Vygotski 1998, p. 480). En résumé, Vygotski place le langage au cœur de l'apprentissage et considère que l'étude de la pensée passe par l'analyse de la signification des mots.

La théorie de la cognition située considère que les significations sont dans les pratiques sociales avant d'être dans

«

la tête

» des individus. Le sens se construit dans les échanges en référence à des contextes particuliers. Aussi, au plan psychologique, les connaissances sont toujours situées. Le caractère décontextualisé de certaines connaissances, comme les connaissances scientifiques, n'est qu'une exception, et ceci n'est qu'un idéal spécifique à une culture auquel ne parvient qu'une minorité d'individus. Pour ce courant, devenir médecin, c'est rentrer dans une communauté de pratique, ce qui nécessite d'apprendre à tenir un discours

«

médical

» pour pouvoir interagir avec les personnes avec lesquelles on travaille. Ce discours sera différent, s'il est tenu par la même personne dans un hôpital, dans une ambulance ou dans un cabinet médical. Les concepts sont donc des outils linguistiques, et plus exactement discursifs, permettant d'agir concrètement dans des dispositifs bien établis. C'est pourquoi, la signification des concepts n'est pas absolue, mais elle doit être cherchée dans les pratiques sociales qui entourent les concepts. Nous rejoignons complètement l'approche de la cognition située sur ce point.

Jean Lave est une représentante importante du courant de la cognition située. Comme le précise Annick Weil-Barais (1993, p. 513) :

«

Jean Lave défend l'idée que les connaissances se forment dans des activités ayant une finalité sociale. Elles prennent sens par rapport à la finalité des actions et non pas par rapport aux concepts scientifiques ni par rapport à des organisations conceptuelles extérieures au sujet, élaborées par des communautés d'experts qui en discutent et développent une épistémologie à leur propos

». En d'autres termes, Jean Lave invite les psychologues de la cognition à abandonner l'étude du sujet épistémique pour aborder l'étude de l'homme situé socialement et historiquement. Le point de vue de Lave (1988) est qu'il n'existe pas d'invariants conceptuels et que toutes les connaissances sont situées. Pour elle, que les connaissances préalables ne sont pas pertinentes pour étudier la gestion d'une situation par le sujet.

Sans pour autant adopter une position aussi tranchée, nous préférons envisager que le discours est une action située s'adaptant sans cesse au contexte (Roth 1998) et que la même connaissance d'un individu pourra prendre des formes très différentes en fonction des situations. Nous adoptons l'hypothèse que **les connaissances sont internalisées par un individu dans les échanges en référence à des contextes particuliers**. Cette hypothèse n'empêche pas que les connaissances construites à travers des échanges entre des individus à propos de situations particulières soient réutilisées par un individu dans d'autres situations (jouant ainsi le rôle de connaissances préalables).

Voici un résumé des hypothèses de base que nous adoptons pour le reste de notre étude :

De manière plus spécifique :

Nos hypothèses se basent essentiellement sur les travaux de Vygotski et Piaget. À ce propos, Vergnaud (2000) signale que

«

la plus grande différence au fond est que Piaget privilégie l'interaction de l'enfant avec le monde des objets physiques et prend comme première référence l'action matérielle sur et avec les objets, tandis que Vygotski privilégie l'interaction de l'enfant avec autrui et prend comme référence le langage

» (p.88). De plus,

«

on ne peut pas opposer radicalement Piaget et Vygotski, sauf peut-être sur le dernier point : celui du langage

» (Vergnaud 2000, p.87). Cependant, nous ne rejetons pas l'idée que les actions matérielles avec les objets jouent aussi un rôle important. Nous considérons simplement que le langage occupe une place centrale dans l'apprentissage.

Dans la partie précédente, nous avons adopté des hypothèses issues de travaux en psychologie. Ces travaux traitent de l'apprentissage en général et ne tiennent pas compte des spécificités liées aux contenus disciplinaires. Notre étude s'intéresse à l'apprentissage de la physique et plus particulièrement à celui des concepts relatifs aux gaz. C'est pourquoi, il nous faut tenir compte d'un certain nombre de spécificités liées à cette discipline. Dans un premier temps, nous nous appuyons sur des aspects épistémologiques en particulier sur la façon dont se construisent les concepts scientifiques, pour ensuite pouvoir tenir compte de certaines particularités de la physique liées à l'activité de modélisation. Dans un second temps, nous étudions le rôle que peut jouer la représentation sémiotique des concepts. Dans un troisième temps, nous aborderons le rôle de la transposition didactique.

Dans le but de mieux cerner certaines spécificités du fonctionnement des sciences, il apparaît particulièrement intéressant de regarder comment est envisagée la formation des concepts scientifiques. Pour cela, nous nous sommes basés sur les travaux du philosophe Allemand Ernst, datant de 1910, proposant des éléments pour une théorie du concept. Son travail est parti de l'étude de la logique formelle en philosophie des mathématiques,

pour ensuite s'élargir à des concepts de la physique et de la chimie, relevant de la

«

connaissance de la réalité

» (Cassirer 1977, p.8). L'étude de ces concepts va l'amener à faire la distinction entre les concepts *catégoriels*, qui sont

«

la résultante de processus d'abstraction, c'est-à-dire (de) l'extraction d'une composante identique ou, au moins, semblable, extraite d'une pluralité de perceptions homogènes.

»

(

Cassirer 1977, p.225) et les concepts *relationnels*, qui sont définis par les relations qu'ils entretiennent avec d'autres concepts. En d'autres termes comme le signale Weil-Barais (1993, p. 441), le concept *catégoriel* revient à adopter une approche empiriste des concepts. Ainsi, le concept de CHIEN se forme après avoir rencontré de nombreux individus de cette espèce que l'entourage désigne par le mot

«

chien

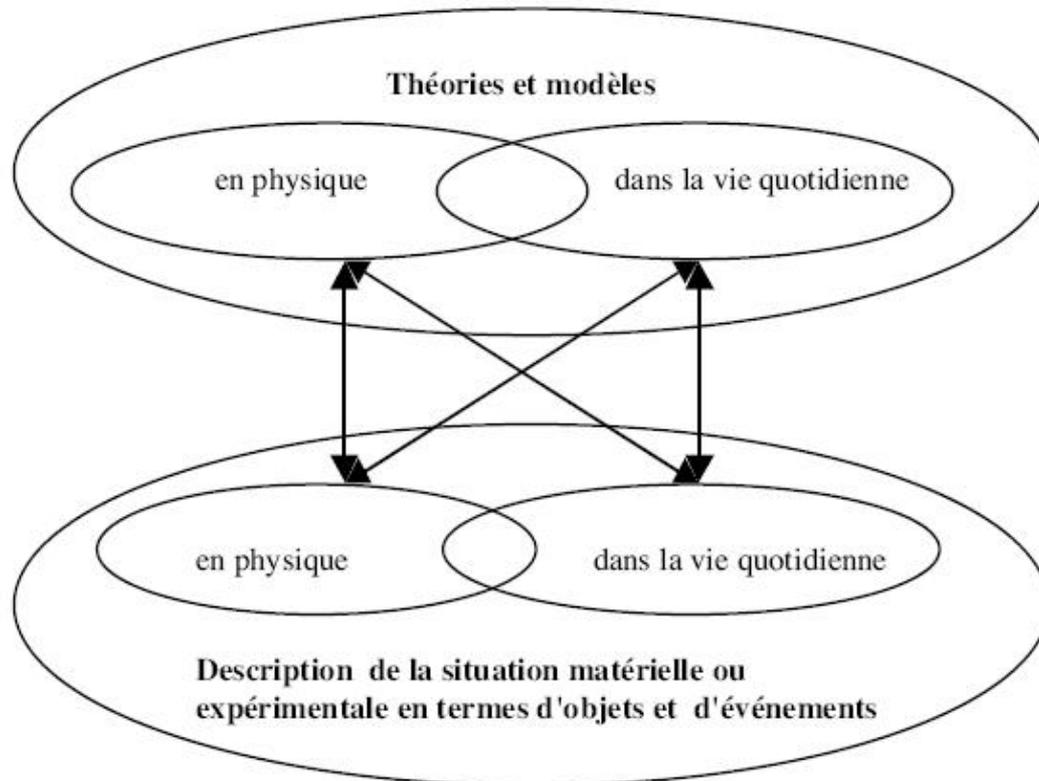
». Ce qui revient à envisager la formation du concept comme d'une association entre un ensemble d'attributs et un mot. Or cette approche se révèle inadaptée pour décrire des concepts *relationnels* mathématiques ou scientifiques. En effet, le concept d'ÉNERGIE en physique est un concept unificateur permettant de rendre compte d'un nombre considérable d'interactions mettant en jeu des phénoménologies diverses (mécaniques, électriques, lumineuses, thermiques...). L'énergie n'a de sens que reliée à d'autres grandeurs physiques, c'est en ce sens qu'il s'agit d'un concept relationnel. À partir de cette distinction, Cassirer proposera de développer *une psychologie des relations*. En partant de cette approche envisageant les concepts en termes de relations, nous proposons d'étendre ce point de vue, en considérant l'apprentissage comme l'établissement de nouveaux liens. Ces liens peuvent, bien entendu, être de natures différentes. En effet, il est possible d'envisager la formation d'un nouveau lien entre des concepts de la physique, mais aussi entre des mots ou encore entre un concept et une situation matérielle. Notons que cette position n'exclut pas les évolutions mettant en jeu la généralisation d'une notion, car là aussi de nouveaux liens entre le concept et son champ d'application sont en jeu.

En conclusion, nous partons du point de vue de Cassirer sur la formation des concepts scientifiques et nous l'élargissons en considérant qu'apprendre revient à établir des liens. Ces liens peuvent être de nature très différente et il nous importe autant que possible de pouvoir les spécifier.

Après avoir envisagé la formation des concepts scientifiques à travers leurs aspects relationnels, nous proposons maintenant de nous intéresser plus spécifiquement à la construction des connaissances en physique par le biais de l'activité de modélisation. Un des buts de la physique est d'essayer de rendre compte du fonctionnement du monde qui nous entoure. Pour cela, les physiciens construisent des modèles permettant de décrire, voire de prédire, un certain nombre de phénomènes. Une importante recherche, menée au sein du

LIREST (laboratoire didactique des sciences et techniques), a été effectuée sur l'utilisation de la modélisation dans l'enseignement (Martinand et al. 1992 & 1994). Cette recherche soulève la question du rôle de la modélisation dans l'apprentissage des élèves. En partant entre autres de travaux en épistémologie (Bunge 1973, Bachelard 1979, Giere 1988) sur l'activité de modélisation, Tiberghien (2000) propose des hypothèses sur la construction des connaissances en physiques. En effet, pour elle, cette construction passe par la mise en relation du monde des théories et des modèles avec le monde des objets et des événements. De plus, elle distinguera à l'intérieur du monde des théories et des modèles, les connaissances qui sont issues de la physique et celles provenant de la vie quotidienne (Figure 1.1).

Figure 1.1 : Les liens entre le monde des objets/événements et celui des théories/modèles (Tiberghien & Vince à paraître 2004).



Cette approche permet d'envisager l'hypothèse que faire établir des liens entre le monde des objets/événements et celui des théories/modèles favorise la construction des connaissances physiques par les élèves et bien sûr des liens internes à chacun de ces mondes (Tiberghien 2000). Nous ajoutons que l'établissement de ces liens nécessite de faire la distinction entre ce qui relève du modèle et ce qui appartient au monde des objets et des événements. Il est important de préciser que le monde des objets et événements n'est pas la réalité mais ce que perçoit l'individu de cette réalité. Cette perception n'est accessible au chercheur qu'à travers les verbalisations des individus à propos des objets et des événements. Un autre aspect de ce travail est d'envisager un fonctionnement différent entre les théories de la physique et celles qui sont développées dans le quotidien.

Le développement des théories en physique s'appuie en grande partie sur les mathématiques, ce qui nécessite d'envisager des spécificités dans l'apprentissage provenant de l'activité mathématique elle-même. Une des spécificités de cette discipline est de faire appel à différents systèmes sémiotiques (langage naturel, langues

symboliques, graphes, figures géométriques...) pour représenter les concepts. Selon Duval (1995), les systèmes sémiotiques servant à la représentation de connaissances doivent permettre d'accomplir trois activités cognitives inhérentes à toute représentation.

«

Tout d'abord, constituer une trace ou un assemblage de traces perceptibles, qui soient identifiables comme une

représentation de quelque chose

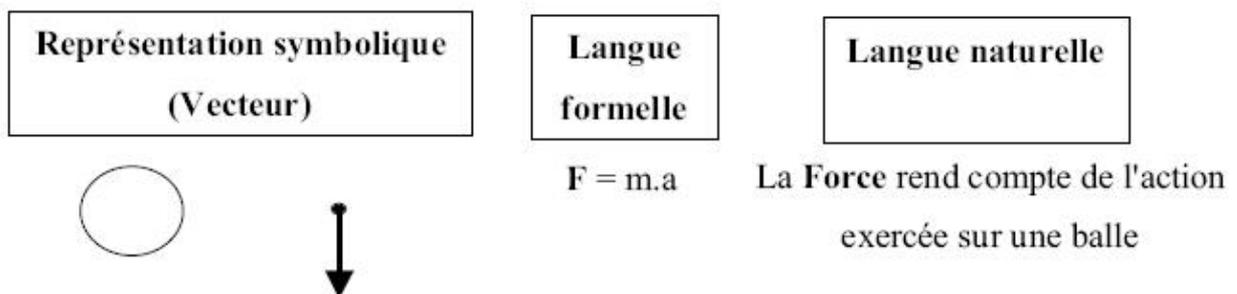
dans un système déterminé. Ensuite, transformer les représentations par les seules règles propres au système de façon à obtenir d'autres représentations pouvant constituer un apport de connaissance par rapport aux représentations initiales. Enfin, convertir les représentations produites dans un système en représentations d'un autre système de telle façon que ces dernières permettent d'explicitier d'autres significations relatives à ce qui est représenté

.» (p. 21). Tout système sémiotique permettant ces trois activités est appelé **registre de représentation sémiotique** ou plus simplement registre sémiotique.

En physique, il est fréquent qu'un concept soit représenté dans des registres sémiotiques différents. Ceci conduit à prendre particulièrement en compte trois phénomènes étroitement liés (Duval 1995) :

Chaque registre permet de mettre en oeuvre des aspects différents d'un même concept et la compréhension d'un concept passe par la mise en relation des différents registres sémiotiques qui le représentent. Par exemple pour le concept de force, on aura (figure 1.2) :

Figure 1.2 : Représentations d'un même concept dans des registres sémiotiques différents



Chacun de ces registres met en évidence des propriétés différentes du concept de force. Par exemple, la représentation vectorielle permet de préciser la direction et le sens de la force. La description en langue formelle de la force à l'aide de la formule $F = m.a$ montre l'aspect relationnel de ce concept avec d'autre grandeur physique. La langue naturelle peut faire apparaître la distinction entre ce qui relève du modèle (la force) et ce qui relève des objets et des événements (l'action exercée sur une balle).

Ces différents exemples nous amènent à considérer que la compréhension d'un concept physique nécessite, d'une part d'être capable de représenter un concept dans différents registres sémiotiques et d'autre part de pouvoir mettre en relation les différentes représentations de ce concept.

Nous adoptons la distinction faite par Chevallard (1991) entre la connaissance, qui se place du point de vue d'un individu, et le savoir, qui se place du point de vue d'une institution. À ce propos, Chevallard précise qu'un savoir n'existe pas

«

in vacuo

» dans un vide social : tout savoir apparaît, à un moment donné, dans une société donnée, comme ancré dans une ou des institutions. Pour qu'un savoir puisse

«

vivre

» dans une institution, il faut qu'il se soumette à un certain nombre de *contraintes* que lui impose cette institution. Parmi ces contraintes, il y a la manipulation transpositive qui permet à un savoir de passer d'une institution à une autre. Chaque fois qu'un savoir est transposé, il subit un certain nombre de transformations afin qu'il puisse s'adapter à

«

sa

» nouvelle institution. Le savoir scientifique ne peut pas être enseigné tel quel aux élèves et toute la difficulté de l'enseignement réside dans la transformation d'un savoir pour le rendre

«

enseignable

». Pour cela, il doit d'abord être transposé de l'institution productrice de ce savoir à une institution transpositive qui va transformer l'objet de savoir en objet à enseigner. Ensuite il doit être transposé dans une institution d'enseignement, qui transformera l'objet à enseigner en objet enseigné. Comme le précise Perrin-Glorian (1999) : si la théorie anthropologique

«

permet de pointer la conformité ou non aux rapports institutionnels de rapports personnels à des objets de savoir, puisqu'elle les distingue, elle n'a pas de moyen de décrire les conditions

de leur émergence pour un sujet de l'institution en position d'élève

» (P. 289). En clair, la faiblesse de cette théorie est qu'elle évite toute référence à une théorie de l'apprentissage (Rouchier 1996, cité par Perrin-Glorian 1999). Compte tenu du fait que notre étude se centre sur l'apprentissage des élèves, nous n'utilisons pas l'ensemble de la théorie anthropologique pour mener à bien cette étude. Cependant, nous reprenons un certain nombre d'éléments de cette théorie pour décrire la construction de la séquence d'enseignement sur les gaz, notamment les notions de savoir savant, savoir à enseigner et savoir enseigné.

En conclusion, voici les hypothèses que nous adoptons à propos du fonctionnement du savoir en physique. La plupart des concepts scientifiques se forment par une mise en relation avec d'autres concepts. C'est pourquoi, la nature relationnelle de ces concepts nous conduit à envisager l'apprentissage en termes de lien. Ces liens peuvent être de différentes natures. Compte tenu du fonctionnement spécifique de la modélisation, nous considérons que la mise en relation du monde des théories et des modèles avec celui des objets et des événements est nécessaire pour l'apprentissage de la physique. De plus, la représentation d'un même concept dans des registres sémiotiques différents nous conduit à poser que l'établissement de liens entre ces différents registres est nécessaire à l'apprentissage de ce concept. Pour finir, un savoir scientifique nécessite un certain nombre de transpositions avant de devenir

«

enseignable

» et l'apprentissage d'un concept sera conditionné par ces transpositions. Toute la difficulté de l'enseignement réside dans la transformation des concepts afin de faciliter leur apprentissage par les élèves.

Nous présentons dans un premier temps des résultats sur les élèves qui ne se limitent pas à un domaine particulier de la physique, pour dans un second temps, nous centrer sur les connaissances initiales des élèves sur les gaz.

Un grand nombre de résultats issus de disciplines aussi variées que l'histoire des sciences (Kuhn 1971), la psychologie (Piaget 1974) ou encore la didactique des sciences (Tiberghien 1980 ; Anderson 1986 ; Viennot 1993) montre que la plupart du temps les individus raisonnent en utilisant la causalité. Ainsi, ils expliquent les phénomènes en identifiant une cause qui est associée à un effet : la pierre bouge (effet) parce qu'on l'a lancée (cause). Devant l'ampleur de l'utilisation de la causalité par les élèves pour interpréter les phénomènes du monde qui nous entourent, certains didacticiens (Viennot 1996, Tiberghien à paraître) insistent sur la nécessité de prendre en compte la causalité dans l'apprentissage des sciences. Nous proposons de dresser une typologie rapide des différentes causalités, en nous basant entre autres sur l'ouvrage

«

les théories de la causalité

»

de Bunge, Halbwachs, Kuhn, Piaget & Rosenfeld (1971).

La causalité simple (Bunge 1971) comme son nom l'indique, représente la causalité sous sa forme la plus simple. Elle se définit par la phrase : à une cause donnée est associée un effet donné. Ce type de raisonnement est très fréquemment utilisé dans la vie quotidienne et se retrouve même en science. En effet, comme le précise Halbwachs (1971, p. 51) :

«

la causalité s'introduit dans la science en raison de son pouvoir d'explication au plan épistémique

»

.

De plus,

«

il est une circonstance qui se rencontre si fréquemment qu'on peut se demander si on n'atteint pas là une règle générale, c'est la connexion de

réciprocité des relations causales

». (Halbwachs 1971, p. 72). C'est-à-dire que dans le cas d'une causalité simple (AA') à un moment donné et sous certaines conditions, il vient toujours un moment où l'on peut observer des phénomènes correspondant à la relation inverse ($A'A$) (idem, p.72).

De plus comme le signale Tiberghien (à paraître) on retrouve fréquemment chez les élèves deux fonctionnements de la causalité simple :

Comme le précise Bunge (1971) il peut y avoir une pluralité au sein des rapports causaux, c'est-à-dire qu'à une cause est associée plusieurs effets ou qu'à un effet sont associées plusieurs causes. Cette pluralité est fréquente en physique, par exemple l'endroit (effet) où va tomber une pierre que l'on a lancée dépend de plusieurs causes : l'action initiale exercée sur la pierre, les frottements avec l'air, l'attraction terrestre... Cependant, une grande partie des élèves interprète les phénomènes à l'aide de la causalité simple (Tiberghien 1980, Anderson 1986, Viennot 1993). En effet, il est très rare de rencontrer des raisonnements envisageant une pluralité des causes ou des effets, et cela même chez les enseignants (Givry 2003).

Prenons le cas d'une pile (A) dans un circuit (qui fait circuler du courant dans des fils (B)), qui font eux-même tourner un moteur (C) faisant du vent (D). Cette succession d'événements peut être décrite par la chaîne causale : ABCD. Et bien, la causalité linéaire peut être considérée comme une chaîne causale dont chaque maillon est constitué par une relation de causalité simple. (Halbwachs 1971, p. 54).

La compréhension de raisonnements, utilisant une chaîne de causalité linéaire passe par l'analyse de chacune des relations de causalité simple qui la composent. Il est particulièrement intéressant de regarder le lien entre la causalité simple et son déroulement dans le temps. Halbwachs (1971, p.55-56) précise que la causalité simple se caractérise par une

«

relation d'ordre

» entre la cause qui précède l'effet. Cependant cette relation d'ordre doit être distinguée de l'ordre temporel. En effet, pour lui il y a des moments où la cause et l'effet se déroulent simultanément (causalité simultanée) et des moments où la cause se produit avant l'effet (causalité retardée). Ces deux définitions de la causalité proviennent d'une réflexion d'Halbwachs sur le fonctionnement de la physique. Il est intéressant de voir que cette distinction est particulièrement adaptée pour rendre compte de certaines difficultés des élèves. Comme le montre Viennot (1993), le temps est une variable privilégiée pour les élèves et il n'est pas rare de les voir séquentialiser dans le temps des événements qui se déroulent simultanément. Par exemple, ils interpréteront à l'aide de la formule $PV = nRT$, le fait qu'un ballon contenant de l'air se gonfle, en expliquant que dans un premier temps la température augmente, ce qui va entraîner une augmentation de la pression, qui aura pour conséquence de faire augmenter le volume du ballon, alors que du point de vue de la physique ces trois grandeurs varient simultanément. Nous pensons que les élèves auront tendance à utiliser la causalité retardée, là où la physique utilisera la causalité simultanée, particulièrement pour les relations mettant en jeu plusieurs variables comme $F=ma$, $U=RI$, $PV=nRT$...

En conclusion, cette partie montre l'importance de la causalité dans les raisonnements des individus. La causalité peut prendre des formes assez différentes (simple, linéaire, retardée...) et il est important de savoir utiliser la bonne pour interpréter correctement les situations. En effet, il apparaît que les élèves utilisent couramment la causalité retardée, là où la physique utilise la causalité simultanée. Nous faisons le choix d'adopter l'hypothèse que la plupart des élèves raisonnent en utilisant la causalité simple.

L'approche socio-constructiviste considère que les connaissances initiales jouent un rôle important dans la construction de nouvelles connaissances. C'est pourquoi, l'étude de l'apprentissage des concepts relatifs aux gaz par des élèves de seconde nécessite de connaître leurs connaissances préalables sur ce sujet. Dans ce but, nous proposons de faire, dans un premier temps, un tour d'horizon des travaux didactiques sur les conceptions des élèves sur les gaz ; dans un second temps, nous proposons des hypothèses sur les raisonnements des élèves de seconde sur les gaz. Ces hypothèses sont susceptibles d'être modifiées au cours de notre travail, notamment à la suite de l'analyse des réponses des élèves.

Pour présenter ce tour d'horizon, nous avons regroupé les résultats en fonction d'un certain nombre de thèmes. Nous avons fait le choix de ne pas trop expliciter les conceptions, car nous reviendrons sur certaines plus en détail dans le reste de cette recherche.

La plupart des élèves de 6ème savent que l'air est présent dans un bocal ouvert et qu'il occupe tout l'espace dont il dispose (Séré 1985). Cependant, pour ces élèves, l'air ne semble exister que lorsqu'il est en mouvement (Séré 1985), ce résultat est retrouvé chez de jeunes élèves italiens âgés de 6-7 ans par Borghi et al. (1988). De plus, on constate une certaine difficulté pour les élèves à considérer l'air comme étant de la matière (Pié 1997).

Un des principaux aspects de la matérialité des gaz est qu'ils possèdent une masse. Cependant, pour la plupart des élèves âgés de 11 à 13 ans l'air ne pèse pas et une petite partie d'entre eux considère qu'il allège les objets (Séré 1985). Ces résultats sont retrouvés pour des élèves israéliens du même âge (Stavy 1988). Cependant, les réponses des élèves varient en fonction du type de situations proposées par la question. Cette étude montre aussi que des élèves plus âgés (14-15 ans) vont considérer que l'air a une masse. (Stavy 1988).

Un travail sur des élèves de CM2 montre que la quantité de gaz n'est pas conservée dans la plupart des situations faisant intervenir la compression, la dilatation, le transvasement (Weil-Barais, Séré & Landier 1986). Une autre étude effectuée sur des élèves de 6ème-5ème montre que, pour un petit nombre d'entre eux, l'air se faufile partout, même à travers les parois des objets. Cependant, à la suite de l'enseignement sur les gaz, la conservation de la quantité d'air semble être acquise pour les situations de compression et de transvasement. En revanche ce n'est pas le cas pour les situations où la température varie (Séré 1985). D'autres travaux menés sur des élèves de 4ème montrent que très peu d'entre eux tiennent compte de la conservation de la quantité pour décrire une compression (Chomat, Larcher, Méheut 1988)

Pour le physicien, les gaz agissent sur tous les objets avec lesquels ils sont en contact. Ceci est loin d'être une évidence pour les élèves de 6ème-5ème. En effet, ils considèrent que les gaz n'agissent que lorsqu'ils sont en mouvement, et cela aussi bien pour des gaz se trouvant dans une enceinte fermée (par exemple une seringue) que

libre

» (par exemple l'air atmosphérique) (Séré 1985). Il semble que pour les élèves anglais âgés 17-18 ans, l'air enfermé dans une pipette remplie d'eau a des propriétés différentes de celles de l'air libre (De Berg 1992). De plus, selon une autre étude Anglaise sur les effets de l'air atmosphérique, il apparaît que pour la plupart des élèves âgés respectivement de 12, 14 et 16 ans, l'air atmosphérique n'agit pas dans la plupart des situations proposées (Clough et Driver 1986). Ces résultats rejoignent ceux de Séré (1985) montrant que pour la plupart des élèves l'air immobile n'agit pas et l'air en mouvement agit. De plus, les élèves considèrent qu'un gaz qui est

«

simplement

» enfermé dans une enceinte n'agit pas. En effet, ils envisagent que le gaz ne peut agir que si l'on exerce une action dessus, particulièrement si on le comprime ou si on le chauffe. De plus, pour la plupart des élèves interrogés dans cette étude, les gaz dans une enceinte n'exercent de forces que dans une seule direction :

Les gaz n'ont pas de forme propre, et adoptent la forme du récipient qui les contient. Ils ont la propriété d'être expansibles, ce qui signifie qu'ils se répartissent de manière homogène dans le récipient qui les contient. La plupart des élèves de 6ème-5ème interrogés par Séré (1985) considèrent que si l'on met un petit peu d'air dans une grande boîte vide d'air, il va occuper toute la boîte. Cependant, ces mêmes élèves ne réinvestissent pas cette propriété d'expansibilité dans les situations de chauffage. Une autre étude réalisée sur des étudiants de DEUG à l'université montre que la plupart d'entre eux considèrent que deux gaz mis dans la même enceinte ne se mélangent pas et chacun occupe une partie du volume (Barlet & Plouin 1997). D'autres travaux réalisés aux États-Unis sur plus de 600 élèves allant du niveau grade 2 (7-8ans) jusqu'à l'université, montre que jusqu'au grade 12 (c'est-à-dire juste avant l'université), la plupart des élèves représentent l'air comme n'étant pas réparti de manière homogène (c'est-à-dire répartie à un endroit spécifique) lorsque l'on vide une bouteille d'air à moitié (Benson, Wittrock & Baur 1993). De plus, cette étude montre que l'air est dessiné comme un ensemble continu par la plupart des élèves de grade 10 (16-17ans) et qu'il faut attendre le grade 11 (17-18ans) pour que la majorité utilise une représentation particulière de l'air. Une étude plus récente menée au Venezuela, montre que les trois quarts des étudiants interrogés pensent que la répartition d'un gaz que l'on refroidit ne sera pas homogène (Niaz 2000). D'autres travaux que nous ne détaillerons pas retrouvent ce type de répartition localisée des gaz (Novick et Nussbaum 1978 ; Chomat, Larcher & Méheut 1988 ; Noh et Scharmann 1997). En conclusion, nous retiendrons que la plupart des élèves ne considèrent pas que les gaz se répartissent de manière homogène.

Le modèle microscopique du gaz est particulièrement utile pour rendre compte du comportement des gaz. Cependant, plusieurs travaux illustrent les difficultés qu'éprouvent les élèves à réinvestir ce modèle (Novick et Nusbaum 1981, Chomat, Larcher & Méheut 1988, Séré & Moppert 1989) et il semble que les élèves de quatrième font appel plus facilement aux molécules dans leurs dessins que dans leurs explications (Barboux, Chomat, Larcher Méheut 1987). D'autres travaux menés aux États-Unis sur des élèves de différentes classes allant du grade 4 jusqu'à l'université (Benson, Wittrock & Baur 1993), montrent que ce n'est qu'à partir du grade 11 (17-18ans) que plus de la moitié des élèves utilise des représentations microscopiques de l'air. De nombreux travaux semblent montrer que les élèves attribuent des propriétés macroscopiques à des objets microscopiques, par exemple les molécules d'un gaz gonflent quand on le chauffe. (Novick & Nussbaum 1978, Brook, Briggs & Driver 1984, Gabel, Samuel & Hunn 1987, Séré & Moppert 1989, Méheut & Chomat 1990, Méheut 1994). Un petit nombre de travaux se sont intéressés à l'utilisation de simulation dynamique pour décrire le modèle microscopique des gaz. Ces travaux montrent que les élèves de 4ème ont du mal à percevoir les chocs des molécules sur les parois et qu'un certain nombre relie la variation de la pression à la densité des molécules (Méheut 1996).

Beaucoup d'élèves ont des difficultés pour raisonner en termes de différence de pression. En effet, il semble qu'ils ne prennent en compte qu'un seul système (Séré 1985, Clought & Driver 1986, Méheut 1990, de Berg 1992). Ceci a pour conséquence que les élèves attribuent au vide la propriété d'agir et notamment d'aspirer les objets comme une ventouse, ou un liquide avec une paille (Séré 1985, Clought & Driver 1986, Rollnick & Rutherford 1990).

Les travaux sur les conceptions que nous avons présentés, concernent des élèves de pays et de niveau différents. À partir de ces travaux, nous avons élaboré les hypothèses suivantes sur les raisonnements des élèves de seconde à propos des gaz :

Dans cette partie, nous avons précisé les hypothèses sur l'apprentissage que nous avons adoptées pour mener à bien notre étude. Tout d'abord, en nous basant sur les différents travaux psychologiques sur l'apprentissage, nous avons adopté un certain nombre d'hypothèses se situant dans le courant du socio-constructivisme. Ensuite, en nous appuyant sur certaines considérations à propos du fonctionnement du savoir en physique, nous avons décidé d'envisager l'apprentissage en termes de lien. Ceci nous a permis de faire émerger deux

hypothèses d'apprentissage de la physique. La première porte sur la nécessité d'établir des relations entre le monde des théories/modèles et le monde des objets/événements et la seconde sur celle d'établir des liens entre les différents registres sémiotiques qui représentent un concept. Pour finir, nous avons regardé des travaux didactiques sur les raisonnements des élèves. Ces travaux nous ont permis d'adopter l'hypothèse que les élèves raisonnent essentiellement à l'aide de la causalité et qu'ils utilisent un certain nombre de raisonnements particuliers sur le comportement des gaz.

Le but de notre étude est de regarder les effets d'une séquence d'enseignement sur l'apprentissage des élèves. Les différents travaux en didactique sur le changement conceptuel s'intéressent aux étapes de l'évolution et/ou aux facteurs responsables de l'évolution des connaissances initiales des élèves. Nous proposons de présenter les principaux travaux de ce courant, tout en nous situant par rapport à eux. Le but de cette présentation est de choisir parmi les différents types de modélisation proposés, celle qui sera la plus pertinente pour mener à bien notre étude.

Après avoir fait un rapide rappel des travaux sur les conceptions, nous présenterons les principaux travaux du changement conceptuel.

Comme le signale Tiberghien (2002) dans la synthèse des connaissances naïves au savoir scientifique, les premiers travaux sur les conceptions en didactique des sciences se sont déroulés dans les années 1970. Leur but était de mieux connaître les connaissances préalables des élèves, leurs difficultés pendant l'apprentissage et les acquis après enseignement. Malgré l'utilisation d'approches théoriques peu élaborées et assez différentes, il est apparu que ces travaux

«

ont produit un noyau de résultats extrêmement stables, d'un chercheur à un autre, d'un pays à un autre au moins dans les pays de culture occidentale, et d'un élève à un autre.

»

(Tiberghien 2002, p.25-26). En effet, il est apparu rapidement que les

«

erreurs

» des élèves n'étaient pas le fruit du hasard ou de l'inattention, mais qu'elles provenaient de raisonnements cohérents pour les élèves. Ces raisonnements d'élèves ont été baptisés de différentes façons suivant les courants théoriques : représentation, conception, misconception, alternative framework...

Selon Clément (1994), le terme

«

représentation

» aurait été utilisé dès le 18ème siècle et se serait imposé en sciences sociales avec le concept de

«

représentations sociales

». Cependant, il précise que c'est surtout en psychologie cognitive qu'il sera le plus repris et que son utilisation soulève la question des liens avec la mémoire. À ce sujet, Richard (1990) établit à propos des

«

représentations

» une distinction entre les structures de connaissances stabilisées en mémoire à long terme et les structures transitoires liées à la mémoire de travail. En se basant sur cette distinction, tout en trouvant que la définition de représentation n'est pas stabilisée chez les psychologues, Clément (1994) distingue : les conceptions, qui sont associées à la mémoire à long terme et les conceptions conjoncturelles, qui sont mobilisées (en mémoire de travail) dans une situation précise (dialogue, apprentissage réalisation d'une tâche) (Clément 1994, p.20-21).

L'utilisation du terme

«

misconception

» d'un côté et celui de

«

conception

» ou

«

alternative framework

» de l'autre renvoie à un débat qui a eu lieu au sein de la communauté des didacticiens. En effet, les connaissances des élèves qui ne sont pas en accord avec la physique peuvent être considérées par le chercheur : soit comme des connaissances fausses (paradigme des misconceptions de Confrey 1987), soit comme des connaissances qui peuvent être pertinentes, mais qui se révèlent inadaptées à la situation (paradigme de l'erreur de Brousseau 1976). Nous pensons que le paradigme des misconceptions revient à donner un statut épistémologique particulier aux connaissances erronées. Nous ne partageons pas ce choix car nous n'avons trouvé aucun résultat de recherche attestant que les élèves utilisent leurs connaissances

«

erronées

» de façon différente des connaissances

«

correctes

» du point de vue de la physique.

Comme en témoigne l'énorme bibliographie établie par Duit (2002) contenant plus de 7000 références sur les conceptions des élèves et des enseignants, le courant de la recherche en didactique s'est fortement intéressé aux conceptions. Comme le soulignent Buty & Cornuéjols (2002), la plupart de ces études mettent en avant l'incorrection des conceptions initiales vis-à-vis de la physique et seul un petit nombre attribue l'origine de ces conceptions à des pseudo-théorisations de la vie quotidienne. Dans tous les cas, la plupart de ces études s'accorde sur la persistance des conceptions initiales même après enseignement. Cette forte persistance a amené certains travaux à s'interroger sur les facteurs responsables de l'évolution des conceptions initiales vers des connaissances scientifiques.

Des travaux essayant de découvrir les mécanismes responsables de l'évolution des connaissances ont contribué à l'élaboration d'une théorie didactique de l'apprentissage des sciences nommée *changement conceptuel* (conceptual change en Anglais). Posner et ses coauteurs posèrent la base de ce courant en 1982. En partant des travaux traitant des changements théoriques dans l'histoire des sciences (Kuhn 1970, Lakatos 1970 & Toulmin 1972), ils établirent un parallèle entre les changements historiques et les changements se déroulant au sein des individus. Ceci leur permit de proposer quatre conditions nécessaires au changement conceptuel (Posner & al. 1982) :

À la suite de ces premiers travaux, le terme changement conceptuel, prendra des sens extrêmement divers dans les recherches en didactique (Duit 1999). La théorie du changement conceptuel a été révisée par Strike & Posner (1992) dans le sens d'une plus grande prise en compte des divers facteurs d'une

«

écologie conceptuelle

». Ceci signifie que le changement conceptuel ne se limite plus à des conditions portant uniquement sur le contenu, mais qu'il doit tenir compte des facteurs motivationnels (Pintrich 1999), ainsi que du rôle que peut jouer la vision de la science ou de l'enseignement, aussi bien chez l'apprenant que chez l'enseignant. De plus, de nombreux travaux venant de la didactique (White & Gunstone 1989, Chi 1992, Adey 1999, Aufschnaiter 2001), montrent l'importance du rôle de

«

la métacognition

» dans le changement conceptuel. On peut définir la métacognition comme étant les connaissances qu'ont les individus de leur capacité, de leur fonctionnement et de leurs connaissances elles-mêmes. Son importance a d'abord été soulignée par Flavell, en 1977, à propos d'études sur la mémoire chez l'enfant, en montrant que la capacité de mobiliser des stratégies de mémorisation efficaces était corrélée avec la capacité qu'avaient les enfants à s'exprimer à propos des ces stratégies. Actuellement de nombreux travaux se développent sur la métacognition (Brown 1987, Weinert & Kluwe 1987, Gunstone 1992, Chin & Brown 2000), mais sans nier leur importance, nous faisons le choix de ne pas aborder pas cet aspect dans notre recherche.

Dans les premières publications, Posner et ses coauteurs (1982), posent la question :

«

sous quelles conditions un concept central va-t-il être remplacé par un autre ?

»

(p.213) et associent ainsi le terme changement conceptuel au fait de remplacer une connaissance par une autre. Comme le signale Duit (1999, p. 270)

«

on doit insister sur le fait qu'il n'y a pas une seule étude recensée dans les deux grandes bibliographies de recherche sur les conceptions des étudiants (Carmichael et al., 1990 ; Pfundt et Duit, 1999) dans laquelle une conception particulière de l'espèce profondément enracinée disparaisse complètement pour être remplacée par une idée nouvelle

». De plus, Buty & Cornuéjols (2002, p. 53) insistent sur le fait que le mieux qu'on obtient est un remplacement

«

périphérique

» d'une conception et donc que le changement conceptuel observé se présente non comme un remplacement mais comme le développement de nouvelles idées, valables au moins au début dans d'autres contextes, les anciennes gardant leur validité dans les contextes de la vie quotidienne.

Au début de son développement, la théorie du changement conceptuel défendait l'idée d'un changement en profondeur des structures cognitives, rejoignant ainsi l'accommodation de Piaget. Cependant, il est difficile d'obtenir des résultats montrant des changements radicaux. En effet, la plupart des travaux montre des changements progressifs. Vosniadou (1994) envisage que la radicalité du changement sur un temps assez long provient de microchangements progressifs distribués tout au long de ce temps.

D'autres travaux se basant sur les conditions de Posner & al. (1982) envisagent le changement conceptuel en termes de statut (Hewson & Hewson 1992, Petri & Niedderer 1998, Hewson & Lamberger 2000). Le statut d'une conception est déterminé par le degré d'importance relatif aux conditions de Posner & al. (1982) :

intelligible, plausible fructueuse. Le statut peut être envisagé comme la puissance intellectuelle accordée par l'apprenant à ses conceptions. Cette définition permet d'envisager un changement progressif : la conception scientifique gagnant en statut ce que la conception initiale perd. En résumé, le statut permet de faire une description du changement conceptuel en fonction de l'importance accordée aux conditions de Posner.

Une autre manière de procéder pour décrire le changement conceptuel est de regarder, pour une conception donnée, l'ensemble des situations dans laquelle l'élève l'utilise. Thagard (1992, p. 248) propose un ensemble de critères permettant de rendre compte de la

«

cohérence exploratoire

» d'une hypothèse (hypothèse est à prendre dans le sens d'une conception d'élève) :

Ces critères permettent aussi d'évaluer la pertinence d'une hypothèse face à une autre. Thagard insiste sur le premier critère : la

«

largeur

» exploratoire d'une nouvelle théorie (the explanatory breadth of the new theory, dans le texte), qu'il considère comme le facteur le plus important. Cette notion

«

de largeur exploratoire

» d'une théorie rejoint la notion de domaine de validité d'une conception (Minstrell 1992, Balacheff 1999). En effet, le domaine de validité d'une conception est

«

l'ensemble des situations qui appellent la mise en oeuvre de la conception considérée

». (Balacheff 1999, p. 227). L'abandon de l'utilisation d'une conception

«

quotidienne

» au profit d'une autre plus

«

scientifique

» sera interprété par une diminution du domaine de validité de la conception

«

quotidienne

» et d'une augmentation du domaine de validité de la conception

«

scientifique

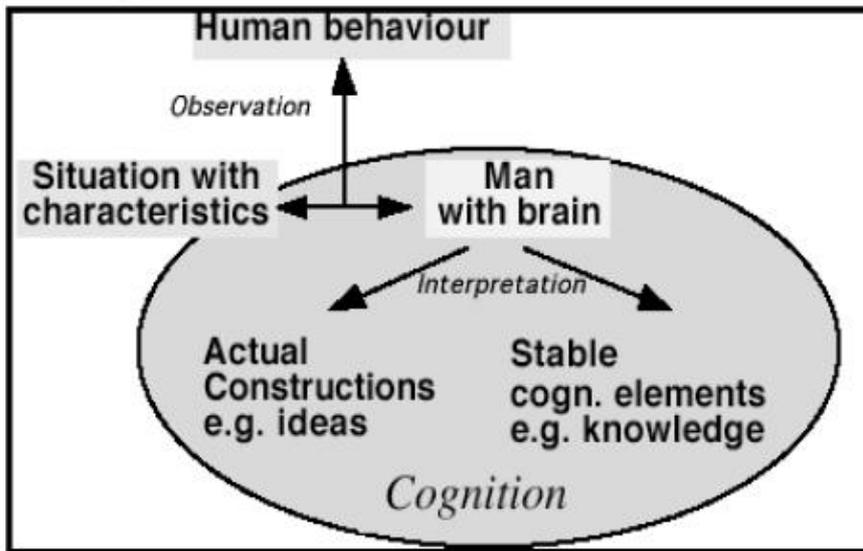
».

Parmi les nombreux travaux sur le changement conceptuel, une petite partie s'est orientée vers l'étude des processus cognitifs de l'apprentissage. Ce nouveau courant en didactique porte le nom de *Learning process*. Il regroupe un petit nombre de travaux issus de la didactique de la physique dont la plupart viennent d'Allemagne. L'originalité de cette orientation est d'essayer d'inférer à partir de phénomènes observés empiriquement, des processus du fonctionnement cognitif à l'aide de théories issues de la psychologie cognitive. Niedderer, Goldberg & Duit, (1991) décrivent les différentes méthodologies pouvant être utilisées pour suivre l'apprentissage et précisent que l'étude des processus ne peut se faire que par la prise continue de données durant l'apprentissage. Ceci place la prise de données par la vidéo au cœur de leurs dispositifs. À l'intérieur de ce courant, il est intéressant de remarquer que la description des processus d'apprentissage se base, suivant les auteurs, sur des éléments théoriques différents, notamment :

Nous proposons maintenant de nous arrêter sur certains aspects des travaux de Niedderer (1) et de von Aufschnaiter (2), car ils vont nous permettre, par la suite, de nous situer par rapport aux travaux de didactique sur les processus d'apprentissage.

En se basant sur des données empiriques relatives au comportement des apprenants en situation de classe, Niedderer (2001) conclut que pour envisager la connaissance en termes de structure cognitive il faut utiliser certains modèles de la mémoire (figure 1.3).

Figure 1.3 : Un modèle de la mémoire (Niedderer 2001, p. 3)



À partir de ces modèles de la mémoire, Niedderer propose de distinguer les éléments cognitifs *en cours de construction* (de l'ordre de la seconde) et les éléments cognitifs *stables*, dont la

«

stabilisation

» est envisagée sur des durées allant de l'heure au mois, voire à l'année. À partir de cette distinction, il envisage l'apprentissage comme étant la modification des éléments stables.

Von Aufschnaiter adopte une approche similaire, qui distingue les processus des structures. Il utilise cette distinction pour situer son travail par rapport à d'autres approches, qu'il résume dans le tableau suivant :

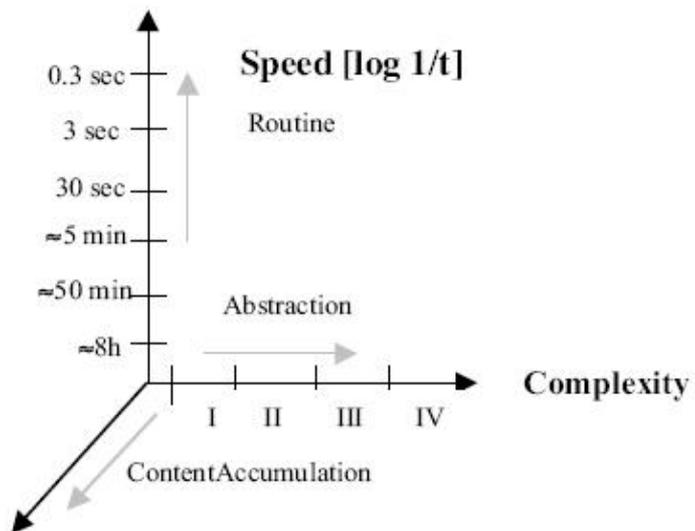
Tableau 1.1 : différents positionnements par rapport au processus d'apprentissage

	Processes	Structures	Structural Changes
Piaget	Assimilation	schema	accommodation
Adey	Construction of knowledge	schema	metaconstruction of new schema
DiSessa & Sherin	reading out information	coordination class (p-prim)	development of «new» coordination classes
Marton & Booth	experience the world	ways of understanding	development of new ways of understanding
von Aufschnaiter & al.	Construction of meaning	cognitive tool	development of cognitive tools

Il précise notamment que :

Dans son approche, Aufschnaiter envisage la construction du sens par rapport à trois variables : le contenu (physique, biologie...), la complexité et le temps (figure 1.4).

Figure 1.4 : Développement dans un espace à trois dimensions (Aufschnaiter 2001, p. 200)



Dans cette figure, la construction du sens est envisagée selon plusieurs niveaux de complexité. À partir de travaux basés sur des vidéos d'élèves en classe, Aufschnaiter distingue quatre niveaux différents :

Maintenant que nous avons fait un rapide tour d'horizon des travaux sur le changement conceptuel, nous proposons de préciser la position que nous adoptons pour la suite de notre étude.

Compte tenu du nombre important de résultats montrant qu'une connaissance n'était pas remplacée par une autre, mais que les deux cohabitaient chez un même individu, nous préférons utiliser le terme

«

évolution de connaissance

» plutôt que celui de changement conceptuel. De plus, en accord avec Vosniadou (1994), nous pensons que la radicalité de l'évolution des connaissances à long terme dépend de microchangements intervenus dans le court terme. Nous faisons le choix de décrire ces microchangements en termes de domaine de validité (Minstrell 1992, Balacheff 1999) plutôt qu'en termes de statut (Hewson & Hewson 1992). C'est pourquoi, nous envisageons que l'évolution d'une connaissance quotidienne vers une connaissance scientifique du point de vue du chercheur, passe simultanément par la diminution du domaine de validité de la connaissance quotidienne et l'augmentation de celui de la connaissance scientifique. Cette évolution des domaines de validité passe par l'utilisation de la connaissance scientifique à la place de la connaissance quotidienne dans chacune des situations où la connaissance scientifique est pertinente. Dans ce cas, nous parlerons

«

d'évolution situationnelle

». Les connaissances quotidiennes des élèves possèdent un très grand domaine de validité, qui s'est développé au cours d'expériences personnelles dans des situations variées. L'utilisation d'autres connaissances nécessite qu'un changement s'opère sur un grand nombre de ces situations. Ceci pourrait expliquer en partie la grande résistance au changement des connaissances quotidiennes.

Comme le précisent Strike & Posner (1992), les facteurs du changement conceptuel ne se limitent pas au seul contenu, ils dépendent aussi de la métacognition, de la motivation, ainsi que de la vision de ce que doit être la science. Nous sommes convaincus de l'importance que peuvent jouer ces différents aspects. Cependant, dans le cadre de notre étude, nous faisons le choix de ne pas traiter les facteurs liés à ces aspects (métacognition, motivation...). En effet, nous nous limiterons à l'étude des éléments avec lesquels l'élève interagit durant l'enseignement.

Nous nous considérons comme très proches du courant de l'étude des processus d'apprentissage. En effet, nous utilisons des méthodologies poursuivant les mêmes objectifs : analyser finement les raisonnements des élèves en situation de classe. La différence essentielle est que nous nous limitons à la description du fonctionnement des élèves sans chercher à le rattacher à des processus cognitifs, même si dans certains cas nous les utilisons dans nos interprétations.

Dans la partie précédente, nous avons choisi d'utiliser la notion de domaine de validité pour rendre compte de l'évolution des connaissances des élèves. Nous allons maintenant nous situer par rapport à différents modèles sur le fonctionnement des connaissances des élèves. Le but étant de sélectionner le modèle le plus adapté à cette étude.

Plutôt que de refaire une description du changement de catégorie ontologique de Chi, nous nous appuyons sur la synthèse faite par Buty & Cornuéjols (2002 p.51) à ce sujet, qui présente de façon axiomatique la construction théorique élaborée par Chi (1992) par les énoncés suivants :

Cette théorisation se fonde essentiellement sur le processus de catégorisation. En effet, elle envisage le fonctionnement des connaissances de l'élève par la catégorisation d'une entité dans une catégorie ontologique donnant ainsi à l'entité l'ensemble des attributs de la catégorie. Ce modèle offre l'avantage de pouvoir suivre l'évolution d'un concept d'une catégorie ontologique à une autre (changement conceptuel fort) ou d'une sous-catégorie à une autre (changement conceptuel moins fort). Cependant, il soulève un certain nombre de critiques :

Au sein du courant du changement conceptuel, deux approches distinctes se sont développées à propos de la cohérence du fonctionnement cognitif des individus. D'un côté, Vosniadou insiste sur la grande cohérence du fonctionnement des élèves en décrivant les connaissances des élèves comme des théories, c'est-à-dire des structures relationnelles et explicatives. La grande cohérence de ces théories peut être envisagée comme une raison de la résistance au changement visé par l'enseignement. De l'autre, diSessa suppose une non-cohérence du système cognitif de l'individu, en le décrivant par des

«

connaissances en pièces

», c'est-à-dire un ensemble de

«

p-prims

» (*phenomenological primitives*), qu'il considère comme étant toutes équivalentes et qui sont activables suivant les situations. Un des enjeux du changement conceptuel serait de rendre plus cohérentes les p-prims entre elles.

Dans le but de nous situer par rapport à ces deux approches, nous allons détailler un peu plus ces deux points de vue.

Vosniadou (1994) considère que, dès le début de l'activité cognitive d'un individu, les concepts et les connaissances sont incorporés dans des structures théoriques assez larges. En effet, les premières expériences de la vie courante créent chez l'enfant un *cadre théorique* qui impose des contraintes sur le comportement des objets physiques (continuité, solidité, pas d'action à distance, gravité, inertie) ; ce *cadre théorique* permet des explications et joue un rôle analogue à celui des paradigmes en science. À l'intérieur de ce *cadre théorique* et sous ses contraintes, se développent des *théories spécifiques* adaptées à des domaines phénoménologiques restreints et particuliers. Chaque *théorie spécifique* s'applique à des situations réelles par le moyen de *modèles mentaux*, des représentations analogiques de la situation, qui incorporent des mécanismes explicatifs de la *théorie spécifique* et des contraintes du *cadre théorique*. Vosniadou distingue deux types de *modèles mentaux* : ceux créés sur-le-champ, spécifiques à la situation et au contexte, qu'elle désigne par *tokens* ; et ceux qui ont été suffisamment efficaces dans des situations passées pour être stockés et réutilisés ; elle les désigne par *types de modèles mentaux*, ou *modèles mentaux génériques*.

Il y a des moments dans le développement d'un individu où un certain modèle mental relatif à une classe de phénomènes est fixé ; pendant ces phases, l'individu répond de façon cohérente aux questions qu'on peut lui poser sur le champ phénoménologique ou conceptuel en jeu. Exemple : à 4 ans, un enfant utilise en général un modèle de

«

force interne

» (associée au poids d'un objet) ; à 12 ans il utilisera plutôt un modèle de

«

force acquise

» (associée au mouvement de l'objet).

Il y a d'autres phases de transition où l'individu utilise des modèles mixtes : à un ensemble de questions il peut alors, fournir des réponses incohérentes entre elles, parce qu'il utilise à la fois des critères appartenant au modèle

«

force interne

» et au modèle

«

force acquise

». Le contexte de l'utilisation peut alors changer le modèle utilisé, et même la fréquence avec laquelle on associe telle situation à tel modèle.

Buty & Cornuéjols (2002) précisent dans leur synthèse que les travaux de Vosniadou (1994, 1999) insistent sur l'idée que l'incohérence de surface observée chez les élèves résulte en grande partie de leur manque de conscience métaconceptuelle (ils n'ont pas conscience de la nature hypothétique de leurs connaissances).

diSessa (1993) considère qu'un individu possède un très grand nombre de *p-prims*, dont la plupart ont été acquises pendant l'enfance. Chaque *p-prim* est une petite structure de connaissance, qui est activable dans un ensemble de situation donné. Par exemple, on parlera de la *p-prim*

«

équilibre

», qui dans le domaine de la mécanique implique l'existence de deux efforts opposés qui s'annulent. Une situation peut mobiliser plusieurs *p-prims* et diSessa s'intéresse aux liens entre les *p-prims*. Comme le précisent Buty & Cornuéjols (2002)

«

Les

classes de coordination

sont des ensembles de

p-prims

assez larges ; ce sont des moyens, connectés systématiquement, de recueillir certaines classes d'information sur le monde.

Coordination

renvoie à la fois à la nécessité de recueillir de multiples aspects de l'information pour qu'elle ait un sens (intégration), et à la nécessité de trouver ce qui est semblable dans cet ensemble d'aspects (invariance). Deux composants obligatoires des

classes de coordination

sont les stratégies de lecture et le réseau causal

.»

Des situations différentes, ou des sollicitations différentes du milieu dans la même situation, vont provoquer chez l'apprenant l'activation de *p-prim*s différentes. diSessa donne l'exemple suivant : une élève est questionnée sur la trajectoire d'une balle de tennis qu'on tient dans la main et qu'on jette verticalement ; on lui demande d'abord quelles forces s'exercent sur la balle quand elle monte puis descend ; elle répond conformément à la physique enseignée que seule la gravité s'exerce sur la balle : diSessa interprète cette réponse en disant qu'elle fait intervenir la *p-prim*

«

gravité

». On pose alors à l'élève une deuxième question : que se passe-t-il au point où la balle rebrousse chemin ? Elle répond en disant que deux forces s'exercent, la gravité et la résistance de l'air, et que ces deux forces s'équilibrent momentanément, c'est ce qui explique que la balle s'arrête un bref instant avant de redescendre : diSessa interprète ce revirement en disant que la deuxième question a activé la *p-prim*

«

équilibre

».

Il est intéressant de remarquer que ces approches très différentes envisagent toutes les deux que les connaissances d'un élève puissent être contradictoires entre-elles du point de vue du chercheur, mais pas forcément du point de vue de l'élève. Ceci semble être confirmé par un certain nombre de travaux (diSessa 1987, 1988 et 1993, Vosniadou 1994, Warren & al. 2001, Taber 2001, Balacheff & Gaudin 2002). En effet, on a d'un côté, Vosniadou qui postule une grande cohérence des théories des élèves tout en envisageant que certains modèles mentaux puissent être contradictoires (modèles mixtes) et de l'autre diSessa qui postule une non-cohérence des *p-prim*s, mais envisage qu'elles puissent devenir cohérentes.

Cependant, est-ce que la différence de ces deux approches ne viendrait pas de l'âge des élèves étudiés ? En effet, Vosniadou travaille surtout sur des jeunes enfants (de 6 à 10 ans) possédant un petit nombre de connaissances sur les thèmes scientifiques, alors que diSessa étudie des étudiants à l'université possédant un nombre beaucoup plus important de connaissances scientifiques. Ceci nous conduit à supposer que la théorie de diSessa correspond plus directement aux comportements des individus possédant un grand nombre de connaissances pouvant être contradictoires et fluctuants, alors que celle de Vosniadou correspondrait plus à ceux des individus avec un petit nombre de connaissances cohérentes et stables. Le problème est que nous

études des élèves de Seconde, âgés de 15-16 ans et que ces deux types de connaissances risquent d'apparaître. C'est pourquoi, il nous faut utiliser un modèle permettant de décrire à la fois des connaissances cohérentes et stables ainsi que des connaissances contradictoires et fluctuantes.

Les modèles développés par Minstrell (1992) et Balacheff (1999) offrent l'avantage de considérer qu'un individu possède un ensemble de connaissances (que Balacheff nomme

«

conceptions

» et que Minstrell appelle «

facettes

»

)

pouvant être contradictoires entre elles ou non et dont chacune possède un domaine de validité. Ces modèles permettent d'envisager chez un même individu des connaissances cohérentes entre elles ou non et de déterminer la stabilité d'une connaissance par rapport à son domaine de validité (plus le domaine de validité est grand et plus la connaissance sera stable).

Ainsi, les *théories* des enfants de Vosniadou peuvent être décrites par des connaissances ayant un très large domaine de validité. Par exemple, le domaine de validité du *modèle mental* considérant que la

«

Terre est plate

» concerne toutes les situations où le sol est plat, c'est-à-dire presque toutes les situations que nous rencontrons dans le quotidien. De même, le modèle de

«

force interne

» sera appliqué dans toutes les situations faisant intervenir des objets ayant un poids, ce qui là encore englobe un très grand nombre de situations. La grande résistance au changement de ces connaissances peut être expliquée à l'aide de la notion

«

d'évolution situationnelle

» exposée ci-dessus. En effet, pour passer du modèle de la «

Terre est plate

»

au modèle de la

«

Terre est sphérique

» il faut que pour chacune des situations où ces deux modèles sont en concurrence, l'élève arrive à utiliser le modèle de la

«

Terre est sphérique

» au lieu de celui de la

«

Terre est plate

».

De même, les *p-prim*s des étudiants de diSessa peuvent être envisagées comme des connaissances contradictoires sur certaines situations et non-contradictaires sur d'autres. Par exemple la *p-prim*

«

gravité

» et la *p-prim*«

équilibre

»

peuvent s'appliquer à l'ensemble des situations où les objets sont immobiles.

Nous pensons que les *modèles mentaux* de Vosniadou ou les *p-prim*s de diSessa peuvent être très pertinents pour décrire certaines connaissances. Cependant, nous considérons que pour notre étude, le fait d'attribuer un domaine de validité à une connaissance est la solution la plus pertinente pour étudier l'évolution des élèves. De plus, il permet de rendre compte du fonctionnement des élèves sans préjuger de la cohérence ou de la non-cohérence de leurs connaissances. Ce qui est important puisque, à l'heure actuelle, il n'existe pas à notre connaissance de travaux sur le sujet permettant de trancher.

Avant de commencer notre comparaison, il nous semble important de préciser que les travaux de Balacheff ne s'inscrivent pas dans le courant du changement conceptuel, puisqu'ils se situent dans le cadre de la didactique des mathématiques. Son modèle des conceptions a été conçu à la base pour rendre compte des connaissances des élèves en mathématiques. Cependant, nous considérons que ce modèle est assez large pour décrire des connaissances dans d'autres disciplines, notamment en physique. Cette précision étant donnée, nous proposons

maintenant de regarder plus en détail les points communs et les différences de chacun des modèles proposés par Minstrell (1992) et par Balacheff (1999).

Tout d'abord, il est intéressant de voir que la vision de Minstrell sur la connaissance se rapproche très fortement de celle de Balacheff, qui refuse le paradigme des misconceptions (Confrey 1986) et adopte le paradigme de l'erreur.

Cependant Balacheff part de la citation de Bachelard (1938, p.13)

«

Le réel n'est jamais 'ce qu'on pourrait croire' mais il est toujours ce qu'on aurait dû penser

», qui exprime que la connaissance est toujours en devenir. Pour conclure que l'originalité du paradigme de l'erreur énoncé par Brousseau (1976, p.171), est d'avoir su articuler le point de vue constructiviste avec le postulat Bachelardien :

«

l'erreur n'est pas seulement l'effet de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard que l'on croit dans les théories empiristes ou béhavioristes de l'apprentissage, mais l'effet d'une connaissance antérieure, qui avait son intérêt, ses succès, mais qui maintenant se révèle fausse ou simplement inadaptée

.»

«

l'erreur n'est pas seulement l'effet de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard que l'on croit dans les théories empiristes ou béhavioristes de l'apprentissage, mais l'effet d'une connaissance antérieure, qui avait son intérêt, ses succès, mais qui maintenant se révèle fausse ou simplement inadaptée

.» (Balacheff 1999, p. 222). Cette définition sera complétée par le travail de Salin (1976), mettant en évidence les caractéristiques cognitives de l'erreur : d'une part,

«

l'erreur est un point de vue d'une connaissance sur une autre connaissance (éventuellement chez un même sujet, d'une connaissance nouvelle sur une connaissance ancienne

),» d'autre part,

«

l'existence d'une erreur ne peut être perçue que si le feedback de l'environnement peut être lu comme témoignage d'un échec (une attente non satisfaite).

»

(Balacheff 1999, p. 223)

La position de Minstrell va dans le même sens. En effet, pour lui

«

la plupart des connaissances des élèves sont pertinentes, elles peuvent avoir besoin de modification, de limitation ou d'élaboration, mais elles sont utiles

«

(Minstrell 1992. p.112). De plus, Minstrell choisit d'utiliser le terme facette afin d'éviter l'association avec les termes comme les

«

mauvaises

» conceptions (

«

mis

» conception dans le texte). Pour lui, beaucoup de

«

mauvaises

» conceptions sont des idées qui sont sur-appliquées ou sous-appliquées par rapport au contexte. Par exemple, si on considère la facette

«

le plus lourd tombe le plus vite

». La validité de cette idée dépend du contexte d'application.» (Minstrell 1992. p.112-113).

Balacheff (1999, p. 224-225) propose de passer par une formalisation du concept de *conception*, afin de résoudre le problème de modélisation posé par la coexistence chez un sujet de structures mentales contradictoires du point de vue d'un observateur, et cependant cohérentes lorsqu'elles sont replacées dans le contexte d'une mise en oeuvre particulière dans le référentiel du sujet. Cette formalisation est la suivante :

«

Nous appelons conception C, un quadruplet (P, R, L,

) dans lequel :

- P est un ensemble de problèmes sur lequel C est opératoire ;
- R est un ensemble d'opérateurs ;
- L est un système de représentation, il permet d'exprimer les éléments de P et R ;
-

est une structure de contrôle, elle assure la non contradiction de C.

En particulier, un problème p de P est résolu s'il existe r de R et s de

tel que

$s(r(p)) = \text{vrai}$

»

(Balacheff 1999, p. 225)

Pour caractériser une conception, il faut déterminer :

<http://conception.imag.fr/>

Cette formalisation donne une définition précise d'une conception. Les différents éléments qui la composent peuvent servir de base pour la comparer avec d'autres conceptions. Il est possible par exemple de comparer le domaine de validité de deux conceptions ou bien les opérateurs qu'elles mobilisent. Ce formalisme permet entre autres de définir une conception partielle :

«

une conception C est partielle relativement à une conception C' si et seulement si C est équivalente à C' sur une partie stricte de P'.

»

(Balacheff 1999, p.236).

La connaissance d'un individu est définie comme un ensemble de conceptions ayant le même -objet (-objet décrit dans ce cas un objet mathématique). Ceci permet à la fois de parler de son domaine de validité (union des domaines de validité des conceptions qui la constituent) tout en reconnaissant son caractère contradictoire (l'une des conceptions qui la constituent est fausse au sens d'une autre). Avec cette définition de la connaissance, il est possible de décrire la cohérence de l'ensemble des conceptions qui la constituent (cet ensemble est appelé Q), ainsi que son domaine de validité (appelé).

À partir de cette définition, Balacheff propose de décrire l'évolution des états de connaissances d'un sujet à un moment donné. Il précise :»Un état de connaissance (Q,) d'un -objet M peut évoluer en conséquence de l'évolution de ses constituants Q ou , ou des deux simultanément.

Une modification de Q peut être le résultat de l'ajout ou au contraire du retrait d'une conception, ou encore la substitution d'une conception à une autre ou à un sous-ensemble d'autres conceptions. De même peut être modifié en supprimant ou en ajoutant des problèmes ou en substituant un problème à un sous-ensemble de problèmes.

Une évolution simple est celle qui rend compte de la modification du domaine de validité d'une conception.

Une évolution particulièrement intéressante d'un état de connaissance est celle qui conduit à éliminer les contradictions actuelles dans Q» (Balacheff 1999, p.240).

Minstrell dans son article de 1992, propose d'identifier et de cataloguer des éléments de connaissance ou de raisonnement qu'il appelle des facettes. Pour lui, les facettes de connaissance sont des unités de pensée

«

commodes

», des éléments de connaissance ou des stratégies utilisées par l'élève dans une situation particulière. Minstrell utilise le langage des élèves en essayant de capturer l'intention de l'idée exprimée.

«

La

«

vérité

»

ou la pertinence d'une facette dépend du contexte de la situation.

»

(

Minstrell 1992, p.112). Pour lui, les facettes fausses du point de vue de la physique, possèdent quand même un certain nombre d'aspects utiles.

Concernant la cohérence des facettes entre elles, Minstrell considère que lorsque l'apprenant tente de rendre compatibles certaines facettes, cela a pour conséquence de rendre

«

l'ensemble de ses connaissances

fn1

«

incohérent. Il explique que ce manque de cohérence provient du fait qu'en général, les élèves font un amalgame des idées proches en ne les différenciant pas entre elles, qu'ils n'élaborent pas de relation entre les différentes grappes (clusters dans le texte) de connaissance et qu'ils n'essaient pas de délimiter le contexte d'application de ces connaissances

.» (Minstrell 1992, p.117)

Le fonctionnement d'une ou plusieurs facettes qu'un élève met en oeuvre dans un problème particulier dépend : des facettes que l'élève a acquises lors d'expériences préalables, des caractéristiques du problème que l'élève identifie et de l'association faite par l'élève entre ces caractéristiques et ces facettes. Pour Minstrell :

«

1. L'élève aborde la situation d'apprentissage avec des éléments de connaissances existants, appelés facettes. Les facettes peuvent être spécifiques ou générales. On peut en rendre compte par le contenu, les stratégies, ou le raisonnement.
2. L'application d'une facette dépend des facettes que l'élève a de disponible, des caractéristiques de la situation, de la perception qu'en à l'élève ou des liens entre les caractéristiques et les facettes
3. Le nombre de facettes utilisées par un élève dépend, de son souhait à répondre simplement à la question ou plutôt de satisfaire sa curiosité. Ce postulat implique une autre série de facettes pour décrire les croyances des élèves à propos de la nature de la science et de l'épistémologie. Cette nouvelle série commence seulement à être explorée.
4. L'ordre d'application des facettes va du spécifique au générique. Lorsque l'élève a des connaissances spécifiques à propos d'une situation problématique, les facettes spécifiques sont appliquées. Lorsque les connaissances spécifiques des facettes ne complètent pas la solution du problème, une ou plusieurs facettes génériques peuvent être utilisées.

»

(notre traduction de Minstrell 1992, p. 119-120).

Partant de cela, plusieurs changements dans les facettes peuvent se produire :

Le modèle des conceptions de Balacheff permet de caractériser la connaissance de manière beaucoup plus précise que les facettes de Minstrell, notamment grâce au formalisme mis en place pour décrire les conceptions. Concernant l'évolution, ces deux modèles envisagent une augmentation ou une diminution du domaine de validité, ainsi que l'ajout de nouvelles conceptions (ou facettes). Cependant, le modèle de Minstrell envisage en plus la possibilité que les facettes établissent des liens entre elles, ce qui rejoint notre approche de l'apprentissage en termes de lien. En revanche, le modèle de Balacheff propose qu'une conception puisse être substituée à une autre, ce qui ne correspond pas au fonctionnement des connaissances des élèves décrit par les travaux du changement conceptuel (voir partie critique du terme changement conceptuel). Notre étude se centre beaucoup plus sur l'évolution que sur la caractérisation des connaissances. C'est pourquoi, nous faisons le choix de ne pas adopter le formalisme proposé par Balacheff et de décrire l'évolution en adoptant une vision proche des critères proposés par Minstrell (notamment les liens). Bien que nous n'adoptons aucun de ces deux modèles, nous nous en inspirons fortement pour développer notre propre modèle : **les idées**.

Cette partie propose de présenter le modèle que nous avons construit pour essayer de suivre l'évolution des connaissances des élèves durant un enseignement sur les gaz. L'élaboration de ce modèle se base sur deux notions reprises des travaux de Minstrell (1992) et Balacheff (1999) : (1) la notion de domaine de validité d'une connaissance et (2) la notion de connaissances contradictoires, c'est-à-dire qu'une même personne peut avoir des connaissances qui sont contradictoires entre elles du point de vue d'un observateur extérieur.

Dans un premier temps, nous définissons ce qu'est une idée à partir d'un certain nombre de considérations, puis dans un second temps nous discutons des différents types d'évolutions envisagées en termes de liens. Nous montrons dans un dernier temps, comment est utilisée la notion de milieu pour étudier les facteurs responsables de l'évolution des idées.

Pour répondre à cette question, nous justifions le choix du mot idée, puis nous précisons comment les idées sont reconstruites, ainsi que le grain d'analyse choisi pour les étudier. Nous montrons ensuite, que les idées peuvent être éventuellement contradictoires et qu'elles possèdent un domaine d'application. Enfin nous présentons des critères permettant de définir la stabilité d'une idée dans le temps et à travers les situations.

Notre étude essaie d'adopter le point de vue de l'élève afin de suivre l'évolution de ses connaissances au cours d'une séquence d'enseignement sur les gaz. Le but de cette étude n'est pas d'évaluer ses connaissances (en juste ou faux), mais plutôt d'essayer de comprendre comment elles émergent. Cette recherche s'inscrit dans le paradigme de l'erreur (Brousseau 1986), qui considère qu'une erreur du point de vue de la physique, est une connaissance qui avait son intérêt, ses succès et qui se révèle inadaptée lorsqu'elle est utilisée hors de son

domaine de validité. C'est pourquoi, nous avons essayé de trouver un terme qui soit en rupture avec les termes utilisés par le paradigme des misconceptions (Confrey 1986). Le terme conception nous semble ambigu, car il peut être employé pour désigner les réponses fausses des élèves. En effet, on parlera de connaissance pour des réponses justes du point de vue de la physique et de conception pour les réponses fausses.

On trouve dans la littérature du changement conceptuel un certain nombre de termes : les facettes (Minstrell 1992), les p-prims (diSessa 1993), la construction du sens (Aufschnaiter 2001), les modèles mentaux (Vosniadou 1994, Schnotz 1996), les idées (Aufschnaiter & Welzel 1997). Nous avons fait le choix d'utiliser le terme idée pour décrire finement les connaissances des élèves. Une idée est définie dans le dictionnaire de la langue française (1989) comme une

«

conception de l'esprit, une pensée, une manière de concevoir une action ou de représenter la réalité

». De plus, elle peut être : bonne ou mauvaise, juste ou fausse, précise ou floue... Le terme idée permet de décrire le point de vue d'une personne sans pour autant porter un quelconque jugement. On dira l'élève Alfred utilise l'idée que l'air chaud monte pour expliquer la dilatation d'un gaz.

Maintenant que nous avons choisi le terme, il nous faut le définir : **une idée est un élément de connaissance permettant de rendre compte d'une ou plusieurs situations. Chaque individu possède un ensemble d'idées, qu'il a construit tout au long de sa vie, en interagissant avec de nombreuses situations.**

Dans cette définition, nous utilisons le terme

«

situation

». Compte tenu que ce terme est employé avec de multiples significations en sciences humaines, nous proposons d'en donner une définition qui sera adoptée pour la suite de notre étude.

Ce paragraphe propose de définir les termes : situation d'enseignement, situation et situation matérielle, afin de clarifier leur utilisation dans la suite de ce travail. Au préalable, il nous faut préciser que chacune de ces situations peut être envisagée soit du point de vue du chercheur soit du point de vue de l'élève. Ces points de vue peuvent être très différents, par exemple une bouteille vide sera considérée par le chercheur comme étant pleine d'air alors que pour certains élèves, elle sera perçue comme ne contenant rien.

Tout d'abord, une situation est définie dans le dictionnaire de la langue française (1989) par

«

l'ensemble des conditions dans lesquelles se trouve quelqu'un à un moment donné

». Comme nous allons le voir par la suite, c'est précisément la prise en compte de ces conditions à des échelles différentes qui donnera lieu aux différentes acceptions du terme situation que nous adoptons. En effet,

«

la situation d'enseignement

» peut éventuellement englober

«

la situation

», qui englobe elle-même

«

la situation matérielle

».

La *situation d'enseignement* peut être définie par l'ensemble des conditions dans lesquelles se trouve un élève lorsqu'il est en classe. Parmi toutes les conditions possibles, nous avons choisi les suivantes, qui peuvent être décrites par :

Maintenant que les différents éléments qui composent une situation d'enseignement sont définis, nous allons pouvoir spécifier ce que nous entendons par une situation.

La définition d'une *situation* s'appuie sur le travail de Vergnaud (1990), qui considère que

«

le concept de situation n'a pas ici le sens de situation didactique mais plutôt celui de tâche, l'idée étant que toute situation complexe peut-être analysée comme une combinaison de tâches dont il est important de connaître la nature et la difficulté propres. La difficulté d'une tâche n'est ni la somme ni le produit de la difficulté des différentes sous-tâches, mais il est clair que l'échec dans une sous-tâche entraîne l'échec global.

»

(p. 146). Ce qui nous permet de spécifier une *situation* par : une **tâche** à réaliser et **des éléments matériels** pouvant éventuellement y contribuer. Dans le cadre de cette définition, si l'on change la tâche ou si l'on modifie un des éléments matériels (c'est-à-dire un objet ou un événement), cela a pour conséquence de définir une autre situation. De plus, dans le cadre de notre étude, la plupart des tâches demandées à l'élève nécessite de répondre à des questions. Donc la plupart des situations pourra être définie par les questions posées à l'élève et les éléments matériels associés. Il est cependant important de préciser qu'une *situation* ne se limite pas à la classe. En effet, la définition que nous proposons envisage aussi la description de scènes comme celles de la vie quotidienne. Par exemple, le fait de gonfler un pneu de vélo est une *situation* : la **tâche** est de gonfler le pneu, les **objets** sont le vélo et la pompe et les **événements** sont de relier la pompe au pneu et de faire rentrer de l'air dans le pneu.

La *situation matérielle* est définie par les objets et les événements qui la composent. Le changement d'un objet ou d'un événement entraînera la

«

création

» d'une autre situation. Par exemple, lancer (événement) un ballon de foot (objet) et lancer (événement) un ballon de rugby (objet) représentent deux situations matérielles différentes. De même, gonfler (événement) un pneu de voiture (objet) et dégonfler (événement) un pneu de voiture (objet) correspondent à deux situations matérielles distinctes.

Une idée est toujours rattachée à une situation et nous proposons dans ce paragraphe de décrire la manière dont se déroule la reconstruction des idées d'un élève par le chercheur. L'étude du langage et plus particulièrement de la signification des mots permet d'avoir accès à ce que pensent les gens (Vygotski 1998). Cependant, le discours des gens n'est pas uniquement une sorte de

«

fenêtre sur l'esprit

», mais c'est plutôt une fenêtre sale, car le discours dépend du contexte et des pratiques discursives (Edwards 1993). De plus,

«

nous parlons avec nos organes vocaux, mais c'est avec tout le corps que nous conversons

» (Abercrombie cité par Kerbrat-Orecchioni 1996). C'est pourquoi, nous faisons le choix de reconstruire les idées des élèves à partir des productions verbales et gestuelles (geste de la communication non-verbale et geste manipulateur). Concrètement, une idée est reconstruite à partir de la plus petite unité observable par le chercheur permettant d'attribuer un sens aux productions de l'élève. Ces plus petite unités

«

sémantiques

» sont appelées des

«

unités de contexte

» par Ghiglione & Matalon (1970). Nous préférons les appeler des *unités de sens*, afin de pouvoir préciser que ces unités de sens dépendent de la situation. En effet, l'unité de sens

«

cet air est léger

», n'aura pas la même signification si l'élève parle de l'air qui se trouve dans un ballon, de l'air atmosphérique ou encore s'il parle d'un morceau de musique. Les unités de sens ayant la même signification seront regroupées sous la même idée. Par exemple les unités de sens,

«

l'air pousse sur la paroi

»

«

l'air exerce une pression sur un ballon

» et

«

il y a de l'air qui (l'élève fait le geste de pousser) sur la casserole

» seront regroupées sous la même idée : *l'air agit sur les objets* (par convention nous notons les idées en italique). Les détails sur la reconstruction des idées à partir des unités de sens en tenant compte de la situation seront donnés dans la partie méthodologie.

La reconstruction des idées par le chercheur se base sur les productions verbales et gestuelles des élèves. Comme le montre le tableau 1.2, il est possible d'analyser les productions des élèves à des échelles de temps différentes.

Tableau 1.. : Échelle de temps de l'activité humaine (adapté de Lemke 2000)

Activité	Temps (en seconde)	Autres unités de temps	Exemple
Articulation vocale	10-1		son
Paroles	1-10 secondes		mot, phrase, court

Échange	2-10 ²	seconde à la minute	monologue
Épisode	10 ³	o(15minutes)	conversation,
Cours, TP	10 ³ - 10 ⁴	Heure	thème, discussion
Demi journée en classe	10 ⁴	environ 2,75 heures	cours : physique, français...
Une journée en classe	10 ⁵	Jour	plusieurs cours de disciplines différentes

Ce tableau montre qu'il est possible d'analyser une discussion d'élèves en faisant une analyse des thèmes qui y sont abordés. L'analyse du sens des productions des élèves nécessite de mettre en relation plusieurs mots, et donc de se situer au niveau de la phrase. Ceci signifie que la reconstruction des idées s'appuie sur des productions d'élèves allant de 1 à 10 secondes. Le grain d'analyse des idées est donc de l'ordre de quelques secondes.

Certains travaux didactiques s'intéressant à l'étude des processus d'apprentissage, font la différence entre le développement des éléments *en cours de construction* allant de la seconde à la minute et le développement des éléments *cognitifs stables* allant de l'heure au mois (Niedderer 2001 et Aufschnaiter 2001). Plusieurs travaux s'intéressant aux éléments *en cours de construction* (Niedderer & Scheker 1992, Schnotz 1996, von Aufschnaiter & Welzel 1997, Adey 1999) se situent à un grain d'analyse équivalent à celui que nous adoptons pour les idées (1 à 10 secondes).

Pour interpréter une situation, l'élève peut mobiliser une ou plusieurs idées. Dans le cas de la mobilisation de plusieurs idées, elles peuvent être indépendantes ou reliées entre elles (on parlera alors d'un réseau ou d'une grappe d'idées). Compte tenu de nos hypothèses de base sur l'apprentissage et des facettes de Minstrell (1992), nous considérons que la mobilisation d'une idée dépend : (1) des idées préalables de l'élève, (2) des caractéristiques de la situation que l'élève perçoit et (3) de la relation entre ces caractéristiques et les idées. Partant de cette définition, il est intéressant d'essayer de déterminer les éléments de la situation que l'élève perçoit, afin d'essayer d'établir les liens qu'entretiennent les idées avec ces éléments.

Cette description du fonctionnement de l'élève, par un ensemble d'idées, permet d'envisager que chaque idée possède un domaine d'application et que les idées peuvent être contradictoires entre elles.

Ce caractère contradictoire peut être abordé de deux points de vue.

En résumé

«

les états contradictoires ainsi mis en évidence ne sont reconnus comme tels que par un observateur qui a la capacité de mettre en relation des situations qui sont, par ailleurs, vécues comme distinctes et autonomes par le sujet lui-même.

»

(Balacheff 1999, p. 220). Dans la suite de ce travail, sauf précisions de notre part, nous utiliserons le terme idées contradictoires en adoptant le point de vue du chercheur.

Nous avons vu que chaque idée possédait un domaine de validité. Ce qui nous conduit à préciser que, pour la suite de cette étude, nous préférons parler du domaine d'application d'une idée, plutôt que de son domaine de validité. En effet, nous faisons la distinction entre ces deux domaines, car pour nous ces deux définitions adoptent des points de vue différents :

Cette définition du domaine d'application adopte le point de vue de l'élève, et offre l'avantage de considérer que chaque fois que l'élève utilise une idée, elle est pertinente pour lui. De plus, cette définition ne cherche pas à juger de la validité de cette utilisation et ne prend pas en compte le fait que cette idée puisse être complètement fautive du point de vue de la physique. Le seul élément qu'elle prend en compte est de savoir si oui ou non, l'élève utilise une idée dans une situation.

Cette distinction étant faite, nous pouvons nous intéresser à la stabilité des idées. La description de cette stabilité peut être envisagée dans un espace à deux dimensions : la première dépendant du temps et la seconde des situations.

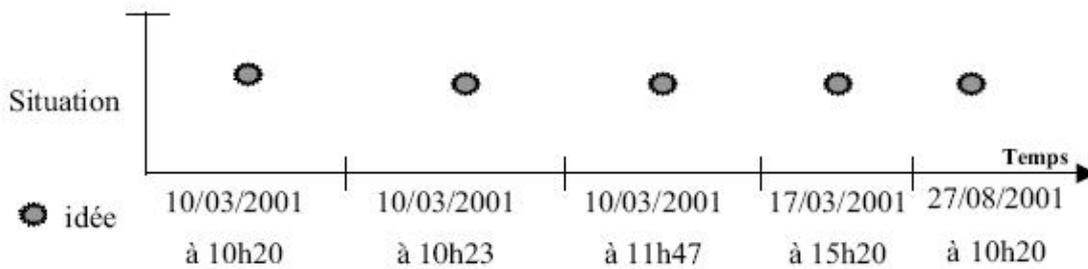
En nous basant sur la définition de Niedderer (2001) :

«

The stability of an (intermediate) conception is empirically tested with the question whether this conception is used (reconstructed) again and again during a certain period of time in similar contexts

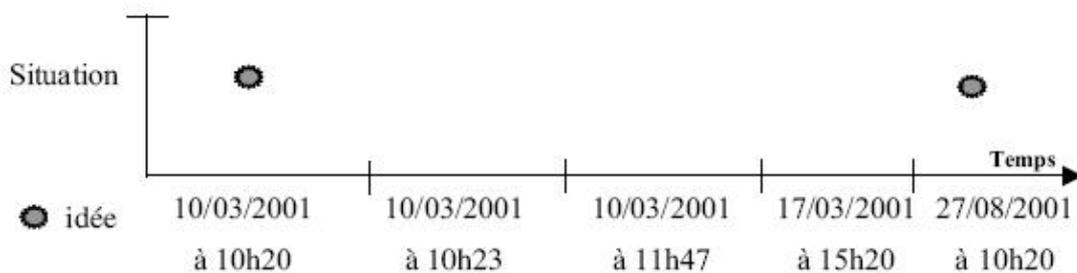
» (p. 400), nous définissons la stabilité dans le temps d'une idée, par le nombre de fois dans le temps que cette idée est utilisée dans des situations similaires. Plus une idée sera utilisée pour rendre compte de la même situation à des moments différents, plus elle sera considérée comme stable (figure 1.5).

Figure 1.5 : Stabilité d'une idée dans le temps



Cependant, ce n'est pas le nombre de fois qu'une idée est mobilisée dans des situations similaires qui est important, mais plutôt l'intervalle de temps entre son utilisation dans des situations similaires. Par exemple, si un élève hésite entre deux idées pour expliquer une situation. Il est possible que, pour cette situation, il mobilise de nombreuses fois ces deux idées dans un laps de temps assez court. Ce n'est pas pour autant que ces deux idées seront stabilisées, bien au contraire ces nombreuses mobilisations témoignent plutôt d'une forte hésitation. En revanche, si l'élève utilise la même idée à un mois d'intervalle pour rendre compte de la même situation, nous considérons que cette idée est stable (figure 1.5).

Figure 1.5 : Exemple d'un grand intervalle de temps entre l'utilisation d'une idée dans la même situation.



En résumé, plus l'intervalle de temps entre l'utilisation de la même idée dans des situations similaires est grand, plus cette idée sera stable

La deuxième dimension de la stabilité d'une idée dépend des situations. Plus une idée sera mobilisée dans un nombre différent de situations, plus elle sera considérée comme stable. Là encore ce n'est pas vraiment le nombre de situations qui compte, mais plutôt le type de situations qui va jouer. Par exemple, si l'élève utilise l'idée que l'air agit pour chaque situation où l'on gonfle un ballon (pour un ballon de foot, un ballon de baudruche, un ballon de basket...), cela représente un nombre important de situations, mais qui possèdent des traits de surfaces similaires. En revanche, si l'élève utilise aussi cette idée pour dire que l'air agit sur les parois d'une bouteille ouverte (situation ayant des traits de surfaces très différents de celles utilisant des ballons), cela témoigne pour nous d'une plus grande stabilité, car nous considérons qu'il est plus difficile d'utiliser une idée dans des situations ayant des traits de surfaces différents. En résumé, plus une idée sera utilisée dans des situations ayant des traits de surfaces différents, plus elle pourra être considérée comme stable.

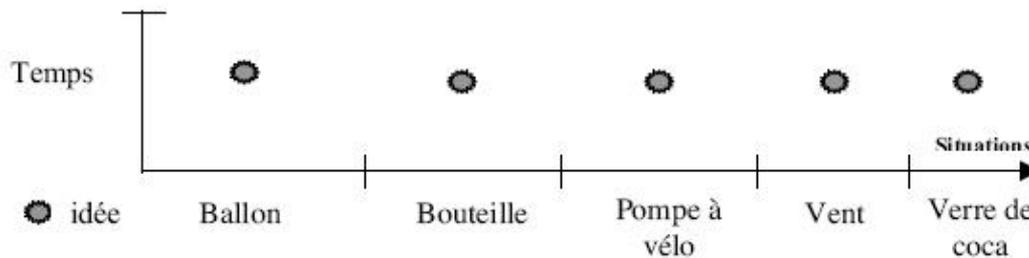
Cette stabilité que nous qualifions de

«

situationnelle

» est décrite par le domaine d'application d'une idée. Plus une idée aura un domaine d'application important, plus nous la considérerons comme stable (voir figure 1.6).

Figure 1.6 : Stabilité «situationnelle» d'une idée



Ces définitions de stabilité soulèvent des questions. En effet, jusqu'à quel point des situations peuvent-elles être considérées comme similaires ? Et inversement, jusqu'à quel point deux situations peuvent-elles être considérées comme différentes ? sur quels critères ?

Parmi les nombreux critères possibles, nous en choisissons trois pour comparer les situations entre elles :

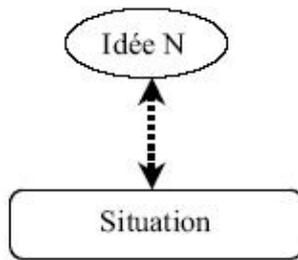
- les objets matériels mis en jeu dans la situation (par exemple : un ballon, une planche...)
- les événements mis en jeu dans la situation (gonfler, chauffer...)
- la nature de la tâche proposée par la situation (décrire, expliquer...)

Ces critères seront utilisés pour comparer les situations dans la suite de notre recherche.

Maintenant que nous avons défini ce qu'était une idée, nous proposons de présenter comment l'évolution des idées peut être utilisée pour décrire l'apprentissage des élèves. Nous proposons de présenter différents types d'évolutions que nous envisageons en termes de liens.

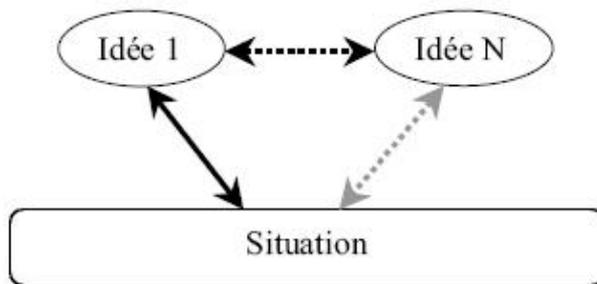
Cette addition peut se faire de deux façons :

Figure 1.7 : Nouveau lien entre une nouvelle idée est une situation



Soit l'élève établit un nouveau lien entre une idée déjà acquise (1) et une nouvelle idée (N). L'idée (N) établit par la même occasion un nouveau lien (en gris) avec la situation. Par exemple, dans la situation, où l'on gonfle un pneu de vélo, l'élève peut relier l'idée (1) : *la quantité d'air augmente* avec la nouvelle idée (N) : *le nombre de molécules augmente*, établissant par la même occasion une nouvelle interprétation de la situation.

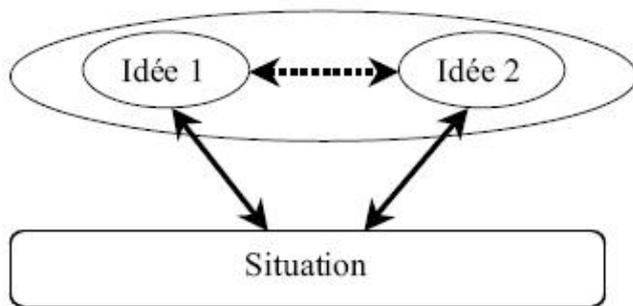
Figure 1.8 : Nouveau lien entre une ancienne idée et une nouvelle idée établissant un nouveau lien avec la situation (en gris)



Ce type d'évolution envisage la mise en relation d'idées que l'élève a déjà acquises. Cette mise en relation est envisagée de plusieurs façons soit par l'élaboration d'un nouveau lien entre des idées, soit par une distinction entre les idées, soit par un regroupement entre les idées.

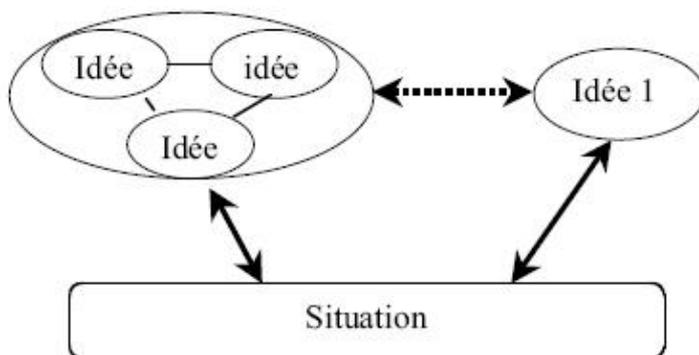
Il est possible qu'un nouveau lien entre deux idées (1 & 2) déjà acquises par l'élève soit établi, ce qui constitue le début d'un réseau d'idées. Par exemple, dans la situation, où l'on chauffe une bouteille pleine d'air avec un ballon dessus et où le ballon se gonfle, l'élève peut relier l'idée (1) : *l'air devient plus chaud* avec l'idée (2) *l'air monte*, l'association de ces deux idées donnera un réseau d'idées qui sera que lorsque l'air est chaud, il monte.

Figure 1.9 : Nouveau lien entre deux idées déjà acquise par l'élève



Il est possible qu'un nouveau lien soit établi entre un réseau d'idées et une idée (1). Par exemple, lorsque l'on comprime de l'air dans une seringue, l'élève peut faire le lien entre le réseau d'idées : *le volume d'air diminue la quantité d'air reste la même le nombre de molécules reste le même* et l'idée (1) *plus de chocs des molécules sur les parois*.

Figure 1.10 : Nouveau lien entre un réseau d'idées et une idée



Il est très courant que les élèves utilisent plusieurs mots pour désigner la même chose, par exemple les mots masse et poids peuvent désigner le caractère pesant d'un objet. Une évolution particulièrement intéressante dans l'apprentissage de la physique correspond au moment où l'élève fait la distinction entre les deux concepts rattachés à ces mots. La distinction des concepts semble être un aspect particulièrement important dans l'apprentissage de la physique (Dykstra 1992). Par exemple, la notion de mouvement peut être décrite de manière plus fine par la vitesse et l'accélération. Pour les gaz, l'idée (0) qu'il y a de l'air dans une bouteille fermée, peut être

«

raffinée

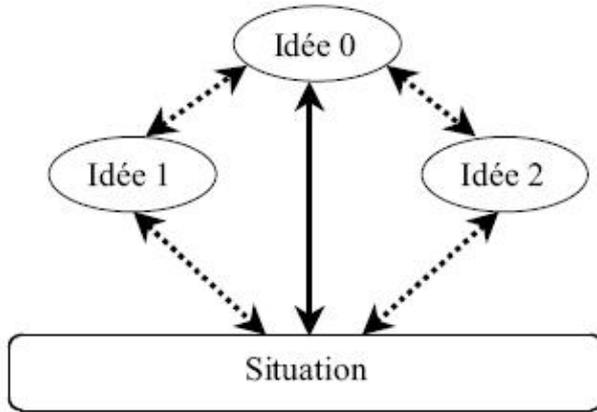
» en utilisant la quantité d'air (idée 1) et le volume de l'air (idée 2), ce

«

raffinement

» nécessite de faire la distinction entre ces deux grandeurs.

Figure 1.11 : Raffinement d'une idée (0) par deux nouvelles idées (1 & 2) nécessitant d'être distinguées entre elles.



Un autre type de distinction est envisageable (figure 1.12). Pour cela, imaginons qu'un élève utilise de façon indifférenciée les termes quantité d'air et volume d'air pour désigner l'air qui est contenu dans un récipient (Idée 0). S'il arrive à faire la différence entre ces deux termes, il pourra décrire l'air contenu dans un récipient par le terme quantité d'air (idée 0) qu'il différenciera du terme volume d'air (idée 1). Dans ce cas-là, la distinction ne donne lieu à l'apparition que d'une seule nouvelle idée contrairement au cas précédent du

«

raffinement

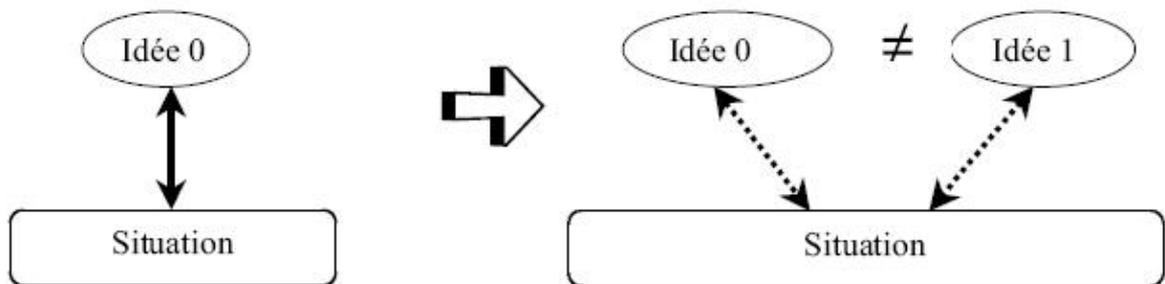
» (figure 1.11) qui fait

«

naître

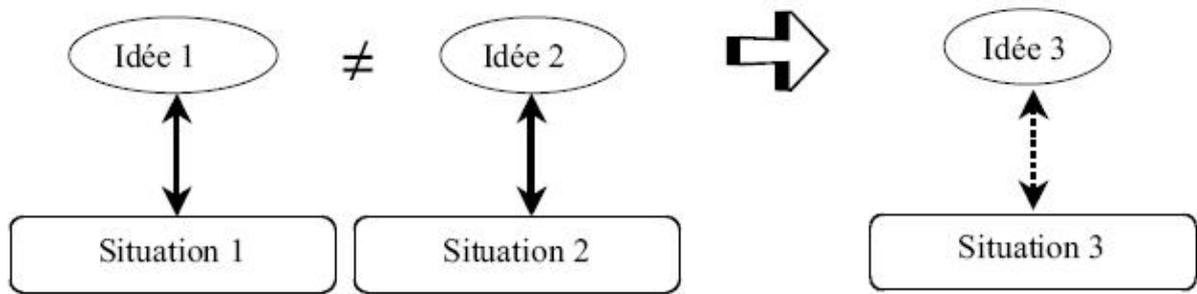
» deux nouvelles idées.

Figure 1.12 : Distinction entre deux idées



Deux idées distinctes se regroupent pour devenir une seule et même idée. Par exemple, l'élève utilise le mot air pour désigner l'air atmosphérique (idée 1) et le mot gaz (idée 2) pour désigner le gaz de ville, une évolution consiste à utiliser le mot gaz pour désigner l'air atmosphérique et le gaz de ville.

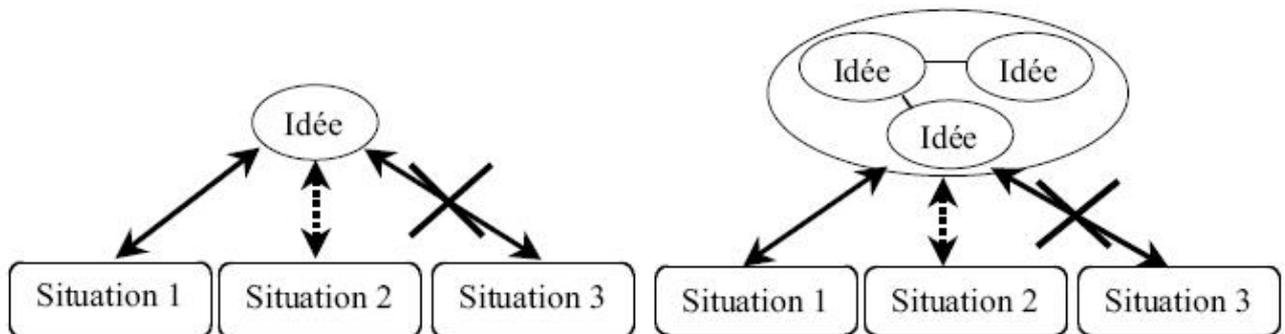
Figure 1.13 : Regroupement des idées



Cette augmentation est décrite sur les schémas par un nouveau lien avec la situation 2 et la diminution par la suppression d'un lien avec la situation 3. Prenons l'exemple des trois situations suivantes : un ballon de baudruche que l'on gonfle (situation 1), un pneu de vélo qui chauffe au soleil (situation 2) et une bouteille remplie d'air (situation 3). Supposons que l'élève utilise couramment l'idée : *l'air agit sur les objets* pour expliquer le fait que le ballon se gonfle (situation 1). Maintenant, s'il utilise cette idée pour interpréter une nouvelle situation, par exemple que *l'air agit* sur un pneu de vélo qui est chauffé par le soleil (situation 2). Nous considérons qu'il augmente le domaine d'application de cette idée (en établissant un nouveau lien avec la situation 2).

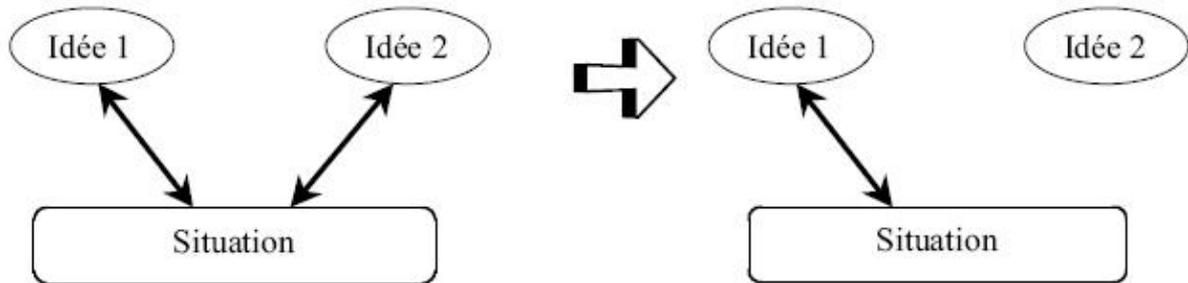
Il peut aussi considérer qu'une idée qu'il utilisait n'est plus adaptée à une situation, par exemple ne plus utiliser l'idée *l'air agit* dans la situation d'une bouteille remplie d'air (situation 3). Ce qui revient à diminuer le domaine d'application en supprimant le lien avec la situation 3 (figure 1.14).

Figure 1.14 : Augmentation ou diminution du domaine d'application d'une ou plusieurs idées



Lorsque deux idées contradictoires du point de vue de l'observateur sont utilisées pour expliquer la même situation, il est probable que l'élève choisira celle qu'il estime la mieux adaptée à la situation. Cette sélection revient à diminuer le domaine d'application de l'idée en supprimant son lien avec la situation. Par exemple, dans la situation mettant en jeu une bouteille en plastique fermée remplie d'air, l'élève peut utiliser simultanément l'idée 1 : *l'air n'agit pas sur les parois intérieures de la bouteille* et l'idée 2 : *les molécules agissent sur les parois intérieures de la bouteille*. À la suite de des considérations perceptibles (notamment que rien ne semble agir sur la bouteille), l'élève décide que l'idée 2 n'est pas adaptée à la situation, puisque si les molécules agissaient sur les parois intérieures, la bouteille se déformerait. Cette situation ne sera donc interprétée que par l'idée : *l'air n'agit pas sur les parois de la bouteille*. (figure 1.15)

Figure 1.15 : Sélection entre deux idées contradictoires pour une même situation



De manière plus générale, la sélection entre deux idées n'est qu'un cas particulier de la diminution du domaine d'application d'une idée. Cependant, ce cas reste particulièrement intéressant à étudier, puisqu'il ouvre des pistes sur les facteurs pouvant être responsables de l'évolution des idées.

En conclusion, à partir du modèle des idées que nous avons développé, nous avons décrit comment une nouvelle idée pouvait être ajoutée aux anciennes, ainsi que comment un nouveau lien pouvait être établi entre plusieurs idées. Nous avons aussi décrit la variation du domaine d'application d'une idée, ainsi que la distinction des idées, qui nous semble particulièrement importante dans le cadre de l'apprentissage de la physique. La dernière description que nous avons faite concerne la sélection entre deux idées pour une même situation. Ces différentes évolutions décrites en termes de liens permettent de rendre compte de certains types d'apprentissages. Il serait dérisoire de penser que ce modèle couvre l'ensemble des apprentissages qu'un élève peut faire durant un enseignement en classe. C'est pourquoi, nous considérons ce modèle comme un outil permettant d'étudier un certain nombre de mises en relations durant l'apprentissage de l'élève.

La liste des différents types d'évolutions des idées que nous proposons permet de décrire une partie de l'apprentissage grâce aux liens. Cependant, cette description ne donne aucune information sur les raisons de l'établissement de ces liens. C'est pourquoi, dans cette partie nous proposons d'utiliser la notion de milieu pour étudier durant l'enseignement les facteurs responsables de l'évolution des idées des élèves.

Lorsque l'élève est en classe, c'est-à-dire dans une situation d'enseignement, il se retrouve placé dans un environnement, dont le but est de lui faire apprendre de nouvelles connaissances. La description de cet environnement peut être faite à travers la notion de milieu.

Dans la théorie des situations, Brousseau se base sur les travaux de Piaget où :

«

l'élève apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres, un peu comme le fait la société humaine. Ce savoir, fruit de l'adaptation de l'élève, se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage

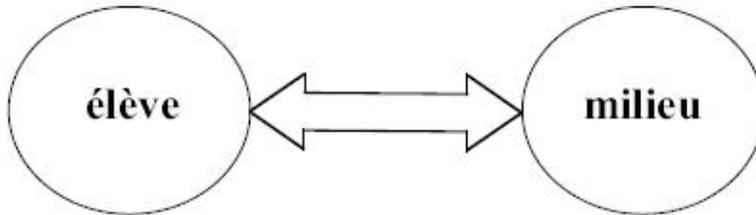
» (Brousseau 1986, p.48 - 49). Cependant, il précisera qu'un

«

milieu sans intentions didactiques est manifestement insuffisant à induire chez l'élève toutes les connaissances culturelles que l'on souhaite qu'il acquière

» (Brousseau 1986, p.49). C'est pourquoi, l'enseignant doit provoquer chez l'élève les adaptations souhaitées par un choix judicieux des problèmes qu'il lui propose. Ainsi l'élève est face à un milieu qui par ces rétroactions va permettre la construction de la nouvelle connaissance visée (figure 1.16).

Figure 1.16 : L'élève apprend en s'adaptant à un milieu défini comme un système antagoniste.



Ce milieu est défini comme un système antagoniste à l'élève (Brousseau 1986, p. 89), la construction d'une nouvelle connaissance se fait

«

contre

» le milieu, qui sanctionne les choix inadaptés de l'élève.

Cependant, en partant d'une réflexion sur l'articulation des cadres théoriques à propos du concept de milieu, Perrin-Glorian (1999, p. 299) montre qu'il est possible d'envisager la notion de milieu à partir d'une approche anthropologique (Chevallard, 1991). Elle cite notamment les travaux de Julien & Tonnelle (1999) ainsi que ceux d'Artaud (1999) où le milieu est considéré comme

«

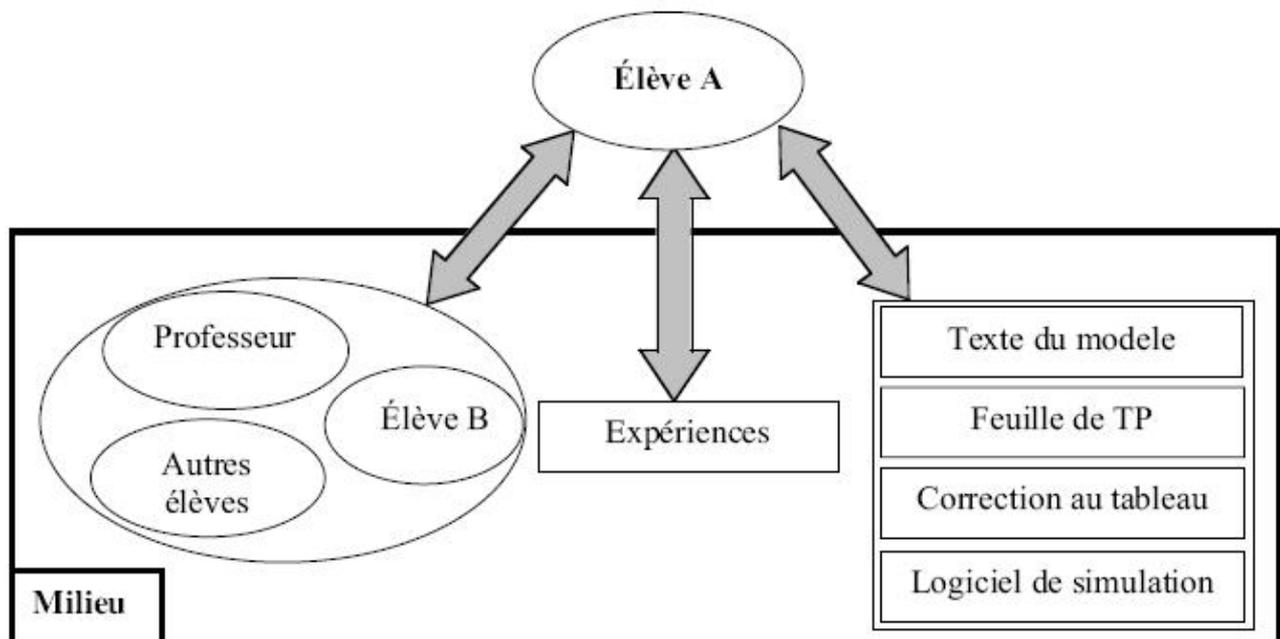
allié

» plutôt qu'antagoniste à l'élève. Cependant, comme nous l'avons déjà signalé la théorie anthropologique évite toute référence à une théorie de l'apprentissage. C'est pourquoi, nous proposons d'utiliser une notion de milieu qui serait intermédiaire entre le point de vue de Brousseau et celui de la théorie anthropologique. Pour nous, le milieu est composé d'éléments avec lesquels l'élève va interagir pour construire de nouvelles connaissances, c'est-à-dire que **l'élève apprend en interagissant avec les éléments du milieu.**

Pour nous, le milieu est une reconstruction du chercheur dans lequel il choisit de mettre les éléments de la situation d'enseignement qu'il estime pertinents pour rendre compte de l'apprentissage de l'élève (Veillard 2000). Le choix des éléments sélectionnés par le chercheur pour reconstruire le milieu est conditionné par les hypothèses qu'il adopte sur l'apprentissage. Pour choisir les éléments, nous sommes partis, des différents types d'interaction que l'élève pouvait avoir au cours d'une situation d'enseignement :

Nous considérons qu'il y a interaction entre l'élève et les éléments du milieu, puisque le milieu rétroagit aux actions de l'élève, qui va du coup modifier ses actions. À partir de ces différents types d'interactions et des hypothèses que nous adoptons sur l'apprentissage, nous avons déterminé les éléments du milieu que nous estimons pertinents pour rendre compte de l'apprentissage des élèves (figure 1.16).

Figure 1.16 : Éléments du milieu avec lesquels l'élève interagit pour construire ses connaissances



Le choix de ces éléments a été guidé par les hypothèses que nous adoptons sur l'apprentissage. Nous rappelons que nous accordons un rôle primordial au langage (Vygotski 1998) et que pour nous les connaissances sont internalisées par un individu dans les échanges en référence à des contextes particuliers. Ces échanges seront de natures différentes si l'élève discute avec son binôme ou bien avec d'autres élèves de la classe ou encore avec le professeur.

Malgré la place centrale accordée au langage, nous considérons que les actions matérielles avec les objets jouent aussi un rôle important (Piaget 1972) et notamment que l'élève construit de nouvelles connaissances en interagissant avec les objets du monde matériel.

Le choix des éléments liés aux supports didactiques s'appuie sur plusieurs approches sur l'apprentissage. Le texte du modèle s'inspire directement des hypothèses issues de la modélisation (Tiberghien 2000) qui considèrent qu'il est important d'établir des relations entre les éléments du monde des théories et des modèles et le monde des objets et des événements. Dans la continuité de cette approche, Buty (2000) considère que les logiciels de simulation peuvent être envisagés comme étant des modèles

«

matérialisés

». La séquence d'enseignement sur les gaz utilise un logiciel de simulation du modèle microscopique des gaz (Chauvet, Duprez & Rouzé 2001). C'est pourquoi, nous l'avons sélectionné parmi les éléments du milieu. Établir des liens entre différents registres sémiotiques (Duval 1995) nécessite de passer par un support écrit. Durant l'enseignement, ce support peut être la feuille de TP de l'élève, le texte du modèle ou encore la correction au tableau. Le rôle de ces différents éléments est bien plus large que les registres sémiotiques. Par exemple, la feuille de TP sert aussi de support aux consignes, qui définissent en partie ce que les élèves vont avoir à charge de gérer. Nous considérons que les consignes contribuent en partie à établir le contrat didactique entre les élèves et le professeur (Brousseau 1998). De plus, la signification donnée aux mots dans les consignes, risque d'influencer le sens que les élèves vont leur donner.

En résumé, nous nous sommes servis de la notion de milieu pour définir les éléments des situations d'enseignement que nous estimons pertinents pour étudier l'apprentissage des élèves. Le choix de ces éléments a été guidé par nos hypothèses sur l'apprentissage.

Dans cette partie, nous avons défini le modèle *des idées*, en spécifiant entre autres son grain d'analyse et les critères de stabilité d'une idée. Nous avons ensuite envisagé une description de l'évolution des idées en termes de liens, qui nous a conduit à définir plusieurs types d'évolution. Pour finir, nous avons spécifié les éléments du milieu, que nous adoptons pour étudier les facteurs responsables de ces évolutions. Le choix de ces éléments s'est basé sur certaines de nos hypothèses sur l'apprentissage.

Pour bâtir ce cadre théorique, nous avons, dans un premier temps, adopté des hypothèses sur l'apprentissage en nous basant sur les différents courants de la psychologie, sur des éléments concernant le fonctionnement du savoir physique et sur les travaux didactiques sur les raisonnements des élèves. Dans un second temps, nous nous sommes positionnés par rapport aux principaux travaux de la théorie didactique du changement conceptuel et nous avons étudié les différents types de modélisations proposés afin d'adopter le plus adapté pour mener à bien notre étude. Finalement, nous avons élaboré un modèle : *les idées*, en nous inspirant des modèles de Minstrell (1992) et de Balacheff (1999). Au cours de cette élaboration, nous avons proposé plusieurs types d'évolutions pour les idées. Pour finir, nous avons utilisé la notion de milieu, afin d'étudier les facteurs responsables de l'évolution des idées.

Chapitre 2. Problématique

Notre étude s'intéresse au rôle d'une séquence d'enseignement sur l'apprentissage des élèves. Ce questionnement d'ordre général va être spécifié par nos questions de recherche, qui s'appuient sur notre cadre théorique. Nous allons dans un premier temps, préciser les questions traitant de l'évolution des idées des élèves, pour dans un second temps, nous intéresser aux facteurs responsables de cette évolution.

Cette question sur l'évolution conduit à deux sous questions. La première est relative à la comparaison des idées des élèves avant et après l'enseignement. La seconde porte sur l'évolution tout au long de la séquence d'enseignement.

Parmi les nombreux facteurs susceptibles de jouer un rôle dans cette évolution, nous proposons de nous centrer sur les connaissances préalables des élèves et les différents éléments du milieu.

Pour nous, les connaissances préalables jouent un rôle important dans l'apprentissage. Parmi les nombreuses connaissances préalables susceptibles d'intervenir, nous faisons le choix de nous centrer sur :

Nous avons postulé que l'élève apprend en interagissant avec son environnement. Dans le cadre spécifique d'un enseignement sur les gaz, ceci nous conduit à nous interroger sur le rôle des situations proposées par l'enseignement. Pour rendre compte de ces situations, nous utilisons la notion de milieu, qui, comme nous l'avons présenté dans notre cadre théorique est caractérisée à partir d'un certain nombre d'éléments jugés pertinents du point de vue de l'apprentissage (voir figure 2.13 du cadre théorique). Cette approche vise à savoir **quel est le rôle des différents éléments du milieu dans l'évolution des idées des élèves ?**

Cette question nous conduit à nous interroger sur le rôle spécifique que jouent les individus, les expériences et les supports didactiques sur cette évolution.

Durant la séquence d'enseignement sur les gaz, les élèves travaillent en petits groupes de deux pour les TP et de quatre pour les cours en classe entière. Le professeur a établi clairement la règle de travail suivante : les élèves doivent se mettre d'accord avant de rédiger leur réponse et au cours de ce travail, ils peuvent demander des explications au professeur, mais aussi aux autres élèves de la classe. Cette manière de fonctionner conduit à s'interroger sur le rôle que jouent les différentes personnes sur l'évolution des idées d'un élève. Nous nous intéressons notamment au rôle de ces personnes sur la signification que l'élève va donner aux mots et à celui des idées émises par les autres personnes que l'élève va réutiliser dans ses explications ou plus largement dans ses activités.

Les élèves sont amenés à réaliser différentes expériences au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz et nous nous interrogeons sur le rôle qu'elles peuvent jouer sur l'évolution des idées. De manière plus précise, nous nous demandons d'une part quel rôle jouent les expériences simples (c'est-à-dire n'utilisant pas d'appareil de mesure), notamment l'apport du toucher dans la construction des phénomènes utilisant les gaz et d'autres part quel rôle jouent les expériences utilisant des appareils de mesure, dans le cas d'une approche qualitative ou d'une approche quantitative.

Au cours de l'enseignement sur les gaz, les élèves vont utiliser les énoncés des questions, la correction au tableau, les modèles et un simulateur sur les gaz. Nous nous interrogeons sur le rôle de chacun de ces supports sur l'évolution des idées des élèves. L'utilisation des énoncés par les élèves soulève notamment les questions de leur influence sur la signification que les élèves vont donner aux mots du savoir physique, ainsi que sur les liens entre les registres sémiotiques que les élèves peuvent établir. Nous avons le même type d'interrogations concernant la correction au tableau. Concernant les modèles sur les gaz, nous nous demandons si les élèves vont les utiliser lorsque ce n'est pas demandé dans l'énoncé et dans ce cas-là, quels sont les éléments du modèle utilisés. Nos interrogations sur le simulateur sont du même ordre puisqu'elles portent sur les propriétés du simulateur utilisées par les élèves, notamment dans leurs explications du mécanisme des chocs.

Maintenant que nous avons spécifié notre problématique à l'aide de nos questions de recherche, nous proposons de présenter la méthodologie que nous avons mise en place pour répondre à ces questions.

Chapitre 3. Méthodologie

Nous allons présenter et justifier nos choix à propos de l'expérimentation retenue, la récolte des données, ainsi que la méthode adoptée pour traiter ces données.

L'expérimentation que nous avons choisie pour mener à bien notre étude se justifie par les considérations suivantes.

Notre étude s'intéresse à l'évolution des connaissances des élèves durant une séquence d'enseignement sur les gaz. Afin de bien cerner cette évolution, nous avons décidé de traiter cette question en utilisant des approches se situant à des niveaux différents. Il s'agit d'une part de faire une étude

«

globale

» sur un grand nombre d'élèves provenant de classes différentes et d'autre part d'étudier

«

finement

» un nombre restreint d'élèves appartenant à la même classe.

Ces deux niveaux d'étude s'intéressent aux idées des élèves **avant** et **après** la séquence d'enseignement sur les gaz. Seule l'étude

«

fine

» permet de suivre l'évolution des idées **pendant** l'enseignement.

Cette étude à des niveaux différents devrait nous permettre de situer l'évolution des élèves suivis finement par rapport aux autres élèves de leur classe et aussi par rapport à ceux des autres classes.

Nos hypothèses d'apprentissages supposent que l'évolution des connaissances à long terme dépend de microchangements intervenus à courts termes. Pour décrire ces microchangements en termes d'idées, il est nécessaire de faire une étude de cas, qui englobe la totalité de la séquence d'enseignement sur les gaz.

Méthodologiquement, ces études de cas de longue durée peuvent être envisagées de plusieurs façons (Niedderer, Goldberg & Duit 1991) :

Nous avons choisi de recueillir nos données en continue durant l'enseignement, ce qui nous rapproche des travaux antérieurs menés, par Tiberghien (1980) sur le concept de chaleur et de température, Séré (1980) sur l'air et les gaz, Fischer & Aufschnaiter (1991) en électrostatique et Buty (2000) sur l'optique géométrique.

À partir du moment où l'on se fixe comme objectif l'étude de l'évolution des idées des élèves en relation avec les différents éléments des situations de l'enseignement, il apparaît indispensable que ce travail se déroule dans une classe réelle.

De plus, nous avons fait le choix méthodologique, que l'observateur n'intervienne pas durant le déroulement de la séquence d'enseignement et qu'il se fasse le plus discret possible, afin d'essayer de ne pas perturber la classe. Nous avons parfaitement conscience que la présence d'un observateur et de plusieurs caméras, modifie le fonctionnement habituel de la classe. Cependant, nous pensons que cette perturbation n'est pas très importante et que l'écart entre le fonctionnement

«

habituel

» de la classe et le fonctionnement avec un observateur reste relativement faible.

La construction d'une séquence d'enseignement sur les gaz nous est apparue comme indispensable dans le cadre de notre étude. Cette condition a pu être réalisée grâce à un projet de recherche et développement, dans lequel enseignants et chercheurs ont travaillé ensemble pour concevoir cette séquence. Notre étude s'est faite en collaboration avec les participants de ce projet.

L'élaboration de cette séquence est en accord avec les hypothèses d'apprentissage que nous adoptons sur le rôle de la modélisation et des registres sémiotiques. Elle conduit à l'utilisation par les élèves d'un ou plusieurs modèles durant l'enseignement, ainsi que l'emploi dans les énoncés de la séquence d'enseignement de différents registres sémiotiques représentant les concepts.

En deuxième lieu, cette élaboration a bénéficié de l'apport des précédents travaux en didactique sur les conceptions des élèves (voir cadre théorique), ainsi que sur les séquences élaborées dans le cadre d'un enseignement sur les gaz (particulièrement les travaux de Chomat, Larcher & Méheut (1988) et Méheut (1996)).

En dernier lieu, outre le fait de tenir compte des précédents travaux en didactique, la progression a tenu compte des différents aspects du concept de pression. Au cours de cette progression, les contraintes du programme ont dû être respectées, afin de s'inscrire dans le cadre d'une classe réelle. Ceci a conduit à introduire toute une gamme de limitations qui seront traitées ultérieurement dans le chapitre suivant sur la séquence d'enseignement sur les gaz.

Nous pensons que l'essentiel des résultats d'une étude comparative entre des enseignements réside dans le choix des situations utilisées pour effectuer cette comparaison et donc que certaines situations avantageront certains types d'enseignement. Ceci nous conduit à nous interroger sur le rôle des situations proposées sur les résultats obtenus. Plutôt que de nous lancer dans cette entreprise délicate, nous partons du principe que des enseignements différents jouent des rôles différents sur l'apprentissage des élèves. C'est pourquoi, nous choisissons de partir du principe qu'il est plus pertinent d'essayer d'identifier le rôle que joue l'enseignement plutôt que de comparer l'efficacité de deux enseignements produisant des effets différents.

Afin de pouvoir mener une étude

«

globale

» sur un nombre important d'élèves, nous avons décidé d'utiliser un questionnaire écrit, comportant des situations de la vie quotidienne, demandant soit des explications soit de faire des schémas.

Notre étude

«

fine

» sur un nombre restreint d'élèves fait appel à plusieurs types de données, afin de multiplier les informations récoltées sur chacun des élèves. Pour affiner les informations récoltées à partir du questionnaire, nous avons décidé d'utiliser un entretien filmé, comportant des situations expérimentales, demandant aux élèves de faire des prédictions, de manipuler, puis de donner des explications. Pour compléter ces données nous avons décidé de filmer les élèves et de récolter leurs productions écrites durant l'enseignement sur les gaz.

Ayant abandonné l'idée de faire une étude comparative, nous avons fait passer le questionnaire à uniquement dans des classes ayant suivi notre enseignement sur les gaz. Afin de minimiser les écarts entre l'enseignement dans ces classes, nous avons décidé de n'étudier que les classes dont les enseignants ont participé à l'élaboration de la séquence. Le détail de ces classes sera donné lors de l'analyse des questionnaires.

L'étude

«

fine

» des élèves durant l'enseignement nécessite qu'ils participent au cours et discutent entre eux. Nous avons choisi les élèves sur cette base en concertation avec l'enseignante. De plus, pour avoir un aperçu de la classe, nous avons sélectionné un groupe de bons élèves, deux groupes d'élèves moyens et un groupe d'élèves faibles du point de vue de l'enseignante.

Nous avons fait passer un questionnaire de trente minutes, dans trois classes de seconde. En tout, nous avons interrogé **95** élèves avant l'enseignement et **86** élèves après. La différence du nombre d'élèves provient de l'absence de certains élèves. Le questionnaire s'est déroulé de manière anonyme de façon à ce que les élèves répondent le plus librement possible. Cependant, nous avons attribué un numéro à chacun des élèves, afin de pouvoir suivre précisément leur évolution. Nous avons précisé aux élèves que le questionnaire ne serait pas noté et que toutes leurs justifications étaient importantes pour nous.

Nous avons fait passer un entretien filmé de trente minutes à **8** élèves de la même classe, avant et après l'enseignement sur les gaz. Durant cet entretien, les élèves sont amenés à prédire ce qui va se passer, à manipuler des objets provenant du quotidien et à donner des explications. Parmi l'ensemble des situations proposées dans l'entretien, nous avons choisi volontairement que certaines d'entre elles soient très proches des

situations proposées par le questionnaire. Ce choix nous permet de tester si les élèves répondent de la même façon dans des situations proches. Durant l'entretien, nous avons utilisé des situations issues du quotidien, ou qui du moins utilisent des objets du quotidien, afin de ne pas favoriser les réponses utilisant des connaissances physiques. Comme pour le questionnaire, nous avons précisé aux élèves que toutes leurs justifications nous intéressaient et qu'ils n'hésitent pas à dire tout ce qui leur passe par la tête. Pour limiter l'influence de l'intervieweur sur les réponses des élèves, nous avons fait le choix d'essayer, autant que possible, de réutiliser les mots des élèves, ainsi que dans certains cas de leur faire définir les mots qu'ils utilisent, afin de pouvoir les utiliser avec la même signification qu'eux.

Nous avons filmé et recueilli les productions écrites des huit élèves, ayant passé l'entretien, durant la totalité de l'enseignement sur les gaz. Rappelons que les élèves travaillent en groupe de deux pendant les TP et en groupe de 4 durant les cours (figure 3.1).

Figure 3.1 : Disposition des caméras dans la classe (rond blanc=élève, rond noir=professeur, rond gris=observateur).

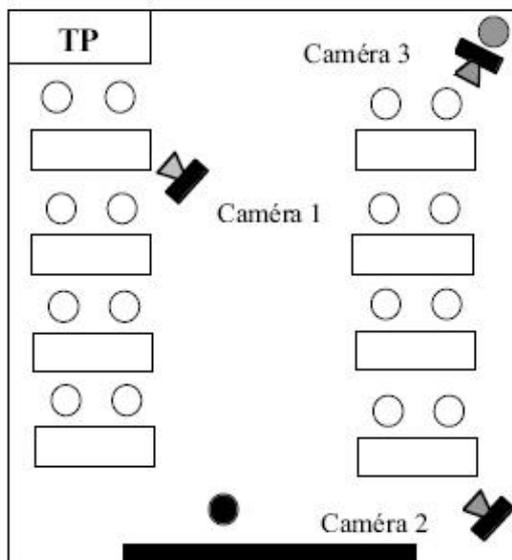


Schéma 1 : caméras durant un TP

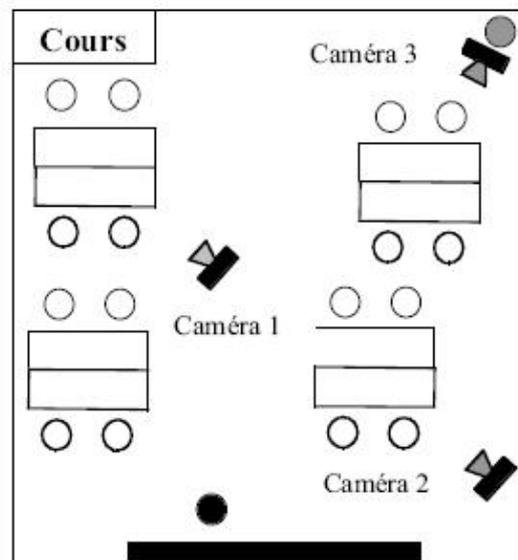


Schéma 2 : caméras durant un cours

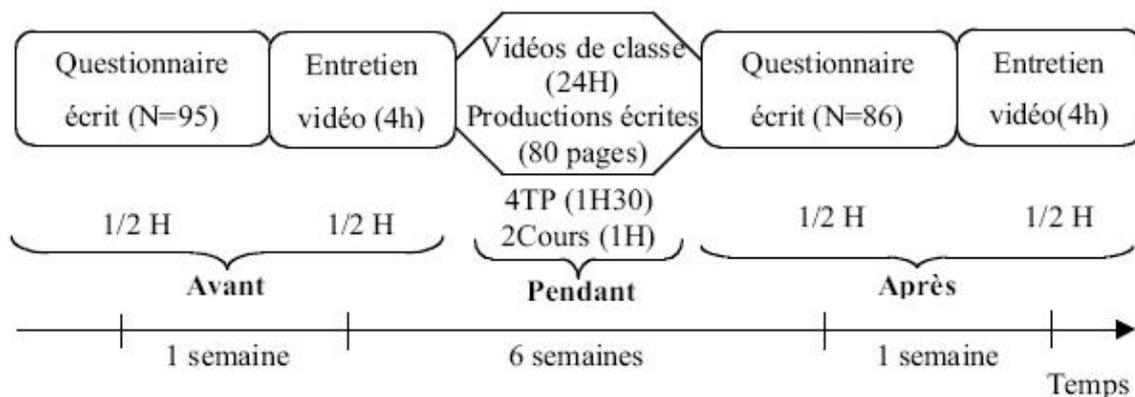
Nous avons choisi de filmer les élèves en plan fixe (c'est-à-dire sans mouvement de la caméra), ce qui évite qu'une personne reste derrière la caméra, permettant que les élèves oublient plus facilement qu'ils sont filmés. En complément, nous avons filmé l'enseignante, afin d'avoir des informations sur le déroulement du cours dans la classe (figure 3.2).

Figure 3.1: Exemple de vidéo de deux élèves en classe (l'observateur est derrière en train de filmer l'enseignante)



En tout, nous avons recueilli environ 180 questionnaires, 8 heures de vidéos d'entretiens, 28 heures de vidéos d'élèves en classe et 80 pages des feuilles de TP. La figure 3.3 présente ces données en fonction du temps.

Figure 3.3 : Quantité de données recueillies avec leurs durées spécifiques (en heures) ainsi que l'intervalle de temps entre chaque prise de données (en semaines).



L'enseignement sur les gaz était prévu à initialement pour une durée de trois semaines. Cependant, la classe que nous avons suivie a alterné toutes les semaines les cours de physique avec ceux de chimie, c'est pourquoi la séquence d'enseignement s'est déroulée sur une période de six semaines. De plus, le déroulement de cette séquence a été le suivant : TP1, TP2, cours 1, cours 2, TP3, TP4.

À la fin de notre expérimentation, nous nous sommes fait voler un sac contenant entre autres les vidéos de classe du cours 3 et les entretiens finaux. Notre expérimentation s'étant déroulée à la fin de l'année scolaire, il nous a fallu attendre la rentrée pour recontacter les élèves. Certains avaient changé de lycée, mais nous avons quand même réussi à refaire passer l'entretien final à cinq d'entre eux. Entre temps, un délai de 5 mois s'est

écoulé entre le questionnaire final et ce nouvel entretien.

À la suite de cette première expérimentation, nous avons modifié la séquence d'enseignement en tenant compte d'un certain nombre d'éléments observés au cours d'une analyse partielle de nos données. Nous avons ensuite mené une seconde expérimentation sur cette nouvelle séquence. Cette fois-ci, nous avons suivi quatre classes (environ 200 questionnaires avant/après) et étudié finement huit élèves (8 heures de vidéos d'entretien avant/après, 24 heures de vidéos de classe et 80 pages de productions écrites).

Nous avons accumulé une masse importante de données au cours des deux expérimentations. La totalité de ces données ont été regardées, cependant il nous est impossible pour des raisons de temps de traiter ce corpus dans sa globalité. C'est pourquoi, nous avons décidé de nous centrer sur la première expérimentation en analysant la totalité des questionnaires des trois classes, ainsi que les données recueillies sur deux élèves (que nous nommerons Anne et Ellen). Du fait du vol d'une partie de nos données, il nous manque la vidéo de classe du TP3, ainsi que l'entretien final d'Ellen. Parmi les quatre groupes que nous avons filmés, nous avons choisi d'analyser Anne et Ellen, car c'est le groupe qui a le plus participé à la séquence d'enseignement. De plus, l'enseignante considère que ces deux élèves sont de niveau moyen, ce qui les rend représentative d'une partie des élèves de la classe.

Le grain d'analyse des idées étant trop fin pour pouvoir traiter un grand nombre de questionnaires, nous avons fait le choix de ne pas les utiliser dans le cadre de l'étude

«

globale

». Concrètement, pour traiter les questionnaires des élèves des trois classes, nous avons mis au point une grille d'analyse, regroupant différentes catégories de réponse définies *a priori* pour chaque question. Ces catégories ont été enrichies par l'analyse *a posteriori*. Pour bâtir ces catégories, nous nous sommes basés sur des travaux sur les conceptions des élèves sur les gaz (voir cadre théorique) tout en essayant de définir pour chaque catégorie des critères lexicaux. Par exemple, pour catégoriser les réponses se situant au niveau microscopique, nous avons choisi de prendre comme critère lexical, les mots molécule, particule et atome. Nous donnons le détail de nos catégories dans la partie

«

analyse de l'évolution des élèves sur plusieurs classes

»

Tous les questionnaires ont été analysés une première fois, nous avons en suite refait la même analyse à partir de nos catégories. Nous avons retrouvé les mêmes résultats à environ 4 % près, pour la quasi-totalité des questions. Les résultats des questions qui ont été retrouvés avec une marge supérieure à 10 % ne sont pas

présentés dans cette recherche.

La catégorisation des réponses des élèves des trois classes, nous a permis dans un premier temps, de situer brièvement l'évolution de la classe suivie finement par rapport aux deux autres classes. Puis dans un second temps de situer l'évolution d'Anne et d'Ellen par rapport aux autres élèves de leur classe. Le détail de ces comparaisons sera donné dans la partie

«

analyse de l'évolution des élèves sur plusieurs classes

».

Le traitement des données de l'étude

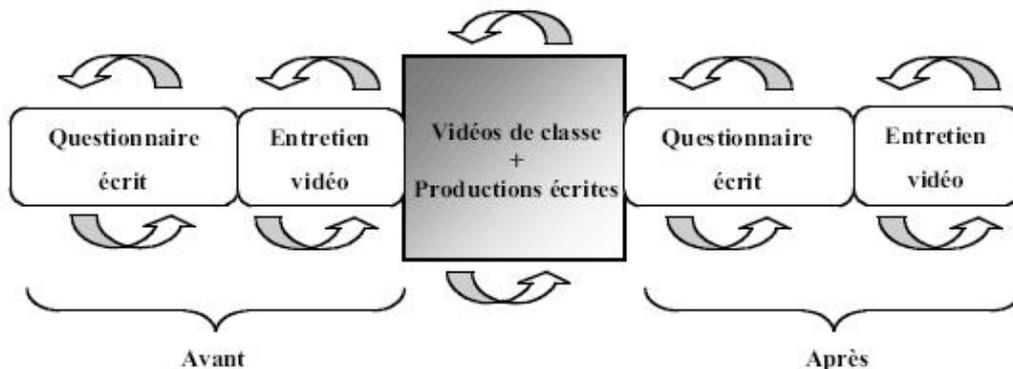
«

fine

» se base sur le modèle des idées pour suivre l'évolution des idées. Cette partie propose de justifier nos choix concernant le traitement des différentes données que nous avons recueillies.

Nous avons fait le choix méthodologique d'analyser dans un premier temps chaque donnée de manière indépendante. Pour cela nous reconstruisons les idées de chaque élève pour chacune des données suivantes : questionnaire avant, entretien avant, vidéos de classe pendant, questionnaire après, entretien après (figure 3.4). Au cours de cette reconstruction, nous essayons d'explicitier au maximum nos critères, afin que cette analyse puisse être reproduite par un autre chercheur.

Figure 3.4 : Analyses indépendantes de chacune des données



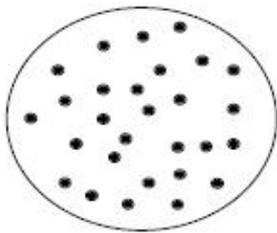
Une fois la reconstruction des idées terminée, nous comparons dans un second temps, les idées entre elles, afin de voir si on retrouve les mêmes à travers nos différentes données. Cette comparaison permet de tester la stabilité des idées dans le temps, car chaque donnée a été prise à des instants différents, mais aussi de tester la stabilité des idées à travers les différentes situations mises en jeu.

Nous proposons de décrire rapidement comment les idées sont reconstruites à partir du questionnaire, puis de l'entretien filmé. À la suite de cette reconstruction, nous illustrons comment la comparaison de ces idées permet de suivre leur évolution, ainsi que de faire des hypothèses sur les situations de l'enseignement qui sont responsables de cette évolution.

Le questionnaire demande aux élèves de répondre soit en donnant des explications écrites en langue naturelle, soit en représentant les gaz sur des dessins. Nous reconstruisons les idées des élèves à partir de ces deux types de réponses en explicitant les critères que nous avons sélectionnés, de manière à ce qu'une autre personne puisse reproduire notre analyse.

Il est très fréquent qu'une réponse permette de reconstruire plusieurs idées. Par exemple, la figure 3.5, représentant un ballon rempli d'air, nous permet de reconstruire l'idée 1 *l'air est composé de molécules* et l'idée 2 *les molécules se répartissent partout* (par convention nous notons les idées en italique).

Figure 3.5 : Dessin d'un ballon rempli d'air



La première idée ne peut pas être reconstruite directement à partir de ce dessin. En effet, il est nécessaire de s'appuyer sur l'énoncé de la question, qui précise que c'est de l'air qu'il faut représenter. Lorsque nous avons besoin d'un élément de l'énoncé, pour reconstruire une idée, nous le signalons. Nous reconstruisons chaque idée en signalant la ou les situations qui lui sont associées. L'ensemble des situations dans lesquelles une idée apparaît représente le domaine d'application de cette idée, nous le signalons en donnant le nom abrégé des situations entre parenthèses : *molécules se répartissent partout* (ballon de foot, pompe à vélo). Ceci signifie que l'idée les molécules se répartissent partout a été utilisée dans les situations du ballon de football et de la pompe à vélo.

Dans le cas d'une explication écrite, nous procédons de la même façon. Par exemple, pour la phrase d'élève «

les molécules vont agir sur les paroi de la pompe à vélo parce qu'elles sont concentrée sur les parois

» (par convention nous notons les productions d'élèves en italique et entre guillemets, sans corriger l'orthographe), nous reconstruisons les idées : (1) *les molécules agissent sur les parois* et (2) *les molécules sont concentrées sur les parois*. Le terme

«

parce que

» relie ces deux idées par un lien de causalité simple. En effet, les molécules agissent (effet) parce qu'elles sont concentrées (cause). Nous notons ces deux idées reliées par le lien de causalité simple : *les molécules sont concentrées sur les parois les molécules agissent sur les parois* (le signifie lien de causalité simple). Nous présenterons plus en détail la reconstruction des idées dans le chapitre 6.

Toutes nos données vidéos ont été numérisées, afin de pouvoir les traiter par le biais de l'informatique. Nous faisons le choix méthodologique de reconstruire les idées des élèves directement à partir de la vidéo numérisée. C'est pourquoi, nous proposons d'explicitier les critères que nous utilisons pour faire cette reconstruction.

La reconstruction des idées se base essentiellement sur le discours oral des élèves. Comme le signale Kerbrat-Orecchioni (1996, p. 27),

«

la communication orale est multicanale et plurisémiotique : Nous parlons avec nos organes vocaux, mais c'est avec tout le corps que nous conversons

». L'étude de la communication non-verbale prend en compte différents éléments passant par le canal visuel : les regards, les mimiques, la posture, les gestes... (Cosnier & Brossard 1984). Dans notre cas, nous faisons le choix de nous limiter aux gestes des bras. Parmi les différents types de gestes : déictiques, iconiques, métaphoriques, battements... (Scherer 1984, McNeil 1992), nous faisons le choix de nous centrer sur les gestes iconiques (qui décrivent les objets matériels) et métaphoriques (qui décrivent des objets conceptuels, comme par exemple le temps). Ce choix a été guidé par les travaux de Roth (1999), qui montre l'importance de ces gestes dans la conceptualisation des élèves.

Cependant, comme nous l'avons présenté dans notre cadre théorique, le discours ne permet pas d'avoir accès directement à la pensée des élèves, car il est conditionné par le contexte et les pratiques discursives (Edwards 1993). Pour pouvoir reconstruire adéquatement les idées à partir des productions (verbales et gestuelles) d'un élève, il faudrait théoriquement que nous disposions de l'ensemble des éléments contextuels qu'utilise cet élève. Cette situation idéale n'est évidemment jamais réalisée, et l'entreprise de reconstitution du contexte

«

total

» est toujours désespérée. C'est pourquoi, nous utilisons la notion de **contexte pertinent** (Kerbrat-Orecchioni 1996, P. 21), qui consiste à sélectionner parmi les différents éléments contextuels, ceux qui nous semblent pertinents pour analyser le sens des productions des élèves. Nous utilisons cette notion uniquement comme un outil méthodologique servant à analyser les productions des élèves. Pour notre étude, le contexte pertinent se compose des éléments suivants : le temps, les énoncés des questions de l'entretien, et les actions de l'élève, lorsqu'ils manipulent les objets des situations proposées par l'entretien (nous désignons ce type d'actions par le terme

«

gestes manipulateurs

»).

Concrètement, lorsqu'une idée apparaît sur un extrait de la vidéo, nous faisons la transcription des productions (verbales, non-verbales et de ses gestes manipulatoires) sur la totalité de la question (Tableau 3.1). Pour rendre plus explicite notre méthode, nous avons essayé de déterminer une liste de mots (air, gaz, molécule, pression, presser...) qui permette de justifier les questions que nous retranscrivons (nous donnons la totalité de cette liste dans le chapitre 6).

Tableau 3.1 : Transcription des productions d'un élève (les gestes sont mis entre parenthèses dans la transcription, A représente l'élève et D l'intervieweur).

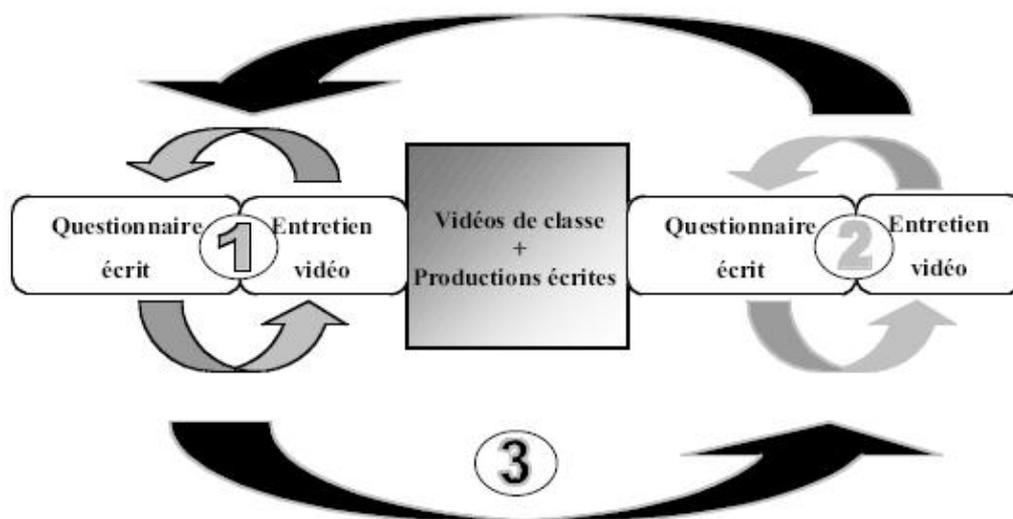
Temps	Question 6.1.- Peux-tu attraper de l'air avec une bouteille ? explique comment ?
13m10s	A : là dedans (<i>A montre la bouteille</i>) D : ouais A : en faisant comme ça (<i>A bouche la bouteille</i>) D : d'accord et alors comment tu peux être sûr qu'il y a de l'air dedans ? A : ben parc'que forcément il y a de l'air qui rentre (<i>A pointe avec son doigt vers l'intérieur de la bouteille</i>) / y'en a tout le temps dedans / donc dès que j'bouche y'en aura encore (<i>A bouche la bouteille</i>)

l'air est présent dans la bouteille

Pour reconstruire, l'idée *l'air est présent dans la bouteille*, nous avons utilisé les mots qui sont en gras dans le texte, ces mots représentent une unité de sens (voir cadre théorique partie reconstruction des idées). Les idées sont reconstruites en se basant sur les plus petites unités de sens définies à partir des productions des élèves. Les unités de sens dépendent du contexte, que nous définissons à partir l'ensemble des éléments de la situation que nous estimons pertinents pour comprendre les productions des élèves.

Après avoir reconstruit de manière indépendante les idées issues du questionnaire (passé avant puis après l'enseignement) et de l'entretien (passé avant puis après l'enseignement), nous effectuons, dans un premier temps, une comparaison entre les idées du questionnaire et de l'entretien passé avant l'enseignement (étape 1 de la figure 3.6). Le but de cette comparaison est de voir si les élèves utilisent les mêmes idées pour traiter les situations.

Figure 3.6 : étapes de la comparaison des idées issues de l'entretien et du questionnaire



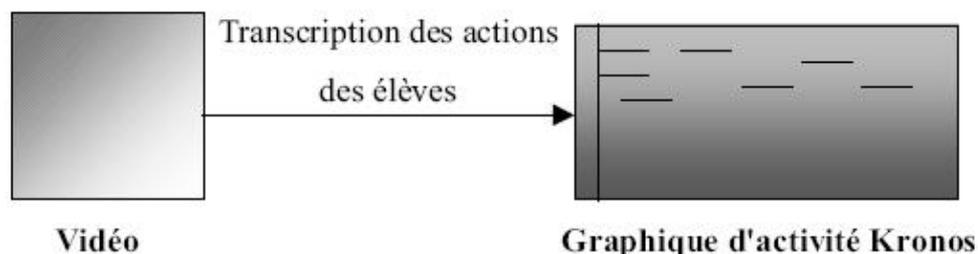
Dans cette première comparaison, deux paramètres nous semblent importants, (1) le temps qui s'est écoulé entre le recueil du questionnaire et de l'entretien, et (2) le fait que les conditions de passages de ces deux types de données sont différentes. L'intervalle de temps entre le recueil du questionnaire et de l'entretien est relativement court (de l'ordre d'une semaine), c'est pourquoi, nous pensons que ce sont plutôt les conditions de passages différentes qui vont jouer un rôle pour tester la stabilité des idées. Dans un deuxième temps, nous comparons les idées issues des données recueillies après l'enseignement dans les entretiens et les questionnaires (étape 2 de la figure 3.6). Cette deuxième comparaison nous permet d'établir les idées qui sont stables après l'enseignement. Dans un troisième temps, nous comparons les idées avant l'enseignement avec celles après l'enseignement, afin de voir si elles ont évolué à la suite de l'enseignement (étape 3 de la figure 3.6). La séquence d'enseignement a duré 6 semaines, donc c'est surtout la stabilité dans le temps qui est testée dans cette comparaison entre les idées.

Pour reconstruire les idées d'un élève durant la séquence d'enseignement sur les gaz, nous procédons de la même manière que pour l'entretien, c'est-à-dire que nous nous basons sur les productions verbales, non-verbales et gestuelles de l'élève en contexte. Cependant, les éléments pertinents sélectionnés pour rendre compte du contexte sont différents et nous choisissons de définir le contexte par :

L'analyse de la vidéo nécessite de reconstruire dans un premier temps l'activité des élèves, pour pouvoir dans un second temps reconstruire leurs idées en tenant compte du contexte. Nous présentons les étapes de traitement de la vidéo que nous effectuons, pour pouvoir reconstruire les idées des élèves pendant la séquence d'enseignement.

Nous reconstruisons l'activité de l'élève à l'aide du logiciel Kronos (Kerguelen 2001). Ce logiciel permet d'effectuer un codage en temps réel de la vidéo des événements observables, en marquant leur durée.

Figure 3.7 : Reconstruction de l'activité de l'élève à l'aide du logiciel Kronos



À partir de ce logiciel, nous avons codé en fonction du temps, les questions que l'élève est en train de traiter. Pour réaliser ce codage, nous avons utilisé les observables suivantes :

En nous inspirant de la méthodologie développée par Jeannin (2001), nous avons codé les actions des élèves et de l'enseignante durant le déroulement de la séquence :

Une fois ce codage réalisé nous obtenons un graphique donnant la durée des actions des élèves, ainsi que les questions qu'ils traitent. Nous donnons un exemple d'un graphique donnant l'activité de deux élèves durant le premier TP de la séquence d'enseignement (voir le graphique Kronos intitulé

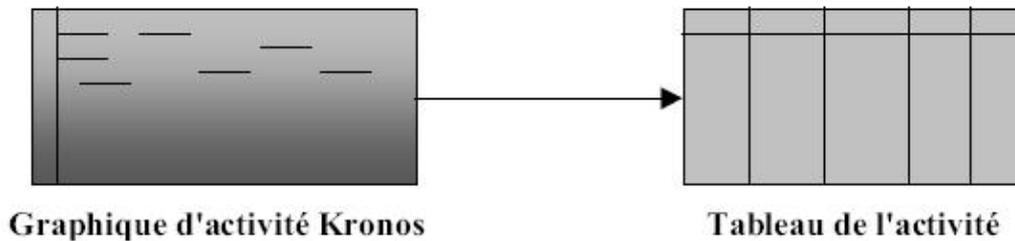
«

graphique d'activité du TP1

» dans l'annexe de l'analyse fine pendant).

La seconde étape consiste à changer le format des informations contenues dans Kronos (figure 3.8).

Figure 3.8 : Changement des informations contenues dans Kronos



Les informations contenues dans Kronos sont ensuite présentées sous forme d'un tableau présentant : le temps, les questions traitées par les deux élèves, ainsi que leurs actions (Tableau 3.2).

Tableau 3.3 : Tableau d'activité avec la description des actions

Temps	Question	Description
00:13:20:00	P1 A1 Q3 macro	A lit la consigne sur sa feuille de TP
00:13:22:24		A & E parlent de ce qui change au niveau macroscopique A manipule la seringue
00:13:51:00	P1 A1 Q3 micro	A & E parlent de ce qui change au niveau microscopique
00:14:56:00	P1 A1 Q3 macro	A & E parlent de ce qui ne change pas au niveau microscopique
00:15:17:04		

A & E parlent de ce qui a changé au niveau
macroscopique
E manipule la seringue

Chaque fois que les élèves lisent l'énoncé d'une question pour la première fois, nous la plaçons dans le tableau d'activité. Une fois que les énoncés sont ajoutés, le tableau d'activité contient les éléments de notre contexte pertinent (Tableau 3.4)

Tableau 3.4 :Tableau d'activité avec les questions.

Temps	Question	Description
00:13:20:00	P1 A1 Q3 macro	A lit la consigne sur sa feuille de TP
		Question 3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer ce qui a changé pour l'air
00:13:22:00	P1 A1 Q3 macro	A & E parlent de ce qui a changé au niveau macroscopique A manipule la seringue

Ce tableau définit le contexte que nous estimons pertinent pour pouvoir comprendre les productions des élèves. Dès qu'un élément du contexte change (question, personne qui discute, actions), nous ajoutons une nouvelle ligne dans notre tableau d'activité. Dans ce tableau, le contexte est donné par les éléments suivants en fonction du temps : l'énoncé des questions, les personnes qui sont en train de discuter (dans le tableau les élèves A et E), ainsi que les actions qu'ils effectuent (l'élève A manipule la seringue).

Dès que les élèves parlent à propos des gaz, nous faisons une transcription de leurs productions verbales, non-verbales, ainsi que de leurs gestes manipulateurs. Cette transcription est délimitée par le contexte, c'est-à-dire que nous retranscrivons toutes les productions des élèves se déroulant dans le même contexte. Dès qu'un élément du contexte change (changement de la question traitée, changement d'un des interlocuteurs, changement d'une action (par exemple passer de lire à manipuler), cela délimite la fin de l'extrait retranscrit. Pour rendre plus explicite le choix des extraits que nous retranscrivons, nous avons établi une liste de mots à partir d'une analyse a priori que nous avons enrichie après une analyse a posteriori :

De plus, nous essayons de reconstruire dans le temps ce que les élèves écrivent sur leurs feuilles durant l'enseignement. Pour cela, nous nous basons sur les productions écrites que nous avons recueillies, ainsi que sur la vidéo (notamment les moments où les élèves rédigent). Nous mettons leurs productions écrites dans nos tableaux d'activités.

Voici un exemple des productions des élèves avec le contexte (tableau 3.5)

Tableau 3.5 : Productions des élèves A et E en contexte (les gestes sont mis entre parenthèses).

Temps	Question	Description	Transcription
00:13:20:00	P1 A1 Q3 macro	A lit A lit la consigne sur sa feuille de TP E é	

Question 3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer ce qui a changé pour l'air

00:16:22:00	P1 A1 Q3 macro	A & E parlent de ce qui a changé au niveau macroscopique A manipule la seringue	[...] E : on peut pas dire qu'il y a une pression A : si (1s) c'qui a changé E : c'qui a changé A : oui, y'a une pression, oui, quand on appuie (<i>A bouche la seringue et appuie sur le piston</i>) on peut dire quand on appuie y'a une pression, qui fait qu'on peut pas arriver jusqu'au bout en fait/ on peut dire qu'on sent une pression de l'air
00:16:39:08		A & E rédigent leurs réponses	

Réponses écrites :

A : “3. au niveau macroscopique, ce qui a changé : on a appuyé sur le piston et quand on appuie sur le piston, on remarque une pression de l’air”

E: “3) Au niveau macroscopique, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

-on sent une pression de l’air”

Une fois que nous avons les productions des élèves avec le contexte, nous sélectionnons les unités de sens permettant de reconstruire les idées (Tableau 3.6).

Tableau 3.6 : Sélections des unités de sens (en gras dans le texte) pour reconstruire les idées

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:13:20:00	P1 A1 Q3 macro	A lit A lit la consigne sur sa feuille de TP E é		
Question 3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer ce qui a changé pour l'air				
00:16:22:00	P1 A1 Q3 macro	A & E parlent de ce qui a changé au niveau macroscopique A manipule la seringue	[...] E : on peut pas dire qu'il y a une pression A : si (1s) c'qui a changé E : c'qui a changé A : oui, y'a une pression, oui, quand on appuie (<i>A bouche la seringue et appuie sur le piston</i>) on peut dire quand on appuie y'a une pression, qui fait qu'on peut pas arriver jusqu'au bout en fait/ on peut dire qu'on sent une pression de l'air	<i>A appuie air agit</i>
00:16:39:08		A & E rédigent leurs réponses		

Réponses écrites :

A : “3. au niveau macroscopique, ce qui a changé : on a appuyé sur le piston et **quand on appuie sur le piston, on remarque une pression de l’air**”

E: “3) Au niveau macroscopique, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

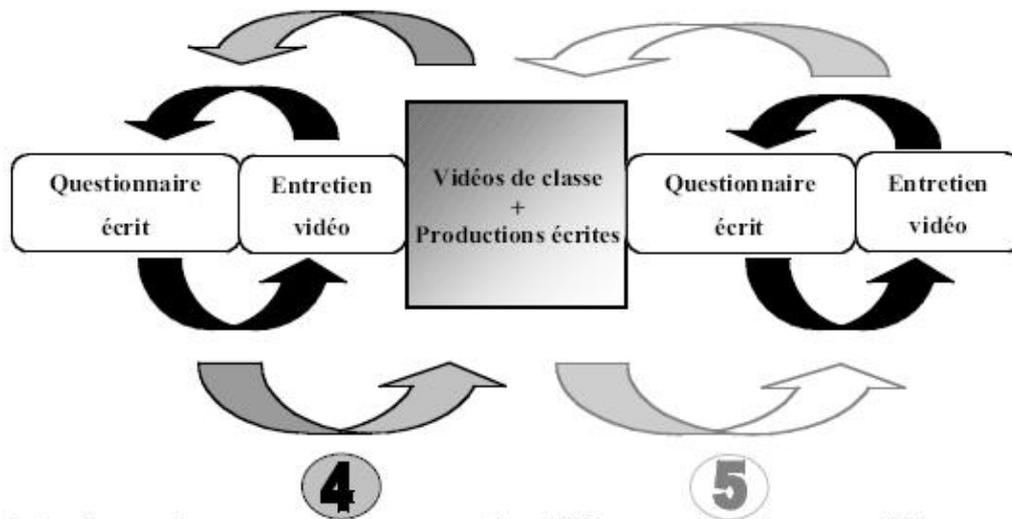
-on sent une pression de l’air”

À partir de ce que dit l'élève A, nous reconstruisons l'idée que l'air agit lorsque l'on pousse sur le piston d'une seringue fermée (noté *appuieair agit*). Nous reconstruisons la même idée à partir de sa réponse écrite, les parties mises en gras représentent les unités de sens. Ce tableau est juste un exemple pour illustrer les unités de sens, nous ferons une analyse beaucoup plus détaillée, lorsque nous présenterons nos résultats (chapitre 6 et 7).

La reconstruction des idées des élèves sur la totalité de la séquence d'enseignement nous permet de suivre leur évolution. Chaque fois qu'une idée évolue au sens où nous l'avons défini dans notre cadre théorique (voir la partie type d'évolution des idées), nous essayons d'identifier le ou les élément(s) du milieu responsable(s) de cette évolution. Nous dressons ensuite une liste précisant le type d'évolution observé et les éléments susceptibles d'avoir joué un rôle. Nous comparons ensuite cette liste avec l'analyse a priori de la séquence. Cette comparaison permet de voir le rôle de la séquence sur l'évolution des idées des élèves.

Une fois que nous avons reconstruit les idées de l'élève durant la séquence d'enseignement, nous utilisons deux comparaisons différentes (figure 3.7).

Figure 3.7 : étapes des comparaisons entre les différentes données recueillies



La première comparaison permet d'étudier le rôle des connaissances initiales, dans le fait que les idées évoluent ou n'évoluent pas au cours de la séquence. La seconde comparaison permet de tester si l'évolution des idées observée pendant la séquence d'enseignement se retrouve après l'enseignement ou non.

Dans cette partie, nous avons décrit la méthodologie que nous avons mise en place, afin de répondre à nos questions de recherches. Nous avons notamment justifié nos choix concernant l'expérimentation retenue, la façon dont nous avons recueilli nos données, ainsi que les traitements que nous avons utilisés.

Chapitre 4. Analyse des connaissances préalables des élèves et de la séquence d'enseignement sur les gaz

Ce chapitre propose de présenter une analyse a priori des élèves de Seconde puis de la séquence d'enseignement afin de mieux appréhender le rôle de cette séquence sur l'apprentissage des élèves.

Cette partie propose de faire une analyse des connaissances préalables des élèves en fonction du savoir mis en jeu par le programme de Seconde de 1999. Cette analyse se base d'une part sur une étude lexicologique de certains mots que les élèves auront à utiliser et d'autre part sur les travaux sur les conceptions que nous avons déjà présentées dans notre cadre théorique.

Le programme de Seconde demande aux élèves d'utiliser un vocabulaire spécifique de la physique pour décrire les gaz. Cependant, plusieurs travaux (Collet 2000, Küçüközer 2000) montrent que certaines difficultés des élèves proviennent de l'utilisation de mots de la physique auxquels ils donnent un sens proche du quotidien. À partir de ces travaux, nous supposons que la plupart du temps les élèves donnent aux mots des significations issues du quotidien. C'est pourquoi, nous proposons d'étudier les différentes significations de certains mots employés par le programme de Seconde : en physique et dans le quotidien. Auparavant, nous tenons à préciser la distinction que nous adoptons entre le sens et la signification. Pour cela, nous nous appuyons sur la définition de Paulhan, cité ici par Vygotski :

«

le

sens

, comme il l'a montré, représente l'ensemble de tous les faits psychologiques que ce mot fait apparaître dans notre conscience. Le sens d'un mot est ainsi une formation toujours dynamique, fluctuante, complexe, qui comporte plusieurs zones de stabilité différente. La

signification

n'est qu'une des zones du sens que le mot acquiert dans un certain contexte verbal, mais c'est la zone la plus stable, la plus unifiée, et la plus précise.

» (Vygotski 1997, p.480). Ceci pourrait se résumer par le fait que la signification est contenue dans le mot alors que le sens dépend de ce que l'interlocuteur cherche à dire (Fénoglio 1996). Dans le but de connaître les différents sens que les élèves peuvent donner à certains mots de l'enseignement sur les gaz, nous avons décidé d'étudier les différentes significations respectivement quotidiennes et scientifiques de ces mots. Pour cela, nous avons fait le choix de prendre appui sur les définitions de plusieurs dictionnaires, notamment le dictionnaire de la langue française, le grand Larousse, le grand Robert et le Trésor de la Langue Française.

Nous avons fait le choix de nous intéresser aux mots possédant plusieurs significations et particulièrement à ceux dont la signification quotidienne diffère de celle de la physique. La **signification** d'un mot peut être définie par le rapport réciproque qui unit le **signifiant** (la manifestation matérielle du mot) avec le **signifié** (le contenu du mot). Notre étude de la signification des mots s'intéresse aux phénomènes de polysémie (plusieurs signifiés associés à un signifiant) et de synonymie (plusieurs signifiants associés à un signifié).

«

La polysémie suppose un mécanisme sémantique extrêmement puissant qui rend un seul et même signe capable de balayer une partie importante de l'expérience humaine, et la synonymie un mécanisme non moins puissant, capable de ventiler une partie importante du lexique et de permettre un choix entre différents signes

.» (Collet 1996, p. 67).

Tout d'abord, nous avons étudié les synonymes du mot gaz : fluide, air, vent, atmosphère, ciel, vapeur, fumée, grisou. Parmi ces différents mots, seul le mot air est aussi utilisé par le programme de Seconde. C'est pourquoi, nous avons décidé de l'étudier dans les rapports qu'il entretient avec le mot gaz. La thèse de Rémi-Giraud (1999) a fait une étude lexicologique très complète du mot air, elle porte sur l'analyse sémantique des homonymes (c'est-à-dire qu'il n'existe aucune unité sémantique entre les signifiés d'un même signifiant) du mot air : (1) un fluide gazeux

«

l'air de la mer, respirer de l'air

», (2) l'apparence générale d'une personne

«

avoir l'air franc

» et (3) un air de musique

«

siffler l'air d'une chanson

». Pour notre étude, nous nous centrons sur l'étude du mot air comme fluide gazeux, en reprenant la plupart des significations courantes proposées par Rémi-Giraud (1999).

Il apparaît une différence importante entre l'utilisation du mot air et du mot gaz dans le quotidien et en science. En effet, en science le mot gaz est plus général que le mot air (l'air est un gaz particulier, au même titre que l'hélium ou l'azote). En lexicologie, un mot qui englobe d'autres est appelé hyperonyme, par exemple : le mot animal (hyperonyme) englobe le mot chien, chat, mouton qui sont ses hyponymes. On peut très bien utiliser un hyponyme à la place de son hyperonyme, sans que le sens ne soit modifié. Par exemple, on peut très bien dire : j'ai été mordu par un chien (hyponyme), cet animal (hyperonyme) est méchant. De même, en physique, le mot gaz peut être utilisé à la place du mot air, cependant, cette utilisation n'est pas possible dans le quotidien. En effet, on dira : je respire de l'air, mais pas je respire du gaz. De même, on ne pourra pas remplacer une phrase comme l'air est frais aujourd'hui, par le gaz est frais aujourd'hui, sans que le

sens de la phrase soit différent. En résumé le mot gaz est un hyperonyme du mot air en science, mais pas dans le quotidien.

À la suite de ce premier résultat, nous présentons les différentes significations issues des dictionnaires des mots air et gaz, d'abord en sciences, puis dans le quotidien.

Nous présentons les définitions du mot gaz décrites dans les catégories physique et chimie des dictionnaires.

Dans le dictionnaire, la définition physique met l'accent sur des propriétés communes des gaz (élastique, expansible, compressible...), alors que celle de la chimie met l'accent sur la composition et les propriétés correspondantes, qui peuvent être différentes selon les gaz (inflammable, détonnant...). Il en résulte une opposition entre la signification physique

les gaz ont des propriétés communes

» et en chimie

«

les gaz ont des propriétés différentes

».

L'air est défini par des propriétés en physique :

«

fluide gazeux, invisible, inodore, pesant, compressible et élastique, qui entoure le globe terrestre et dont la masse forme l'atmosphère

» (Trésor de la Langue Française) et sa composition en chimie :»

Mélange gazeux de composition constante à l'état pur (en volume, 21 % d'oxygène, 78 % d'azote, 1 % d'argon et autres gaz rares), souvent chargé d'impuretés (vapeur d'eau, gaz carbonique, ozone, etc.), inodore, incolore et transparent sous une faible épaisseur

» (Trésor de la Langue Française).

En résumé, dans les dictionnaires les définitions du mot gaz dans la catégorie physique et chimie mettent l'accent sur des aspects différents des gaz.

Les mots air et gaz ayant des significations différentes dans l'usage quotidien, nous proposons de présenter d'abord celles du mot gaz et ensuite celles du mot air.

Les définitions quotidiennes du mot gaz peuvent être regroupées selon deux significations :

Il apparaît que la plupart des définitions du mot gaz dans le quotidien mettent en jeu des propriétés chimiques (réactions, composition chimique).

À travers les définitions quotidiennes du mot air, nous faisons une première distinction entre (1) l'air utilisé par l'homme (air brûlé, air comprimé ...) et (2) l'air que nous qualifions de

«

libre

» (le bon air, air pur, donner de l'air ...).

À l'intérieur, de la signification

«

air-milieu

», Rémi-Giraud (1999) distingue les significations

«

air en mouvement

» et

«

air extérieur

». La signification de

«

l'air en mouvement

» rejoint celle du mot vent, dont nous retiendrons essentiellement deux propriétés :

La signification

«

air extérieur

» se retrouve à travers les expressions

«

à l'air, prendre l'air, en plein air, ou encore les sports de plein air

». Il semble qu'il y a une opposition entre l'air qui est à l'extérieur et l'air à l'intérieur. Cependant, cette opposition ne nous permet pas d'attribuer de propriété spécifique à l'air.

Pour conclure sur les mots air et gaz, il apparaît que la signification du mot gaz dans le quotidien se rapproche de la chimie, alors que les propriétés qui émergent de la définition quotidienne du mot air se rapprochent de la physique : (1) l'immatérialité de l'air, (2) qu'il est léger, (3) qu'il agit lorsqu'il est en mouvement, (4) et que son action se fait dans une direction particulière.

L'étude des synonymes du mot pression souligne un ensemble de mots (poussé, pesé, impulsion, charge ...) qui n'est pas utilisé dans le programme de Seconde. C'est pourquoi, nous proposons d'étudier les différentes significations du mot pression dans le quotidien et en physique.

La définition physique du mot pression dans le Dictionnaire de la langue française indique deux significations différentes :

La signification

«

action de pousser

» est très différente de la signification

«

grandeur mesurable

». Dans le programme de Seconde, la pression est une grandeur macroscopique, qui permet de décrire en partie l'état d'un gaz. C'est pourquoi, sa signification correspond à une

«

grandeur mesurable

».

Le Dictionnaire de la langue française donne deux définitions quotidiennes du mot pression :

Nous retrouvons dans la première définition la signification

«

action de pousser

». La deuxième définition concerne les individus et ne peut pas s'appliquer au gaz. C'est pourquoi, nous ne nous attarderons pas sur sa signification. Lorsque l'on compare les significations du mot pression dans le quotidien et en physique, il apparaît que la signification

«

action de pousser

» est utilisée aussi bien en physique que dans le quotidien. C'est pourquoi, nous faisons la supposition que les élèves utiliseront ce mot avec cette signification. Ceci risque de poser des problèmes lors de l'apprentissage du concept de pression.

Macroscopique est un mot scientifique, deux définitions différentes sont données dans le Dictionnaire de la langue française :

La première définition donne au mot macroscopique la signification de ce qui est

«

visible

», alors que la seconde attribue la signification de ce qui est

«

perceptible par les sens

» Il est intéressant de voir que la première définition, basée sur la vue, est en général suffisante pour décrire la plupart des phénomènes faisant intervenir des objets solides ou liquides. En revanche elle élimine du niveau macroscopique, tous les objets et phénomènes qui ne sont pas visibles, notamment, les gaz qui sont pour la plupart invisibles. La seconde définition englobe la première, puisqu'elle

«

étend

» cette définition à tous les phénomènes perceptibles par les sens (vue, toucher, ouïe ...). Cette seconde définition est proche de la physique. En résumé, il apparaît deux significations du mot macroscopique :

«

ce que l'on voit

» et ce que l'on perçoit avec les sens».

Pour conclure, nous pensons que les élèves vont devoir en partant de la signification quotidienne des mots (gaz, pression, macroscopique) se familiariser avec leurs significations physiques et apprendre à les utiliser convenablement. Ceci nécessite d'apprendre à utiliser le mot gaz comme un hyperonyme du mot air, le mot pression comme une grandeur mesurable et le mot macroscopique comme ce qui est perceptible avec nos sens. De plus, à travers cette analyse des mots, nous avons pu identifier certaines propriétés quotidiennes des gaz et de l'air issues du quotidien.

Les programmes des classes de 5^{ème} et 4^{ème} proposent entre autres de donner une interprétation moléculaire de la compressibilité des gaz, ce qui montre que les élèves ont déjà utilisé les molécules pour interpréter les gaz lorsqu'ils arrivent en classe de Seconde. Cependant, comme le montre notre analyse des conceptions des élèves (voir cadre théorique), les élèves ont des difficultés pour utiliser les molécules dans leurs explications (Novick et Nussbaum 1981, Chomat, Larcher & Méheut 1988, Séré & Moppert 1989). De plus, ils attribuent des propriétés macroscopiques aux entités microscopiques (Novick & Nussbaum 1978, Brook, Briggs & Driver 1984, Gabel, Samuel & Hunn 1987, Séré & Moppert 1989, Méheut & Chomat 1990, Méheut 1994). Comme le demandent les Instructions Officielles de Seconde (B. O. 1999), les élèves vont devoir apprendre à interpréter les gaz au niveau microscopique, ce qui nécessite de construire que les molécules ont des propriétés différentes des propriétés macroscopiques des gaz. Notamment qu'elles sont en mouvement et qu'elles peuvent avoir des chocs avec les objets qu'elles rencontrent. De plus, les élèves vont devoir apprendre à relier la température à l'agitation des molécules et la force pressante aux chocs des molécules.

Les programmes de maternelle (cycle 1) et de primaire (cycle 2 et 3) ont pour but de faire acquérir la matérialité de l'air aux élèves. Comme le montrent les travaux de Séré (1985), la plupart des élèves de 6^{ème} savent que l'air est présent dans un bocal ouvert et qu'il occupe tout l'espace dont il dispose. C'est pourquoi, nous pensons que la plupart des élèves de Seconde ont construit le fait que l'air était présent partout. Comme le précise le programme de Seconde, les élèves vont devoir apprendre à décrire

«

l'état d'un gaz à l'aide des grandeurs macroscopiques

» (B.O. 1999, p. 22), ce qui nécessite d'apprendre à caractériser la présence d'un gaz à l'aide de la quantité et du volume. Un travail mené sur des élèves de 6^{ème}-5^{ème} (Séré 1985) montre que la conservation de la quantité d'air semble être acquise pour les situations de compression et de transvasement. En revanche, dans les situations où la température varie, la plupart des élèves considère que la quantité n'est plus conservée à l'intérieur d'une enceinte fermée. Ils expliquent entre autres qu'il y a une apparition de gaz dans l'enceinte. Les élèves ont été interrogés par (Séré 1985) juste après un enseignement sur les gaz, c'est pourquoi, nous pensons que cette difficulté risque fort d'être toujours présente chez les élèves de Seconde.

Le programme de Seconde demande de manière implicite que les élèves sachent que les gaz occupent tout l'espace dont ils disposent et surtout que leur répartition est homogène. Cependant, une étude menée sur des élèves, âgés de 7 ans à 17 ans, montre que la plupart d'entre eux représentent l'air comme n'étant pas réparti de manière homogène lorsque l'on vide une bouteille d'air à moitié (Benson, Wittrock & Baur 1993). D'autres travaux retrouvent ce résultat dans des situations différentes (Novick et Nussbaum 1978 ; Chomat, Larcher &

Méheut 1988 ; Noh et Scharmann 1997, Niaz 2000). Nous pensons que cette difficulté sera présente chez les élèves de Seconde et qu'elle doit être prise en compte par l'enseignement.

Une autre connaissance

«

implicite

» du programme de Seconde est que les gaz agissent en permanence sur tous les objets. Cependant, plusieurs travaux (Séré 1985, Clough et Driver 1986, De Berg 1992) montrent que pour les élèves l'action des gaz sera différente en fonction des situations :

Au cours de l'enseignement les élèves de Seconde devront construire pour ces différentes situations le fait que le gaz agit tout le temps et surtout dans toutes les directions. De plus, comme le demande le programme, ils devront apprendre à décrire l'action du gaz à l'aide de la pression et de la force pressante. Durant l'analyse des significations du mot pression en physique et dans le quotidien (voir ci-dessus), nous avons vu que la signification quotidienne de ce mot est associée à

«

l'action de pousser

». La plupart des élèves risque d'utiliser ce mot en lui attribuant cette signification, c'est pourquoi, nous pensons qu'ils auront beaucoup de difficulté à faire la différence entre la pression et la force pressante.

Comme nous l'avons déjà signalé, les programmes de maternelle (cycle 1) et de primaire (cycle 2 et 3) visent à faire construire aux élèves la matérialité de l'air. Dans ce but, le programme de cycle 3 vise à faire construire le caractère pesant de l'air. De plus, une des activités proposées par le programme de 5^{ème}-4^{ème} propose de peser la masse d'un ballon lorsqu'on le gonfle à volume constant. C'est pourquoi, en arrivant en Seconde les élèves sont supposés savoir que le gaz pèse. Le programme de Seconde va dans ce sens puisqu'il ne parle à aucun moment du caractère pesant des gaz. Des travaux menés par Séré (1985) montrent que pour la plupart des élèves de 6^{ème}-5^{ème} les gaz ne pèsent pas. Malgré l'enseignement en classe de 5^{ème} et de 4^{ème} traitant cet aspect du gaz, nous pensons qu'il y a de fortes chances pour que la plupart des élèves de Seconde considèrent que les gaz ne pèsent pas. C'est pourquoi, nous pensons qu'il faut tenir compte de cet aspect dans l'enseignement en classe de Seconde.

Le programme de Seconde demande de

«

savoir utiliser la relation des gaz parfait $P.V=n.R.T$

», en précisant que

«

dans les conditions habituelles de température et de pression l'air de la classe peut être assimilé à un gaz parfait

». Le comportement des gaz à faible pression peut être assimilé à celui du gaz parfait. Cependant, Séré (1985) montre que pour la plupart des élèves (de 6^{ème}-5^{ème}) l'air a un comportement différent de celui du gaz. Nous pensons que cette difficulté se rencontrera à nouveau chez les élèves de Seconde et qu'ils devront construire que des gaz différents ont des comportements similaires à faible pression.

Cette partie présente l'analyse de la construction de la séquence d'enseignement sur les gaz. Nous présentons, tout d'abord, le groupe

«

outils

», qui a élaboré la séquence d'enseignement, puis l'élaboration des modèles à partir du programme de Seconde. Nous terminons en présentant l'analyse de la séquence d'enseignement.

La séquence d'enseignement sur les gaz a été élaborée au sein d'un groupe de recherche et développement. Ce travail s'inscrit dans un projet INRP dont l'objectif est de fournir aux enseignants de collège et de lycée des

«

outils

» pour les aider à concevoir et à analyser leur enseignement pour les situations de cours et de TP. Le groupe

«

outils

» travaille en trois groupes qui se consacrent respectivement à la chimie, l'optique, la mécanique, les gaz et l'énergie. Chacune des équipes offre l'avantage de faire travailler ensemble des enseignants de lycée et des chercheurs en didactique de la physique. L'équipe qui a élaboré la séquence d'enseignement sur les gaz se compose de six enseignants de lycée et de trois chercheurs en didactique. Conformément au programme de Seconde cette séquence a été construite pour une durée de trois semaines (3 TP d'une heure et demie et 3 cours en classe entière d'une heure). L'élaboration de cette séquence s'est appuyée en partie sur les mêmes éléments que notre cadre théorique :

L'équipe du groupe

«

outils

» a élaboré plusieurs textes de modèles à partir du savoir mis en jeu dans le programme de Seconde (B.O. 1999). Pour cela, le groupe outils a fait une analyse du programme en termes de modélisation, c'est-à-dire en classant les différentes phrases du programme en fonction du monde des théories et des modèles d'un côté et de celui des objets et des événements de l'autre. Ensuite, à l'intérieur des éléments relevant des théories et des modèles, nous avons distingué ceux qui relèvent du niveau macroscopique et ceux qui relèvent du niveau microscopique. À partir de cette première analyse en termes de modélisation, l'équipe a élaboré dans un premier temps le texte d'un modèle microscopique, puis le texte d'un modèle macroscopique (disponible dans l'annexe de l'analyse a priori).

Le programme demande de faire

«

une description d'un gaz à l'échelle microscopique

». Cependant, il reste assez

«

flou

» sur les propriétés des molécules. En effet, il demande de

«

savoir interpréter la force pressante sur une paroi par un modèle microscopique de la matière

»

ainsi que d'utiliser l'agitation des molécules pour caractériser l'état thermique d'un gaz. Il ne donne aucune propriété sur les molécules comme par exemple le fait qu'elles aient une masse ou qu'elles soient insécables. De plus, il ne donne aucune précision sur une éventuelle utilisation des chocs ou de la vitesse quadratique moyenne des molécules. En partant des indications du programme et s'inspirant des phrases du modèle particulière proposé par Chomat, Larcher et Méheux (1998), l'équipe a élaboré le texte d'un modèle microscopique des gaz. Ce texte donne deux types d'informations sur les gaz. Le premier décrit directement les propriétés des molécules (insécable, ne se déforme pas, possède une masse...) et le second leur comportement dans l'état gazeux (mouvement incessant et désordonné, répartition partout, collision...). Le texte du modèle donne le comportement des molécules sans faire appel à aucun formalisme. De plus, il se limite : (a) au mouvement des molécules sans faire appel à leur vitesse quadratique moyenne, et (b) aux chocs sans donner de précision sur le nombre et la qualité de ces chocs. Cette transposition didactique fait apparaître essentiellement des termes qualitatifs sur le comportement des molécules dans un gaz.

Le programme est beaucoup plus précis concernant la description du gaz au niveau macroscopique. Il précise notamment que

«

l'état d'un gaz peut être décrit par des grandeurs macroscopiques comme : sa température, son volume, la quantité de matière du gaz, sa pression

». De plus, il donne un formalisme pour les grandeurs macroscopiques :

«

$$P.V = n.R.T$$

»,

«

$$P = F/S$$

». En reprenant les termes du programme, nous avons élaboré un un texte d'un modèle macroscopique des gaz, en faisant le choix de le limiter aux gaz contenus dans une enceinte fermée. Ce modèle se compose de quatre parties qui concernent : l'état du gaz, la pression et la force pressante, la température absolue et le gaz parfait. Dans la partie concernant l'état du gaz, l'équipe a fait le choix de donner une définition de chacune des grandeurs, en précisant notamment que

«

la pression du gaz rend compte de l'action de ce gaz sur toutes les parois du récipient

». De plus, la pression et la température sont des grandeurs indépendantes de l'enceinte qui les contient, c'est pourquoi, nous spécifions que ces deux grandeurs sont les mêmes partout dans les récipients fermés.

Comme le suggère le programme, l'équipe a élaboré un texte donnant une interprétation microscopique des grandeurs macroscopique température et pression. L'équipe a fait le choix d'utiliser la vitesse moyenne des molécules pour décrire au niveau microscopique la température et d'introduire le nombre de chocs pour rendre compte de la pression. Le texte précise que le nombre de chocs sur une paroi est lié à la taille de la paroi et à la durée. Par ailleurs, l'équipe a estimé que parler de la qualité des chocs pouvait être difficile pour des élèves de Seconde, c'est pourquoi, nous n'abordons pas ce sujet dans le texte donnant une interprétation microscopique de la pression et de la température.

La séquence d'enseignement sur les gaz se compose de deux parties. La première partie introduit le modèle microscopique des gaz. Elle vise à ce que les élèves construisent un comportement microscopique des gaz et que cette construction facilite l'interprétation des grandeurs macroscopiques. La seconde partie s'intéresse aux grandeurs macroscopiques pour décrire l'état d'un gaz et à l'interprétation microscopique de ces grandeurs. Nous proposons de faire une rapide présentation des différentes activités de la séquence, puis de donner plus en détail l'introduction des différents concepts, des différentes situations matérielles et des différents registres sémiotiques.

Les énoncés des questions de la séquence d'enseignement sont disponibles dans l'annexe de l'analyse a priori.

La partie 1 propose de faire une description des gaz à l'échelle microscopique. L'objectif de cette partie est d'introduire le comportement microscopique des gaz aux élèves. Pour cela, il s'agit dans un premier temps de décrire un gaz à l'échelle microscopique (partie 1.1), puis de faire une description du mélange de deux gaz (partie 1.2). La première activité de cette partie propose de décrire l'air contenu dans une seringue aux niveaux macroscopique et microscopique. La seconde activité demande aux élèves de faire une expérience de pensée pour construire une représentation du comportement des molécules. Au cours de cette activité, le modèle microscopique des gaz est distribué aux élèves et ils doivent éventuellement corriger leurs réponses à partir des propriétés des molécules, qui y sont énoncées. La troisième activité demande de corriger à l'aide du modèle des réponses d'élèves. L'activité 1 de la partie 1.2 demande de représenter au niveau microscopique, puis d'interpréter à l'aide sur modèle le mélange de deux gaz.

La partie 2 de la séquence d'enseignement propose de décrire le gaz à l'aide de grandeur macroscopique et de donner une interprétation microscopique de ces grandeurs. Elle propose, dans un premier temps, d'introduire les grandeurs macroscopiques pour décrire l'état d'un gaz (partie 2.1) et dans un second temps d'établir des relations entre ces grandeurs (partie 2.2). La première activité demande de comparer le comportement d'un gaz et d'un liquide, afin d'établir qu'un gaz se dilate et se comprime beaucoup plus qu'un liquide. La seconde activité vise à introduire la grandeur pression. Cette introduction se fait en établissant que la pression est la même partout à l'intérieur des enceintes et en reliant la pression à l'action du gaz. La troisième activité présente la relation entre la pression et la force pressante et propose une interprétation microscopique de ces deux grandeurs. La première activité de la partie 2.2, vise à établir de manière quantitative la relation entre la pression et le volume, plus particulièrement que leur produit est constant (loi de Mariotte). La seconde activité de la partie 2.2 a pour objectif de faire établir expérimentalement le lien qualitatif entre la température et la pression, afin que les élèves puisse ensuite relier la température à l'agitation thermique.

La première partie vise à faire construire aux élèves le comportement des molécules de l'air contenu dans une seringue. Les élèves doivent utiliser leurs connaissances préalables sur les molécules, jusqu'à la question 3 de l'activité 2, qui introduit le modèle microscopique des gaz. À partir de cette question, les élèves doivent s'appuyer sur les différentes propriétés des molécules décrites dans le modèle. Au cours de la question 3 de l'activité 2 et des questions de l'activité 3, les élèves doivent utiliser les propriétés suivantes : les molécules ont une masse, qu'elles ne se déforment pas, qu'elles sont insécables et qu'elles se répartissent dans tout le volume qui les contient. La partie 1.2 demande aux élèves de décrire le mélange de deux gaz. Ils doivent pour cela s'appuyer sur les propriétés du modèle : les molécules sont en mouvement incessant et désordonné et elles se répartissent dans tout le volume qui les contient.

La deuxième partie des gaz vise essentiellement à introduire le concept de pression. La première activité propose de comparer le comportement d'un liquide et d'un gaz. Son but est de faire construire les phénomènes de dilatation et de compressibilité des gaz. La deuxième activité vise à faire construire aux élèves que la pression est partout la même à l'intérieur d'une seringue que l'on appuie sur le piston ou non. De plus, cette activité demande de relier la pression à l'action du gaz, ainsi que d'interpréter microscopiquement l'action du gaz. C'est la première fois de la séquence que les chocs sont utilisés. L'activité 3 s'intéresse à la pression et à la force pressante. Elle vise à faire établir, à partir de la comparaison de l'action de l'air dans une petite et une grande seringue, que la pression est reliée à la force pressante par la surface. Cette relation est d'abord établie à partir d'un bilan des forces, puis retrouvée à partir des chocs des molécules sur les parois. La partie 2.2 vise à établir les relations entre les grandeurs macroscopiques qui décrivent l'état d'un gaz. La première activité demande d'établir expérimentalement la relation entre la pression et le volume. La seconde activité s'intéresse à la relation entre la pression et la température. Elle demande aux élèves d'interpréter microscopiquement cette relation, ce qui les conduit à établir le lien entre la température et la vitesse des molécules. À la fin de la

séquence, nous avons utilisé un logiciel qui simule le comportement des molécules, afin que les élèves utilisent la relation du gaz parfait ($PV = nRT$) tout en observant les effets de la variation de ces grandeurs sur le comportement des molécules.

Nous proposons de faire une description des différentes situations matérielles utilisées dans la séquence d'enseignement. L'équipe a fait le choix de limiter le champ expérimental à des situations utilisant du gaz dans une enceinte fermée. Ce choix a amené à utiliser une seringue pour la plupart des situations expérimentales. Les concepteurs, par l'utilisation de la seringue, visent à faire passer les élèves par le toucher pour appréhender les phénomènes mettant en jeu des gaz. Nous présentons d'abord les situations utilisant des expériences dites

«

simples

» (c'est-à-dire sans appareil de mesure), puis celles utilisant des expériences avec des appareils de mesure.

La séquence d'enseignement utilise plusieurs expériences simples dont nous allons préciser les rôles.

La première expérience simple est utilisée dans l'activité 1 de la première partie et elle met en jeu une seringue. Cette activité demande (1) d'enfermer de l'air dans la seringue et (2) d'appuyer sur le piston en gardant l'air enfermé dans la seringue. La première situation a été choisie pour susciter le débat entre les élèves sur l'existence de l'air immobile. En effet, pour enfermer de l'air, il suffit de boucher la seringue avec le doigt. Cependant, un certain nombre d'élèves considère que l'air n'agit que lorsqu'il est en mouvement. Cette situation a été proposée pour faire émerger éventuellement cette difficulté. La seconde situation fait percevoir indirectement l'action de l'air en passant par le toucher. Son but est double, il est de faire prendre conscience de l'existence de l'air et de montrer la compressibilité des gaz. De plus, cette expérience apprend à décrire le gaz en passant par un sens différent de la vue. La question 3 de cette première activité demande de décrire ces deux situations aux niveaux macroscopique et microscopique. Comme nous l'avons vu dans notre analyse a priori des élèves (voir ci-dessus), il y a de grandes chances pour que les élèves définissent le niveau macroscopique par ce que l'on voit. Nous pensons que le fait de passer par le toucher peut contribuer à élargir cette définition à ce qui est perceptible par les sens (particulièrement par le toucher).

La seconde expérience simple est utilisée dans l'activité de la partie 1.2. Elle présente un flacon contenant un gaz roux relié à un flacon contenant de l'air. Au départ les deux flacons sont séparés par une paroi étanche, que l'on va enlever pour que les deux gaz se mélangent. Cette expérience vise à faire construire aux élèves le fait que les gaz sont expansibles et qu'ils peuvent se mélanger. Précisons que c'est la seule expérience qui utilise un gaz différent de l'air.

La troisième expérience simple apparaît au cours de la première activité de la deuxième partie de la séquence. Cette expérience demande de comparer l'évolution d'un liquide et d'un gaz, lorsqu'ils sont chauffés. Elle utilise un ballon de baudruche posé sur une bouteille remplie, soit d'air, soit de gaz ; la bouteille est ensuite chauffée. Le but de cette expérience est d'amener les élèves au constat que le gaz se dilate lorsqu'on le chauffe, alors que les liquides beaucoup moins. Les élèves peuvent observer ce phénomène par l'intermédiaire du ballon de baudruche qui se gonfle ou non.

Toujours dans l'activité 1 de la deuxième partie, on trouve une autre expérience simple. Cette fois, les élèves doivent comparer s'il est possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air et de l'eau dans une

bouteille pleine d'eau. Le but de cette expérience est de faire construire aux élèves que le gaz est compressible, mais pas les liquides.

La séquence d'enseignement utilise des appareils de mesure essentiellement à partir de l'activité 2 de la seconde partie, nous présentons les différentes expériences utilisant le pressiomètre.

L'activité 2 de la deuxième partie utilise une seringue reliée à un pressiomètre. Le but de cette expérience est de faire constater aux élèves de manière qualitative que la pression varie lorsqu'on diminue le volume de la seringue. Dans cette expérience, la mesure de la pression sert à rendre compte de l'action du gaz à l'intérieur de la seringue.

L'activité 3 de la partie 2 utilise deux seringues de tailles différentes et un pressiomètre. Cette expérience propose de comparer la poussée que l'on doit exercer sur le piston de chacune des seringues pour obtenir la même pression sur le pressiomètre. Le but de cette expérience est de faire réaliser aux élèves que cette différence est due à la surface de la section du piston. La suite de l'activité s'appuie sur cette surface pour faire relier aux élèves la pression à la force pressante.

L'activité 1 de la partie 2.2 utilise une seringue reliée à un pressiomètre. Cette expérience demande d'établir quantitativement le lien entre la pression et le volume. Le but des différentes mesures est de faire établir aux élèves que le produit de la pression et du volume est constant (loi de Mariotte). Cette expérience est la seule de la séquence qui demande de faire une série de mesure.

L'activité 2 de la partie 2.2 demande de chauffer avec un sèche-cheveux de l'air contenu dans une seringue reliée à un pressiomètre. Le but de cette expérience est de faire établir aux élèves de manière qualitative que la pression varie comme la température. Ce lien est ensuite utilisé pour interpréter microscopiquement la température.

Pour conclure sur le rôle des différentes expériences conduites dans la séquence d'enseignement, nous signalons que la plupart des expériences

«

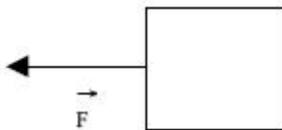
simples

» sont utilisées pour faire construire aux élèves certains comportements des gaz (compression, dilatation...) et que les expériences avec les appareils de mesures sont utilisées essentiellement pour aider les élèves à construire les relations entre les grandeurs macroscopiques.

Avant de présenter l'utilisation des différents registres sémiotiques qui apparaissent dans la séquence d'enseignement, nous proposons d'étudier les différentes représentations de certains concepts dans les différents modèles.

Le modèle microscopique des gaz n'utilise que le registre de la langue naturelle. Le modèle macroscopique des gaz utilise aussi essentiellement langue naturelle pour représenter les concepts, cependant quelques concepts sont utilisés dans différents registres. Les grandeurs macroscopiques servant à décrire les gaz sont représentés en langue naturelle et langage formel par la formule $PV = nRT$. Cette représentation en langue

formelle offre l'avantage de présenter l'aspect relationnel de ces grandeurs, tout en permettant de mettre en avant le fait qu'elles peuvent varier simultanément. La force pressante est représentée à l'aide plusieurs registres sémiotiques, qui sont :



Ces différents registres ne font pas apparaître les mêmes informations. Par exemple le registre formel ne donne aucune information sur la direction de la force pressante, et les registres de la langue naturelle et des représentations vectorielles ne font pas apparaître la pression. Au cours de l'enseignement, les élèves devront choisir le registre le plus adapté pour répondre aux questions. Ce choix est particulièrement difficile pour les élèves, c'est pourquoi, le plus souvent les énoncés des questions de l'enseignement le type de registre à utiliser.

Toutes les questions de la séquence sont en langue naturelle, cependant certaines questions font appel aussi à d'autres registres sémiotiques. Nous proposons donc de présenter l'utilisation des

«

autres

» registres sémiotiques dans la séquence d'enseignement sur les gaz.

L'activité 1 de la partie 1 de la séquence, demande de faire un schéma de l'air contenu : dans une seringue bouchée, puis dans une seringue lorsque l'on appuie sur le piston. Une fois ces schémas réalisés les élèves doivent décrire en langue naturelle ce qui a changé pour l'air en se plaçant au niveau macroscopique puis microscopique. Cette activité demande de faire le lien entre la représentation de l'air sur des schémas et en langue naturelle. Cependant, les élèves sont libres de choisir entre le niveau macroscopique ou microscopique pour représenter l'air sur leur schéma. Nous pensons que le lien entre la représentation macroscopique de l'air et sa description en langue naturelle présente des aspects moins intéressants des gaz que le lien au niveau microscopique.

Certaines questions de l'activité 2 et 3 de la partie 1 et de l'activité 1 de la partie 1.2, demande d'établir un lien entre l'énoncé qui est en langue naturelle et la réponse qui doit être donnée sur un schéma. Ce changement de registre sémiotique pour représenter les molécules sert entre autres à faire établir le lien entre une quantité d'air et le nombre de molécules qui le composent.

Les activités 1 et 2 de la partie 2 sont exclusivement en langue naturelle. En revanche, les questions c, d et e de l'activité 3 demandent de passer de la représentation de la force pressante dans le registre de la langue naturelle à celui des représentations vectorielles sur un schéma. Ensuite, il est demandé de comparer cette représentation vectorielle avec la formule $P = F/S$. Ces représentations de la force pressante dans différents registres sémiotiques permettent d'illustrer différents aspects de ce concept. Nous pensons que ces changements de registres sont difficiles à effectuer par les élèves, cependant ils permettent de mieux appréhender ce concept.

La question c de l'activité 1 de la partie 2.2. demande aux élèves de choisir parmi plusieurs formules, reliant la pression et le volume, celle qui correspond aux valeurs mesurées dans l'expérience précédente. Cette question demande d'établir des liens entre la représentation de la pression et du volume dans le registre numérique des tableaux et dans le registre formel. Ce changement nous semble particulièrement délicat à effectuer pour les élèves, cependant, il permet d'appréhender la relation entre la pression et le volume de manière beaucoup plus simple en établissant que leur produit est constant.

En guise de conclusion à propos de l'analyse a priori de la séquence, nous tenons à préciser que toutes les questions de la séquence d'enseignement ont été analysées, en précisant les concepts, les situations matérielles (les objets et les événements), les registres sémiotiques mis en jeu dans l'énoncé et sa réponse, ainsi que les liens demandés entre les concepts entre eux et avec les éléments matériels. Cette analyse est donnée dans le tableau de l'analyse a priori de la séquence (voir l'annexe de l'analyse a priori).

Ce chapitre a présenté une analyse a priori des connaissances préalables des élèves en fonction de différents aspects de l'apprentissage des concepts liés aux gaz. Ces différents aspects (sens des mots, aspect particulière, présence des gaz, répartition des gaz, action des gaz et lourdeur) nous serviront de base pour définir nos catégories pour étudier l'évolution des connaissances des élèves. Nous avons ensuite analysé la séquence d'enseignement de différents points de vue. Les résultats de cette analyse nous serviront de base pour étudier le rôle des éléments du milieu sur l'évolution des idées des élèves (chapitre 7), particulièrement pour déterminer les situations responsable de cette évolution.

Chapitre 5. Analyse de l'évolution des élèves sur plusieurs classes

Le grain d'analyse des idées étant trop fin pour pouvoir traiter un grand nombre de questionnaires, nous avons fait le choix de ne pas les utiliser dans le cadre de l'analyse de l'évolution des élèves sur plusieurs classes. Nous avons décidé d'analyser les réponses des élèves à partir de catégories définies à partir de notre analyse a priori des connaissances des élèves (voir chapitre 4) et enrichies au cours de l'analyse a posteriori. Nous présentons, tout d'abord, la manière dont le questionnaire a été élaboré, puis les conditions dans lesquelles les élèves l'ont passé. Nous terminerons, en présentant nos résultats en fonction de certains aspects des gaz (aspect particulière, répartition, l'action du gaz et le caractère pesant des gaz).

Les travaux didactiques sur les gaz ont permis de faire émerger un certain nombre de raisonnements utilisés par les élèves pour interpréter les situations mettant en jeu des gaz. De plus, ils font apparaître que ces raisonnements seront différents en fonction des situations (voir cadre théorique). Notre étude se propose de suivre l'évolution des connaissances des élèves, à la suite de l'enseignement sur les gaz. Ceci nécessite dans un premier temps de connaître les connaissances initiales des élèves, pour, dans un second temps, pouvoir suivre leur évolution. Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire, dans lequel nous n'avons utilisé que des termes et des situations issues de la vie quotidienne ou qui du moins mettent en jeu des objets quotidiens. Ce choix, nous permet d'éviter que les élèves ne réutilisent des termes de la physique provenant des énoncés, et permet de voir le vocabulaire (physique ou quotidien) que les élèves utilisent spontanément pour décrire les propriétés des gaz. De plus, nous avons fait le choix de ne pas demander directement ces propriétés aux élèves, mais nous avons plutôt essayé d'étudier celles qu'ils mettent en oeuvre à travers les situations. Comme nous ne pouvons pas étudier toutes les propriétés des gaz, nous avons fait le choix de nous centrer sur certains aspects :

Lors de l'élaboration du questionnaire, nous avons choisi de tester chacun de ces aspects dans plusieurs situations, ayant des traits de surface les plus éloignés possible. C'est-à-dire en mettant en jeu des objets et des événements les moins ressemblant possible. Pour cela, nous nous sommes basés sur les travaux antérieurs en didactique de la physique (particulièrement Séré 1985 ; Chomat, Larcher & Méheut 1988 ; Stavy 1988 ; Méheut & Chomat 1990 ; Benson, Wittrock & Baur (1993) et Vince (2000)), et nous avons construit des situations utilisant les objets suivants : un ballon de foot gonflé, une pompe à vélo, un ballon de baudruche dégonflé posé sur une bouteille en fer, deux balles de ping-pong cabossées, quatre ballons de baudruche contenant des gaz différents et un verre rempli de boisson gazeuse. À l'exception du verre de soda, tous les objets sont des systèmes fermés contenant du gaz. Ce choix est lié au contenu enseigné dans la séquence, qui ne met en jeu que des situations utilisant des gaz dans des enceintes fermées.

Pour chacun des aspects testés, nous donnons un aperçu des situations matérielles, ainsi que des énoncés des questions :

Ce questionnaire a été limité à 19 questions, afin qu'il puisse être réalisé par les élèves en moins de trente minutes. Le tableau 5.1 résume l'essentiel de ce questionnaire. De plus, les énoncés des questions sont disponibles dans l'annexe de l'analyse globale.

Tableau 5.1 : L'essentiel du questionnaire

Numéro de la question	Énoncés des questions	Nom abrégé
1.0	Faites quatre phrases en utilisant le mot air	mot air
1.1	Faites quatre phrases en utilisant le mot gaz	mot gaz
2.1	lorsqu'on joue au foot, il arrive que le ballon soit trop dur. Pour qu'il fasse moins mal tout en gardant la même forme, on le dégonfle un peu. décrivez ce qui se passe lorsqu'on le dégonfle ?	ballon foot (Description)
2.2	À votre avis, une fois que le ballon sera un peu dégonflé, il pèsera : plus léger, plus lourd, la même chose expliquez ?	ballon foot (masse)
2.3	Représentez l'air dans le ballon avant qu'on le dégonfle et une fois dégonflé	ballon foot Schéma
2.4	Lorsque l'on dégonfle le ballon il devient moins dur, expliquez ?	ballon foot Explication
3.1	On chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus. Au bout d'un certains temps il se gonfle le ballon se gonfle. Expliquez le fait que le ballon se gonfle ?	chauffe ballon E
3.2	Schématisez ce qui se passe	chauffe ballon S
4.1.1	On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin. À votre avis où l'air agit dans la pompe (Q.C.M) Expliquez ?	pompe sans action E
4.1.2	Représentez l'air enfermé dans la pompe ?	pompe sans action S
4.2.1	On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon. À votre avis où l'air agit dans la pompe (Q.C.M) Expliquez ?	pompe pousse E
4.2.2	Représentez l'air enfermé dans la pompe ?	pompe pousse S

4.2.3	Est-ce que l'air agit sur les parois de la même façon dans les pompe (R agit) deux situations	
4.3	Si on lâche le piston que va-t-il se passer ?	pompe pousse/lâche
5.1	On prend quatre ballons de baudruche de même volume, remplis d'air, d'hélium, de gaz carbonique et d'hélium. Si on appuie successivement de la même façon sur les quatre ballons de manière à les déformer. Si on lâche que va-t-il se passer pour chacun des ballons expliquez	quatre ballons E
5.2	Représentez l'air, l'hydrogène, le gaz de ville et l'hélium dans chacun des ballons	quatre ballons S
6.1	On jette dans de l'eau très chaude deux balles de ping-pong cabossées, l'une des deux balles est trouée (balle 2). Q.C.M sur la forme de la balle 1 Expliquez	ping-pong 1
6.2	Q.C.M sur la forme de la balle 2 Expliquez	ping-pong 2
7.1	On remplit un verre de coca-cola À votre avis lorsque toutes les bulles seront parties, le verre pèsera : plus lourd, plus léger, la même chose expliquez	verre coca

Concernant le recueil des données, nous avons fait le choix méthodologique de donner le même questionnaire avant et après l'enseignement. En effet, le fait de changer les situations du questionnaire, en modifiant les énoncés ou les situations matérielles pour les rendre équivalentes aux anciennes, risque fort de notre point de vue d'introduire de nouveaux effets non maîtrisés sur les élèves. Ceci risque de nous faire tester l'adaptation des élèves à de nouvelles situations, plutôt que de nous faire étudier l'évolution des réponses des élèves à la suite de l'enseignement. Le choix de garder le même questionnaire, nous conduit à préciser que l'évolution des élèves n'est testée que sur les situations du questionnaire et que nos résultats ne sont valables que pour les élèves interrogés dans ces situations. Nous refusons a priori toute extrapolation de ces résultats à d'autres situations. Ceci ne nous empêche pas de bâtir des hypothèses à partir de ces résultats, et notamment d'utiliser le fait qu'il est fort probable que les élèves répondent de la même façon pour des situations proches. Cependant ces hypothèses ne deviendront des résultats que lorsqu'elles auront été testées dans ces nouvelles situations.

Lorsque nous avons fait passer le questionnaire dans les classes, nous avons essayé de minimiser les effets dus à la prise en main de la séquence d'enseignement par les enseignants. Pour cela, nous avons choisi les classes de deux enseignants du groupe

«

outils

», ayant participé à l'élaboration de la séquence sur les gaz. Concrètement, nous avons fait passer, avant et après l'enseignement sur les gaz, le questionnaire dans trois classes de seconde de deux lycées de la ville de Lyon (notés lycée 1 et 2). Dans le lycée 1, la première classe (que nous noterons 2nde 8) est constituée d'une majorité d'élèves souhaitant continuer en 1^{er} littéraire, alors que la seconde classe (noté 2nde 12) semble hétérogène et ne fait pas ressortir de tendance particulière. Dans le lycée 2, la classe (notée 2nde 6) se compose d'élèves faisant l'option arts plastiques et dont la plupart souhaitent continuer en 1^{er} littéraire.

Tableau 5.2 : Nombre de questionnaires recueillis dans trois classes de seconde

Classes	Nombre de questionnaires récoltés	Nombre de questionnaires récoltés
---------	-----------------------------------	-----------------------------------

	Avant	Après
Lycée 1 (2 ^{nde} 8)	30	22
Lycée 1 (2 ^{nde} 12)	32	34
Lycée 2 (2 ^{nde} 6)	33	30
Total	95	86

Dans le tableau 5.2, il apparaît que le nombre d'élèves ayant répondu au questionnaire avant (95) la séquence d'enseignement est supérieur à ceux qui l'ont traité après (86). Cette différence est due à l'absence de plusieurs élèves lors des deux passages du questionnaire.

Pour analyser les réponses des élèves à ce questionnaire, nous avons mis au point une grille d'analyse, regroupant les différentes réponses des élèves en fonction de nos catégories. Une fois que tous les questionnaires ont été analysés, nous avons refait la même analyse à partir de ces catégories. Nous avons retrouvé les mêmes résultats à environ 4 % près pour toutes les questions, sauf deux qui sont au environ de 15 %. Pour ces deux questions, il semble que les critères que nous avons utilisés ne soient pas assez précis. C'est pourquoi, nous avons fait le choix de ne pas les présenter dans nos résultats. Ces questions sont numérotées 4.2.3 et 5.1 dans le questionnaire (voir l'annexe de l'analyse globale).

Comme nous l'avons présenté dans la partie concernant la construction du questionnaire (voir ci-dessus), nous cherchons à suivre l'évolution des connaissances des élèves sur les gaz. La présentation de nos résultats va s'appuyer sur les catégories définies à partir de l'analyse du savoir de la physique et de celui des élèves (voir chapitre 4). Ces catégories reprennent différents aspects des gaz. Nous commencerons par regarder l'aspect particulière des gaz, pour ensuite voir la répartition des molécules. Par la suite, nous regarderons l'action des gaz, pour finir en étudiant leur caractère pesant. Nous précisons pour chacune des questions, la réponse attendue par la physique ou plus précisément le savoir à enseigner, ainsi que les catégories dans lesquelles nous classons les réponses des élèves.

Un des objectifs de la séquence d'enseignement sur les gaz est l'appropriation par les élèves du modèle microscopique des gaz. Cependant, comme le signale notre partie sur les conceptions (voir chapitre 1), un grand nombre de travaux didactiques sur des élèves allant du collège jusqu'à l'université et menés dans différents pays, montre que l'acquisition du modèle microscopique n'est pas évidente pour les élèves et que son utilisation n'est pas forcément faite de manière spontanée dans la plupart des situations (Novick et Nussbaum 1981 ; Chomat, Larcher & Méheut 1988 ; Stavy 1988 ; Méheut & Chomat 1990 ; Benson et al. 1993). C'est pourquoi, nous avons étudié comment ce modèle était réutilisé par les élèves à la suite de l'enseignement. Pour cela, nous avons essayé de déterminer à quel niveau (macroscopique ou microscopique) se situent leurs explications. Rappelons que suivant la formulation des questions, le type de réponse adoptera des formes différentes. En effet, certaines questions demandent des explications en langue naturelle et d'autres demandent de faire des dessins.

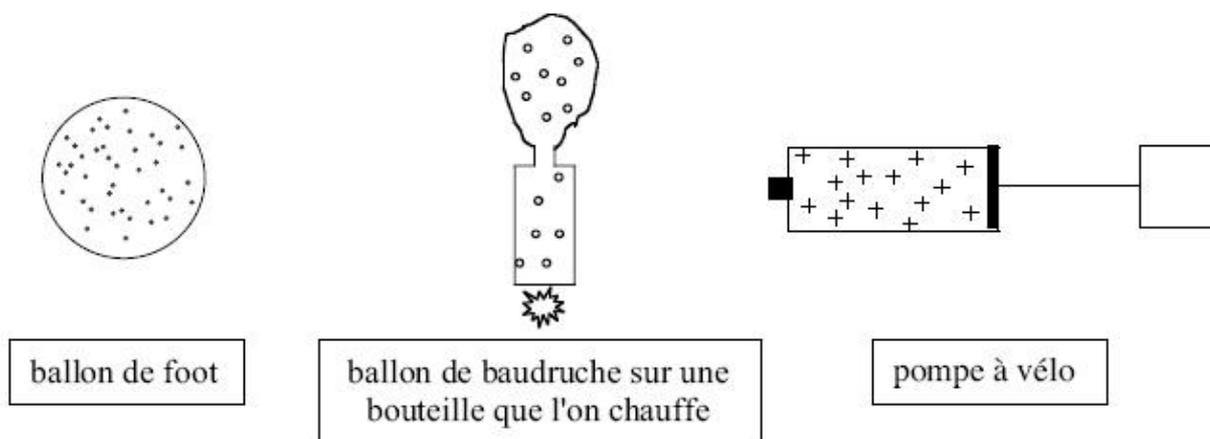
Concrètement dans notre analyse, toutes les explications faisant appel aux mots molécules, atomes ou particules, qu'ils soient correctement utilisés du point de vue de la physique ou non, ont été considérées comme relevant du niveau microscopique. En effet, ces trois mots sont issus du vocabulaire scientifique et ne sont utilisés que pour décrire les éléments se trouvant à l'échelle microscopique. Nous donnons à titre d'exemple quelques explications d'élèves, mais avant il nous faut préciser que toutes les citations d'élèves sont

données telles quelles, sans corriger l'orthographe, afin d'éviter toute sur-interprétation :

«
car des molécules d'air sont partie du ballon
»,
«
le gaz est composé de plusieurs particules
»et
«
les molécules tapent sur les parois

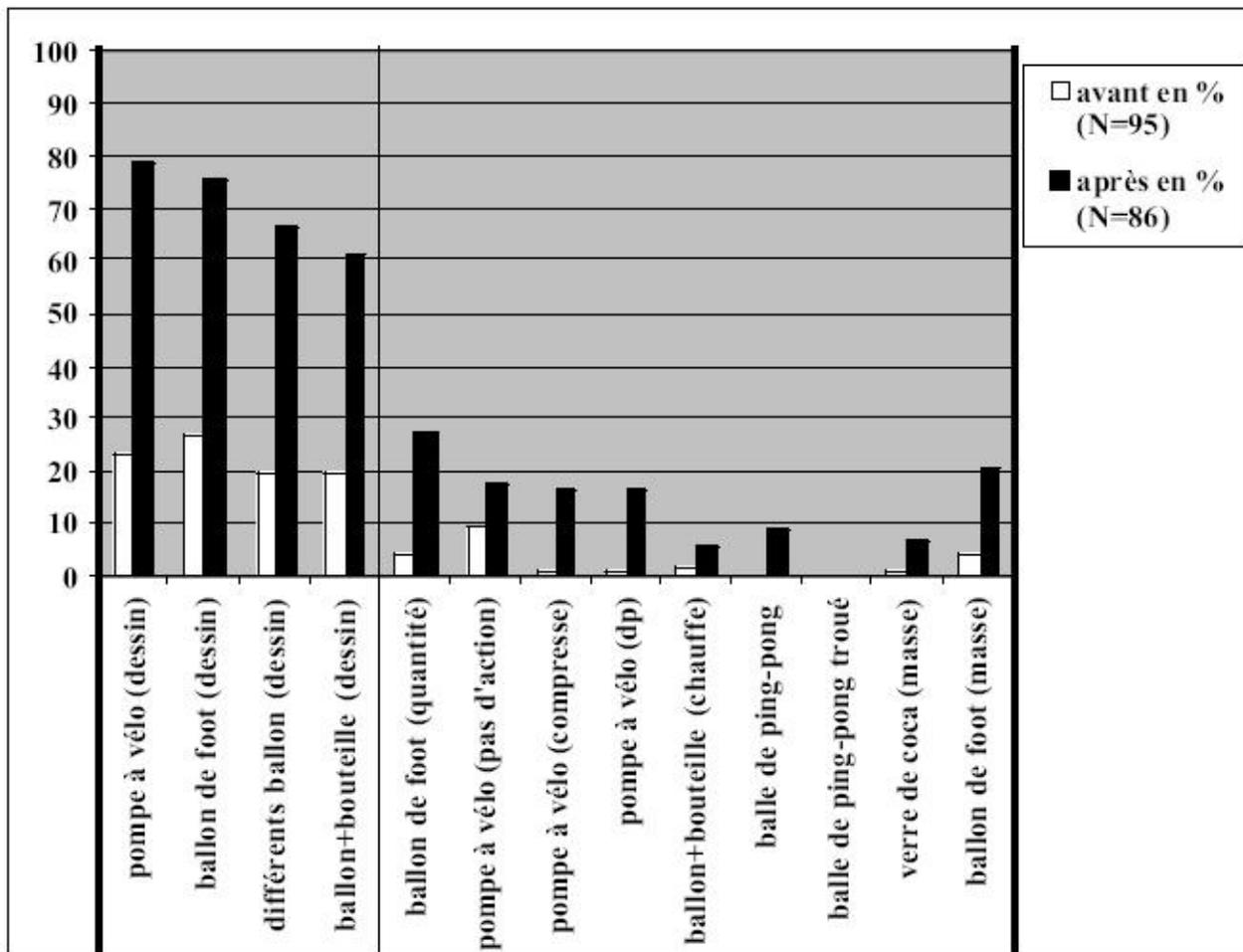
». De même, nous avons considéré que les dessins représentant les gaz avec des traits discontinus relevaient du niveau microscopique. En effet, le caractère discontinu des gaz n'est pas perceptible directement, c'est pourquoi nous inférons que ce type de représentation relève du niveau microscopique. Voici à titre d'exemple, quelques représentations d'élèves que nous considérons comme relevant du niveau microscopique (figure 5.3) :

Figure 5.3 : Représentations d'élèves relevant du niveau microscopique



Nous avons regardé pour chacune des questions proposées par le questionnaire, à quel niveau se situaient les réponses des élèves avant et après l'enseignement sur les gaz. Le graphique ci-dessous (figure 5.4) présente le pourcentage de réponses des élèves se situant au niveau microscopique pour chacune de ces questions.

Figure 5.4 : Pourcentage des réponses d'élèves se situant au niveau microscopique en fonction des différentes questions (les quatre premières colonnes représentent les réponses d'élèves sous forme de dessins et les autres sont les explications en langue naturelle).



Il apparaît de manière très nette que les élèves se situent beaucoup plus au niveau microscopique pour traiter les questions demandant de dessiner que celles demandant des explications en langue naturelle. En effet, déjà avant l'enseignement sur les gaz (bâtonnet blanc sur le graphe) nous trouvons qu'à peu près 20 % des dessins et environ 5 % des explications en langue naturelle se situent au niveau microscopique. Après l'enseignement (bâtonnet noir sur le graphe), on trouve environ 70 % des dessins et 15 % des explications en langue naturelle qui se situent au niveau microscopique. Ces chiffres tendent à montrer que, à la suite de l'enseignement, les élèves considèrent qu'il est plus pertinent de représenter l'air par des traits discontinus plutôt que comme un ensemble continu, ce que nous interprétons par le fait qu'ils adoptent une représentation microscopique des gaz. Cette forte évolution du nombre de dessins se situant au niveau microscopique peut être interprétée par le fait que la première partie de la séquence d'enseignement, demande de représenter à de nombreuses reprises les gaz au niveau microscopique. De plus, un certain nombre d'activités demande de comparer ces représentations avec le modèle microscopique (donné en langue naturelle essentiellement).

Lorsque l'on compare l'évolution des dessins selon les situations proposées par le questionnaire, il apparaît que la plus forte évolution à la suite de l'enseignement porte sur la situation où l'on compime de l'air dans une pompe à vélo (un peu moins de 60 %). Cette situation demande de représenter de l'air enfermé dans une pompe à vélo sur un premier dessin, puis de représenter l'air lorsque l'on appuie sur le piston sur un second dessin. Cette question est similaire à celle posée aux élèves lors de la première activité de la séquence d'enseignement, la seule différence porte sur l'encontre, une seringue au lieu d'une pompe à vélo. Ceci pourrait expliquer pourquoi, il y a une telle évolution pour cette situation. Concernant les explications en langue naturelle, nous nous attendions, pour les mêmes raisons, à ce que les réponses fassent le plus appel aux molécules pour la situation de la pompe à vélo, or c'est la situation où l'on dégonfle le ballon de football qui obtient le plus de réponses au niveau microscopique.

Nos résultats montrent que les questions demandant de représenter des gaz sur un dessin conduisent à un plus grand nombre de réponses se situant au niveau microscopique que celles pour lesquelles la réponse est en langue naturelle. Ceci nous conduit à étudier plus en détail les différentes représentations des gaz, notamment la répartition des particules.

Les gaz n'ont pas de forme propre, ils adoptent la forme du récipient qui les contient. Cette propriété est liée au fait que les gaz sont expansibles, c'est-à-dire qu'ils occupent tout l'espace dont ils disposent. Bien que cette répartition homogène ne semble pas poser de problème aux élèves lorsque qu'un gaz est enfermé dans une enceinte (Séré 1985), il semble que cela soit plus difficile lorsque des actions sont exercées sur cette enceinte. En effet, pour un nombre conséquent d'élèves, les gaz seront concentrés à certains endroits (Novick et Nussbaum 1978), notamment lorsque l'enceinte est chauffée (Séré 1985), refroidie (Noh & Scharmann 1997 ; Niaz 2000), compressée (Chomat, Larcher & Méheut 1988) ou lorsque l'on enlève du gaz de cette enceinte (Benson, Wittrock & Baur 1993). De plus, il semble que lorsque l'on mélange deux gaz, leur répartition ne soit pas homogène pour certains élèves (Barlet & Plouin 1997). L'ensemble de ces travaux nous permet de faire émerger, que pour les élèves, la répartition des gaz n'est pas homogène et que cette répartition semble dépendre des situations. Nous avons décidé de tester la répartition du gaz pour les élèves, à travers quatre questions. Chacune d'entre elles demande aux élèves, de représenter du gaz dans une enceinte fermée. La première situation fait diminuer la quantité d'air dans un ballon de foot, la seconde augmente la température de l'air dans un ballon posé sur une bouteille en fer, la troisième met en jeu de l'air dans une pompe à vélo sans action sur le piston ainsi que lorsque l'on appuie dessus et la dernière situation présente différents gaz dans des ballons. Voici, les quatre énoncés des questions (le numéro avant chaque énoncé correspond au numéro de la question dans le questionnaire) :

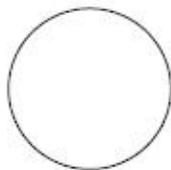


Figure a

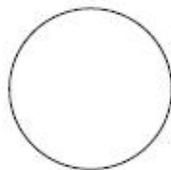
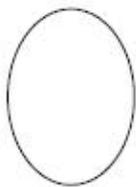
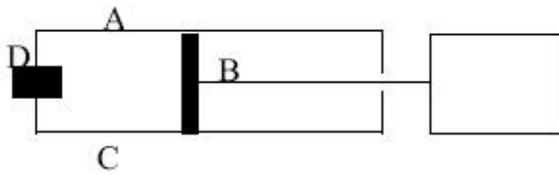
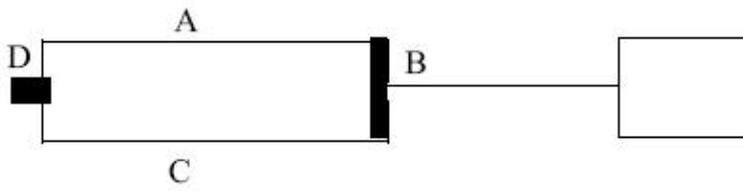
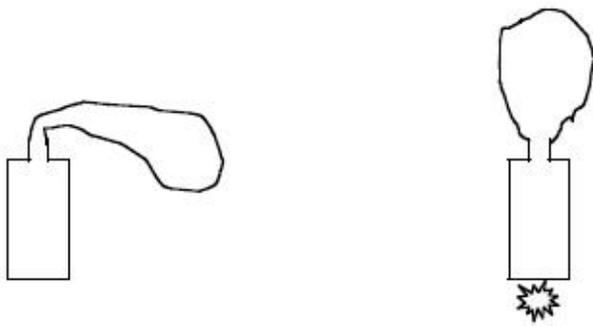
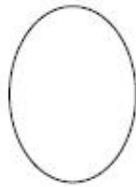


Figure b



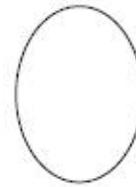
air



hydrogène



gaz carbonique



hélium

Dans l'ensemble de ces situations, il est possible de représenter le gaz, soit par un ensemble continu (niveau macroscopique) soit par des traits discontinus (niveau microscopique). Les dessins suivants illustrent le fait que le gaz se répartit **partout**. Ces représentations sont

acceptables

» du point de vue du savoir à enseigner pour le niveau macroscopique (figure 5.5) et pour le niveau microscopique (figure 5.6) :

Figure 5.5 : Représentations du gaz au niveau macroscopique dans différentes situations

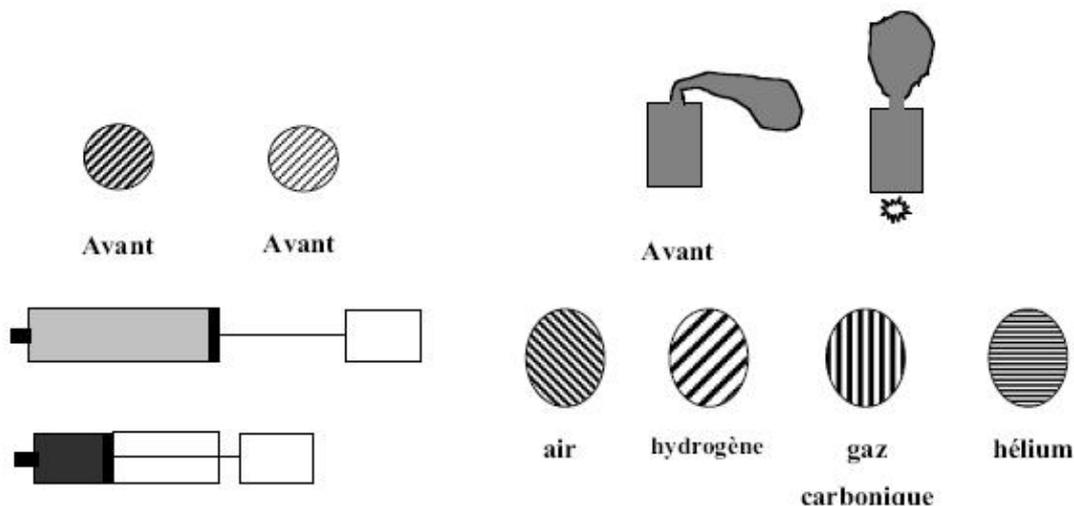
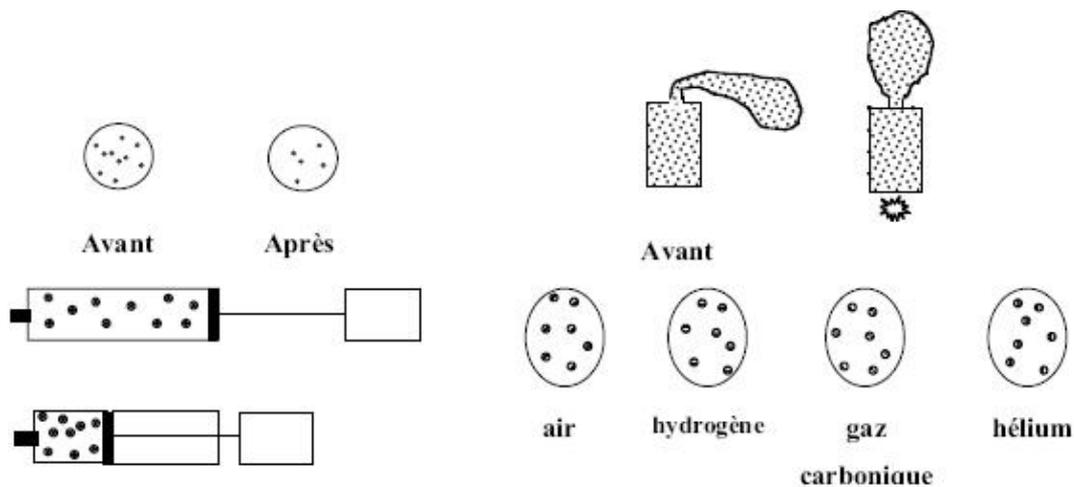
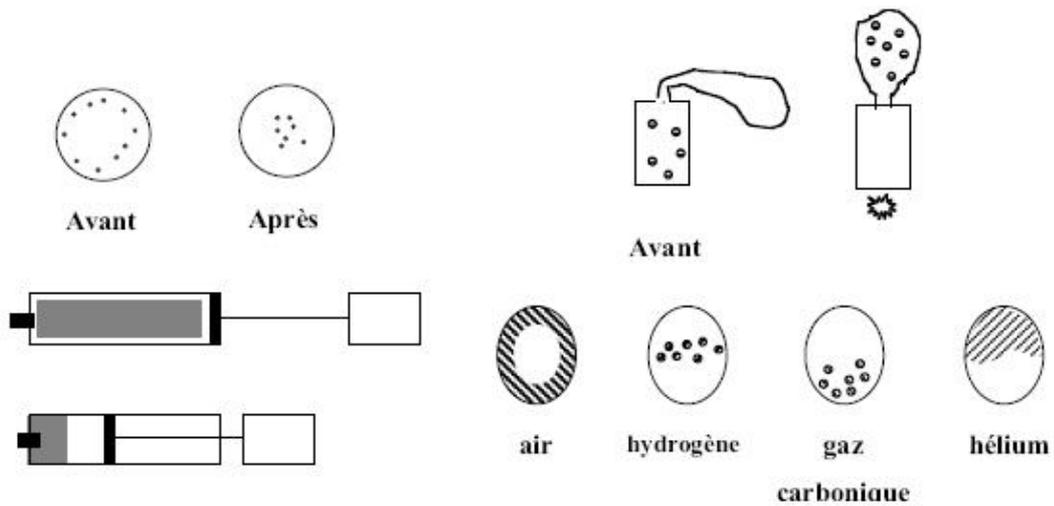


Figure 5.6 : Représentations microscopiques du gaz dans différentes situations



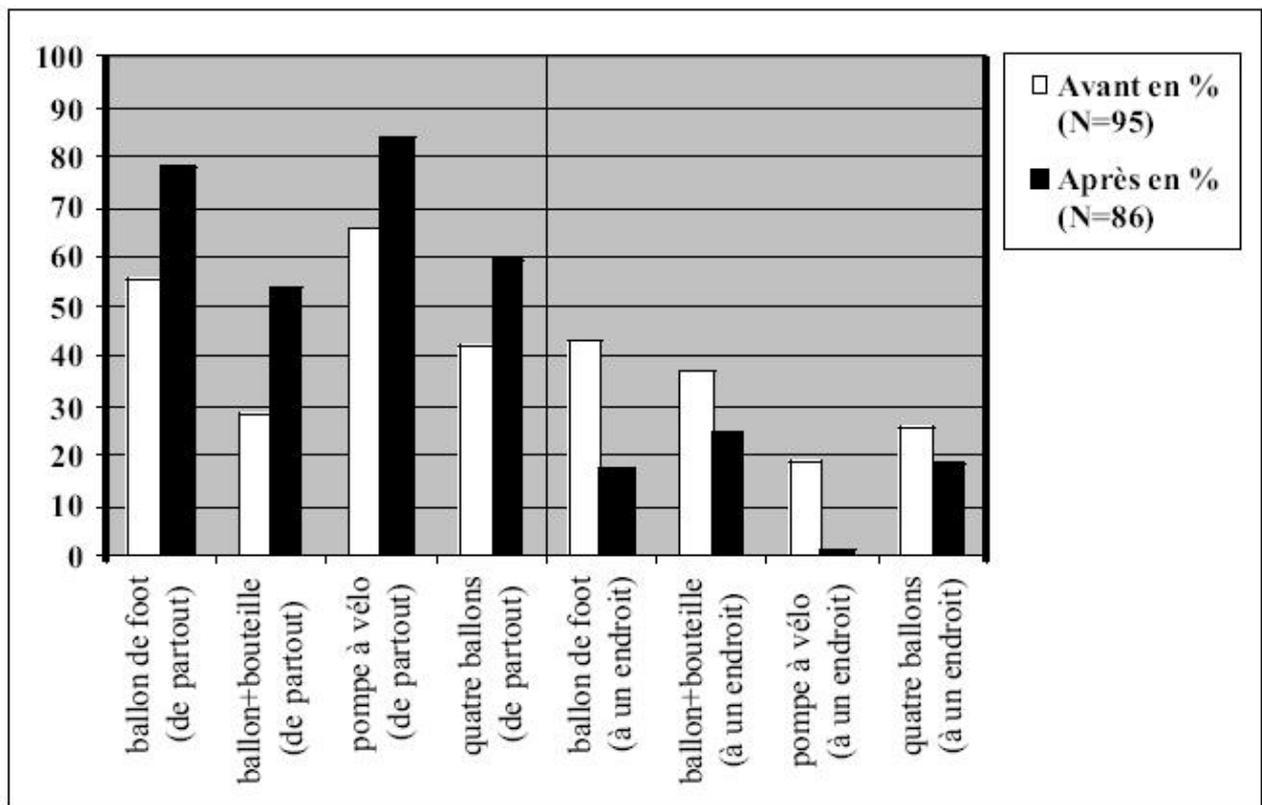
Cependant on trouve un certain nombre de dessins d'élèves, qui représentent le gaz comme étant seulement à **un endroit**. Nous donnons plusieurs exemples de ce type de représentation (figure 5.7).

Figure 5.7 : Dessin des élèves représentant le gaz comme réparti seulement à un endroit



Nous présentons maintenant un graphique dans lequel nous avons regroupé pour chaque situation d'un côté l'ensemble des dessins représentant le gaz réparti partout (catégorie **departout** sur le graphe) et de l'autre ceux qui représentent le gaz seulement à un endroit (catégorie **à un endroit** sur le graphique). La colonne ballon + bouteille correspond à la situation, où l'on chauffe une bouteille avec un ballon de baudruche dessus.

Figure 5.8 : Évolutions du pourcentage de dessin représentant le gaz de partout et à un endroit



Ce graphique montre qu'avant l'enseignement en moyenne 30 % des dessins ne représentent pas le gaz comme étant réparti de manière homogène. Il apparaît que, à la suite de l'enseignement, ce nombre diminue jusqu'à environ 15 %. Il est intéressant de remarquer que cette répartition

plus à un endroit

» n'est pas faite au hasard. En effet, pour la situation du ballon de football, on trouve que, dans la plupart de ces réponses, la représentation de l'air est concentrée au centre du ballon (figure 5.9).

Figure 5.9 : Représentation de l'air réparti au centre d'un ballon de football un peu dégonflé (au niveau macroscopique et microscopique)



Cette représentation permet d'expliquer, du point de vue des élèves, pourquoi les parois du ballon sont plus molles. En effet, on trouve parmi les réponses des élèves donnant ce type de représentation, les explications suivantes :

«

lorsque l'on appuie sur le ballon. On met la main sur du vide. Elle s'enfonce

.»ou

«

parce que le gaz ne touche pas les parois du ballon, parce qu'il est moins dense

»

ou encore

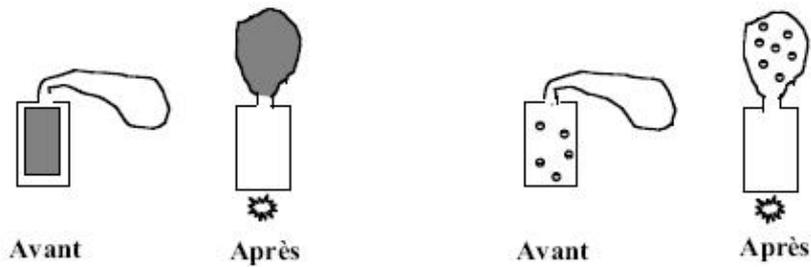
«

Comme l'air ne remplit plus tout l'espace disponible lorsque l'on appuie sur le ballon, cet endroit est mou, il s'enfonce

» (les citations d'élèves sont données telles quelles, sans modification ou correction de l'orthographe). Ce type de d'explications ne prend pas en compte le caractère expansible des gaz, et considère que lorsque l'on appuie sur le ballon, la paroi va se déformer jusqu'à ce que l'on touche l'air.

De même, dans la situation du ballon de baudruche posé sur une bouteille que l'on chauffe, l'air est représenté majoritairement en haut (figure 5.10). De plus, on trouve sur 35 % des dessins réalisés avant l'enseignement une flèche allant vers le haut.

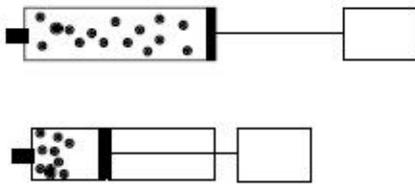
Figure 5.10 : Répartition de l'air chaud dans un ballon de baudruche (au niveau macroscopique et microscopique)



Dans ce cas encore, le gaz se répartit à l'endroit où se passe l'action. En effet, dans cette situation l'air ira dans le ballon (lieu où se déroule l'action) pour le gonfler. Ce type de représentation illustre la conception *l'air chaud monte* déjà identifiée par Séré (1985).

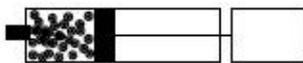
On retrouve ce type de représentations dans la situation de la pompe à vélo (figure 5.11). Comme nous le verrons par la suite (voir les résultats sur l'action des gaz), de nombreux élèves pensent que l'air agira plus sur l'une des parois se trouvant dans la direction du mouvement du piston. Là encore, le gaz se répartira à l'endroit où se déroule l'action.

Figure 5.11 : Représentation du gaz plus à en endroit en fonction de l'action du gaz



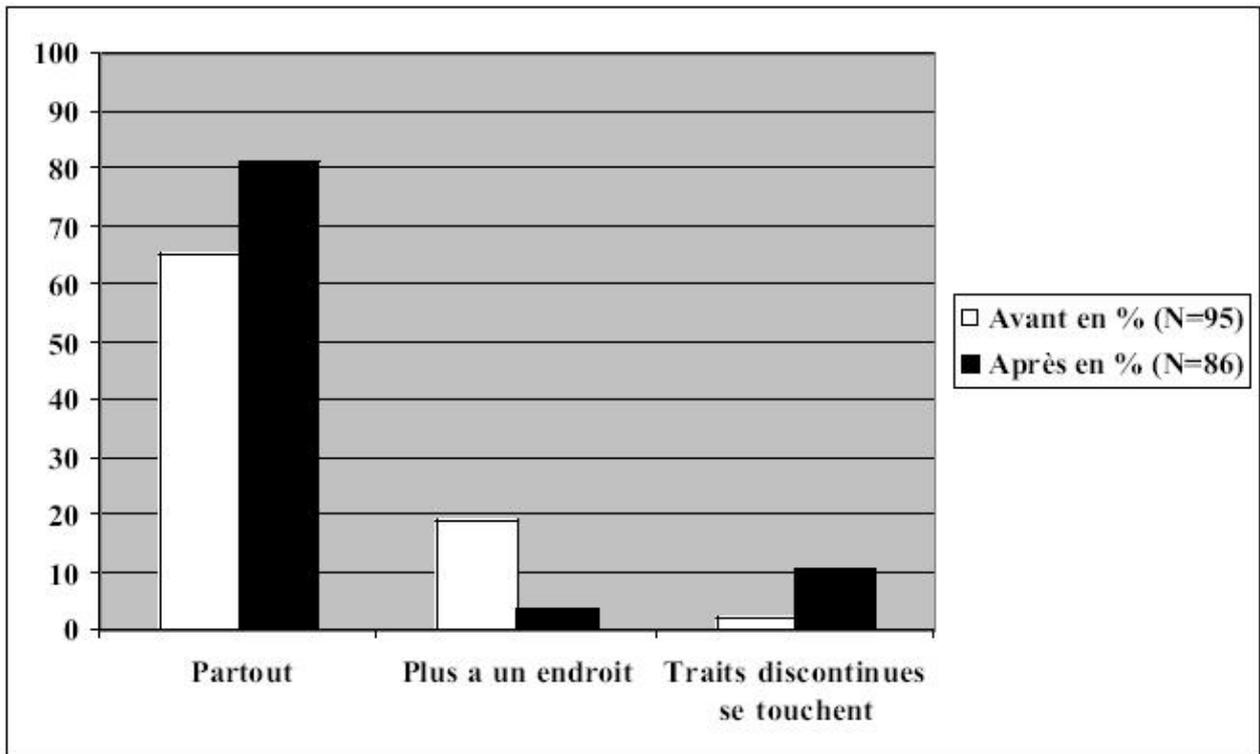
Cependant à la suite de l'enseignement, les dessins représentant le gaz, uniquement à un endroit de la pompe à vélo, ne sont presque plus proposés par les élèves (inférieur à 5 %). En revanche, on voit augmenter le nombre de dessins où le gaz est représenté par des traits discontinus qui se touchent (figure 5.12).

Figure 5.12 : Représentation du gaz par des traits discontinus qui se touchent



Ce type de dessins illustre le comportement que les élèves attribuent aux molécules. En effet, le fait que les molécules se touchent leur permet d'expliquer pourquoi lorsque l'on comprime de l'air dans une pompe à vélo, il est impossible de pousser le piston jusqu'au bout. Cette idée (les molécules se touchent), bien qu'inexacte du point de vue de la physique, permet d'expliquer un certain nombre de situations, particulièrement celles mettant en jeu une compression. La figure 5.13, montre, entre autres, l'évolution de cette représentation à la suite de l'enseignement.

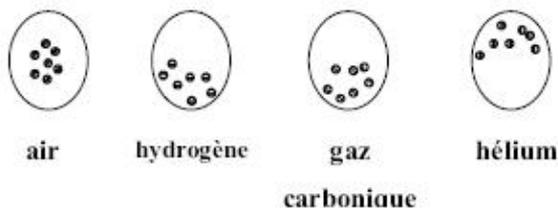
Figure 5.13 : Évolution de la répartition du gaz dans la situation de la pompe à vélo



Ce graphique montre qu'après l'enseignement les dessins représentant le gaz à un endroit particulier diminuent (jusqu'à environ 4 %). Cependant, parallèlement le nombre de dessins représentant l'air par des traits discontinus qui se touchent, augmente jusqu'à un peu plus de 10 %. On retrouve cette augmentation dans les trois autres situations, mais en très faible quantité (voir les tableaux de résultats sur la répartition dans l'annexe de l'analyse globale). Cette augmentation à la suite de l'enseignement est assez surprenante, car elle ne va pas dans le sens de la physique. Cependant, elle témoigne d'un début d'appropriation du modèle microscopique, puisqu'elle utilise le fait que les molécules ne se déforment pas.

Dans la situation des quatre ballons remplis de gaz différents, on retrouve encore des dessins représentant la répartition des gaz à certains endroits. Ici encore, cette répartition n'est pas faite au hasard. En effet, la plupart des dessins représentent l'hélium en haut (15 % avant l'enseignement). Concernant les autres gaz, on trouve en plus faible quantité des représentations où l'hydrogène et le gaz carbonique sont en bas (1 %) ou encore que les gaz sont plus au centre (5 % avant l'enseignement). La figure 5.14 illustre ces différents types de représentations :

Figure 5.14 : Représentation de différents gaz dans les quatre ballons de baudruche



La représentation de l'hélium en haut peut être interprétée par le fait que les élèves attribuent des propriétés macroscopiques (dans notre cas, celle de faire monter les objets) aux objets microscopiques. Ce raisonnement a été mis en évidence par plusieurs travaux didactiques sur les gaz (notamment Novick & Nussbaum 1978 ; Brook, Briggs & Driver 1984 ; Méheut & Chomat 1990). Cependant un certain nombre de dessins

représentent l'hélium comme un ensemble continu réparti en haut (figure 5.15).

Figure 5.15 : Représentation de l'hélium comme un ensemble continu



Ces dessins montrent que la propriété de l'hélium à faire monter certains objets, ne s'applique pas seulement au niveau microscopique, mais aussi au niveau macroscopique. C'est pourquoi nous interprétons ces représentations par le fait que la répartition du gaz est plus dense là où il agit. C'est-à-dire que l'hélium se situe plus en haut, car, pour les élèves, c'est là qu'il pousse sur les parois pour les élèves. Cette interprétation fonctionne aussi pour les représentations du gaz carbonique vers le bas, car un ballon que l'on a gonflé en soufflant dedans tombe. Il est possible que, pour les élèves, le gaz carbonique agisse vers le bas pour faire tomber le ballon.

Nous avons vu que pour chacune des situations, on trouve essentiellement deux types de représentation des gaz (partout et à un endroit). À travers ces deux groupes de représentations, deux points de vue s'opposent, la première est que le gaz se répartit partout et la seconde est que le gaz se répartit seulement à un endroit et que cet endroit est lié à l'action du gaz. Au cours de la séquence d'enseignement, les élèves doivent utiliser le modèle microscopique, qui spécifie que

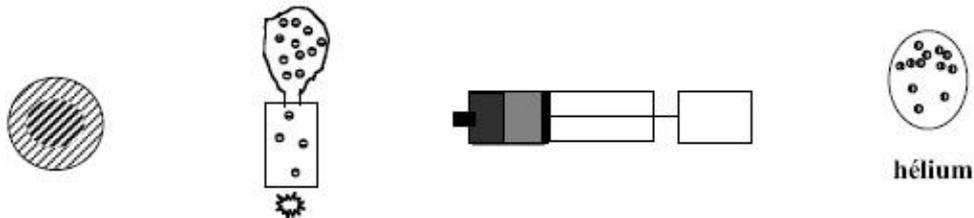
«

les molécules se répartissent dans tout le volume qui leur est offert

»

. Ceci renforce le fait que les gaz se répartissent partout et comme nous l'avons vu dans la figure 5.8, on constate une forte évolution des représentations allant dans ce sens. Cependant, à l'intérieur des dessins représentant le gaz partout, on trouve des représentations où le gaz a une répartition inhomogène. Ainsi, les élèves utilisent simultanément le fait que le gaz est réparti partout, et qu'il est plus à un endroit. Comme le montre la figure 5.16, ce type de représentation existe aux niveaux macroscopique et microscopique.

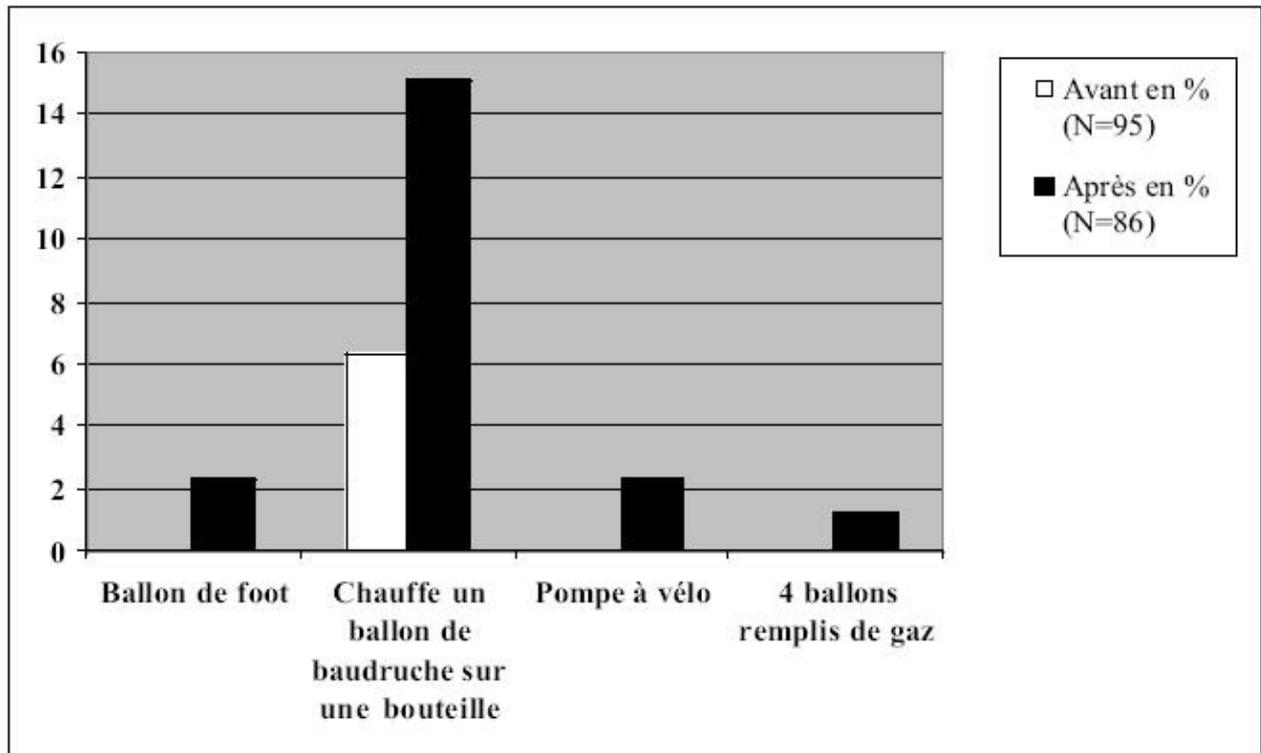
Figure 5.16 : Représentations macroscopiques et microscopiques de la répartition inhomogène du gaz dans les quatre situations



Ce type de représentation témoigne de la construction par les élèves d'une explication adoptant simultanément deux points de vue contradictoires (le gaz se répartit à un endroit, et le gaz se répartit partout). Ce type de construction a été observé par Vosniadou (1994) chez de jeunes enfants à propos de l'acquisition du modèle sphérique de la terre. Elle montre que les élèves construisent un modèle synthétique qui utilise simultanément

le fait que la Terre est plate et le fait qu'elle est sphérique. On trouve notamment que la Terre est une sphère aplatie sur le dessus (Vosniadou 1994, p.53). Ces résultats ont été retrouvés chez des étudiants à l'université à propos du modèle quantique de l'atome (Petri & Niedderer 1998). La figure 5.17 montre le nombre de réponses utilisant une représentation inhomogène des gaz.

Figure 5.17 : Évolution des représentations inhomogènes des gaz dans différentes situations

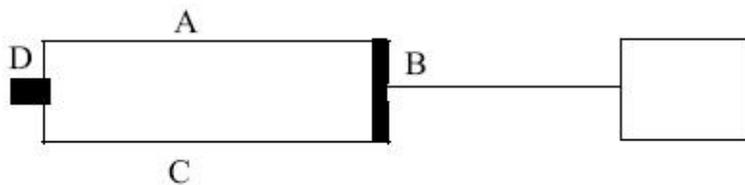


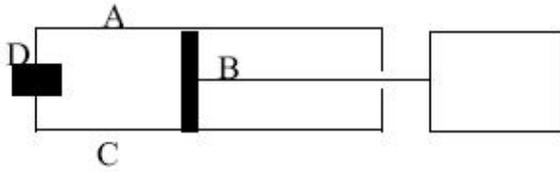
Les pourcentages d'élèves utilisant ce type de représentation est très faible et cette évolution ne semble pas significative pour trois situations (ballon de foot, pompe à vélo et 4 ballons remplis de gaz différents). Cependant, ce graphique montre que dans la situation où l'on chauffe un ballon de baudruche, les représentations inhomogènes existent avant enseignement (6 %) et qu'elles augmentent de presque 10 % après l'enseignement. Cette évolution est trop faible pour être considérée comme significative. Cependant, nous pensons qu'elle est liée à l'enseignement sur les gaz et qu'elle peut être envisagée comme un début d'acquisition du modèle particulaire par les élèves.

En résumé, il apparaît qu'avant l'enseignement, dans les quatre situations, le gaz ne se répartit pas partout pour environ 30 % des représentations des élèves et qu'à la suite de l'enseignement ce pourcentage augmente jusqu'à environ de 15%. De plus, nos résultats montrent que la répartition des gaz semble dépendre de l'endroit où le gaz agit. Ainsi, le gaz se répartira : (a) au centre du ballon de foot que l'on dégonfle, (b) uniquement dans le ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe, (c) sur l'une des parois se trouvant dans la direction du mouvement du piston d'une seringue et (d) en haut pour l'hélium contenu dans un ballon de baudruche. Deux types de représentations semblent émerger à la suite de l'enseignement sur les gaz. Bien qu'ils concernent un nombre très faible d'élèves, il semble que chacune de ces représentations utilise certaines règles du modèle microscopique :

Les gaz ont comme propriété de base d'agir sur tous les objets avec lesquels ils sont en contact. La physique rend compte de cette action à l'aide de la grandeur pression. Cette grandeur permet de quantifier l'action d'un gaz, notamment dans les situations où cette action n'est pas perceptible par nos sens. Le fait que les gaz agissent en permanence sur les objets, et cela dans toutes les situations, est loin d'être une évidence pour les élèves. En effet, il semble que pour la plupart des élèves (12-16 ans) l'air atmosphérique n'agit pas. De plus, pour des élèves de l'école primaire (Borghi et al.1988), ainsi que ceux du collège (Séré 1985), l'air n'agit que lorsqu'il est en mouvement. On constate aussi que pour les élèves, l'air enfermé semble avoir des propriétés différentes de l'air libre (De Berg 1992). De plus, les gaz enfermés n'agissent que lorsqu'une action est exercée sur eux et dans ce cas, il semblerait que les gaz n'agissent que dans une seule direction (vers le haut quand on les chauffe, dans la direction du mouvement lorsque l'on les comprime) (Séré 1985).

Dans le but de suivre l'évolution des élèves sur l'action du gaz et en nous basant sur ces résultats, nous avons élaboré des questions visant à tester (1) si pour les élèves l'air agit et (2) si, lorsqu'il agit, les élèves privilégient une direction. Pour cela, nous avons utilisé deux situations mettant en jeu de l'air enfermé dans une pompe à vélo, la première se déroule sans action sur le piston (ce qui favorise le fait que l'air n'agit pas puisque rien ne se passe) et la seconde lorsque l'on pousse dessus (ce qui favorise le fait que l'air agit). De plus, la seconde situation favorise l'action de l'air dans la direction du mouvement du piston. Voici l'énoncé des deux questions (le numéro avant l'énoncé correspond au numéro de la question dans le questionnaire) :





Réponse attendue par la physique :

Le tableau 5.18 donne les pourcentages de réponses concernant l'évolution de la direction de l'action de l'air entre la situation où l'on enferme de l'air dans une pompe à vélo et celle où l'on appuie sur le piston de cette pompe. La catégorie «pas de modification» signifie que les élèves répondent que l'air agit sur les parois ABCD dans les deux situations.

Tableau 5.18 : Modifications de la direction de l'air en fonction de l'action sur le piston d'une pompe à vélo

Évolution de l'action du gaz suite à une compression	Total en %	
	Avant	Après
Nombre d'élèves	95	86
Pas de modification	27	69
Aucun puis ABCD	13	7
Aucun puis B	5	1
Aucun puis D et B	1	1
Aucun puis D	1	1

ABCD puis D	25	5
ABCD puis B	4	7
D puis ABCD	2	0
D puis B	3	0
B puis D	1	1
Autres	17	8

Ce tableau donne les réponses des élèves concernant les parois sur lesquelles l'air agit dans la pompe sans action sur le piston puis dans la pompe lorsque l'on appuie sur le piston. Par exemple,

«

aucun puis D

» signifie que l'air n'agit sur aucune paroi dans la première situation (pompe sans action) et qu'il agit uniquement sur la paroi D dans la seconde (pompe avec action).

Avant l'enseignement, environ 20 % (somme des réponses

«

aucun

» dans le tableau) des élèves considèrent que l'air n'agit pas lorsqu'il n'y a pas d'action sur le piston. Nous retrouvons ainsi, les résultats de Séré (1985), mais dans une proportion beaucoup plus faible. De plus, 6 % (somme des réponses B et D dans la situation

«

pompe sans action

») des élèves pensent que l'air agira plus sur une paroi lorsqu'il n'y a aucune action sur le piston. Concernant la direction de l'action de l'air, il semble qu'avant l'enseignement sur les gaz, seulement 27 % des élèves envisagent que l'air agit sur toutes les parois pour les deux situations. Lorsque l'on pousse sur le piston, 40 % (somme des réponses B ou D dans la situation

«

pompe avec action

»

) des élèves considèrent que l'air agira plus dans une direction. De plus, cette direction est la même que celle du déplacement du piston, retrouvant ainsi certains résultats de Séré (1985).

À la suite de l'enseignement, 10 % des élèves pensent toujours que l'air n'agit pas lorsqu'il n'y a pas d'action sur le piston (somme des réponse

«

aucun

» dans le tableau) et 69 % des élèves pensent que l'air agit sur toutes les parois pour les deux situations (réponse pas de modification), ce qui représente une évolution d'environ 40 %. Lorsque l'on pousse sur le piston, on trouve que 16 % (somme des réponses B ou D dans la situation

«

pompe avec action

»

) des élèves continuent de penser que l'air agira plus dans la direction du mouvement du piston.

À la suite de ces résultats, il semble que la séquence d'enseignement favorise les réponses où l'air agit partout tout en diminuant celles où l'air agit dans une seule direction. Cette forte évolution semble être liée au fait que la séquence a lourdement insisté sur ce point et que les deux situations proposées par le questionnaire sont très proches de celles de la partie 2 mettant en jeu la compression de l'air dans une seringue.

Ces résultats sur l'action du gaz nous conduisent à aller plus loin, en analysant comment les élèves décrivent l'action du gaz, et plus particulièrement comment cette description évolue à la suite de l'enseignement. Pour cela, nous avons utilisé les situations suivantes : pompe à vélo sans action, pompe à vélo avec action sur le piston, ballon de football que l'on dégonfle, ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe et balles de ping-pong cabossées que l'on jette dans de l'eau bouillante. Nous présentons dans un premier temps, les résultats obtenus dans les situations utilisant la pompe à vélo et le ballon de football et dans un second temps ceux qui sont obtenus pour les situations de chauffage (ballon de baudruche et balle de ping-pong).

Pour les trois situations (ballon de foot, pompe à vélo avec et sans action), nous avons classé les explications des élèves traitant explicitement de l'action du gaz dans différentes catégories. Nous proposons d'illustrer ces résultats avec la situation du ballon que l'on dégonfle.

Voici l'énoncé de la question :

Réponse attendue par le savoir à enseigner :

Pour analyser les explications traitant explicitement de l'action du gaz nous avons distingué quatre catégories selon qu'elles font appel à :

Le graphique ci-dessous présente le pourcentage d'explications des élèves en fonction de nos catégories pour les trois situations (ballon de foot que l'on dégonfle, pompe à vélo **Sans Action (SA)** et pompe à vélo **Avec**

Action sur le piston (AA)). La catégorie

«

action des molécules

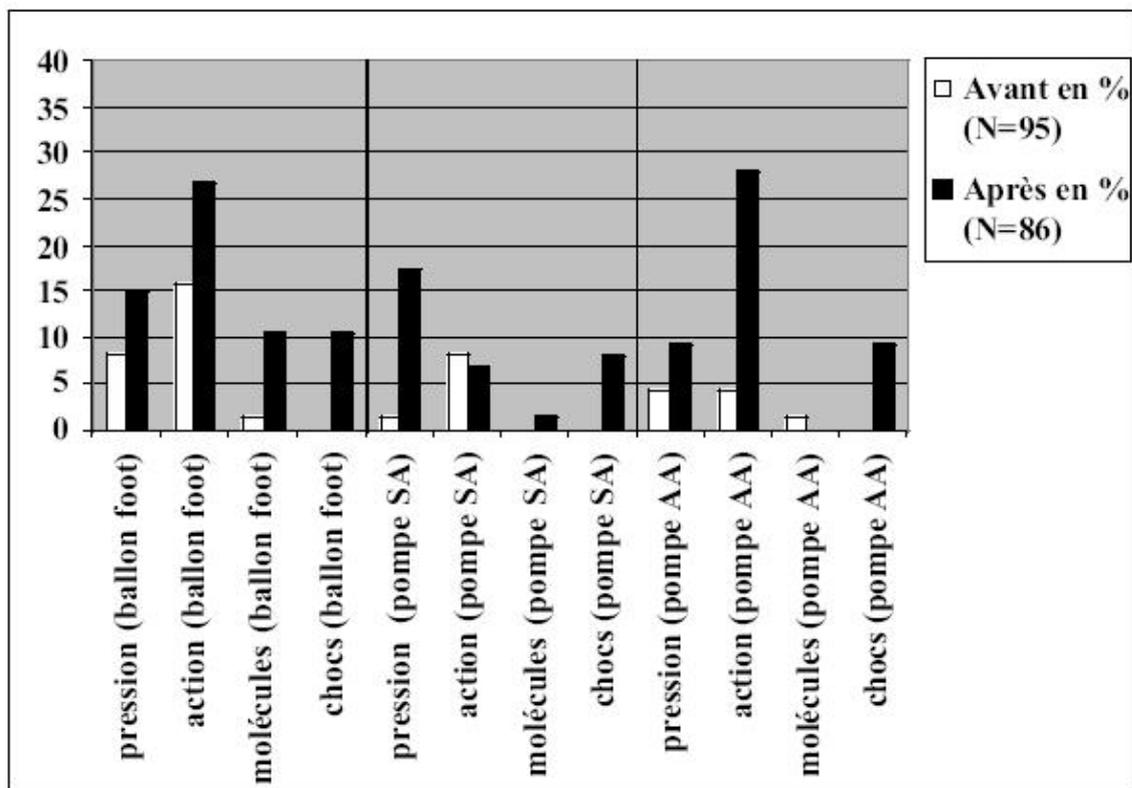
» correspond à

«

molécules

» sur le graphique.

Figure 5.19 : Évolution des explications des élèves sur l'action du gaz dans trois situations : ballon de foot que l'on dégonfle, pompe à vélo sans action (SA) et pompe à vélo Avec Action sur le piston (AA).



Ce graphique montre qu'avant l'enseignement, un petit nombre d'explications mettent explicitement en jeu l'action du gaz, (environ 25 % pour le ballon de foot, 10 % pour la pompe sans action (SA) et 10 % pour la pompe avec action sur le piston (AA)). Après l'enseignement, un nombre plus important d'élèves utilisent explicitement l'action du gaz dans leurs explications, respectivement 42 % pour le ballon de foot 34 % pour la pompe Sans Action et 45 % pour la pompe Avec Action. Dans ces explications, seulement environ 10 % utilisent le mécanisme des chocs des molécules pour décrire l'action des gaz, ce qui est très faible compte tenu des objectifs de la séquence d'enseignement visant à l'introduction d'un modèle microscopique des gaz. En revanche, après la séquence, nous observons que la situation de la pompe à vélo sans action sur le piston, semble favoriser les explications utilisant la pression comme une grandeur (+16 % après enseignement). Ceci ne semble pas être le cas des deux autres situations qui font émerger des explications utilisant l'action de l'air (environ 27 % pour ces deux situations, à la suite de l'enseignement). Ainsi les élèves savent que l'air agit, mais ils n'utilisent pas encore le vocabulaire de la physique pour le décrire. Dans cette catégorie, nous avons

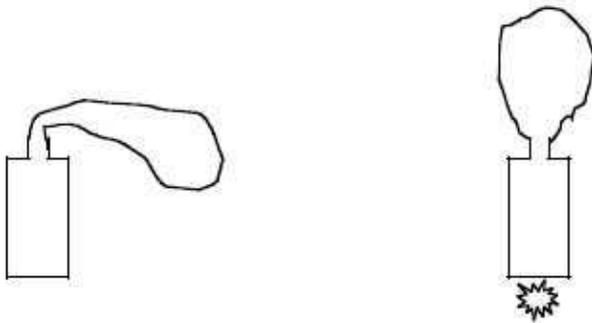
remarqué que les élèves utilisent le mot pression mais avec un sens différent de celui de la physique. Ils parlent notamment de l'air qui exerce une pression sur les parois. Cette utilisation est particulièrement intéressante, car elle témoigne du fait que les élèves commencent à employer un mot de la physique pour décrire l'action des gaz, sans pour autant avoir construit son sens (physique), ils l'utilisent d'ailleurs avec celui qu'il a dans le quotidien. Les explications du type

«

l'air exerce une pression sur les parois

», indiquent que les élèves se sont approprié la notion que l'air agit ; ils leur restent cependant à apprendre à utiliser les bons mots pour en rendre compte.

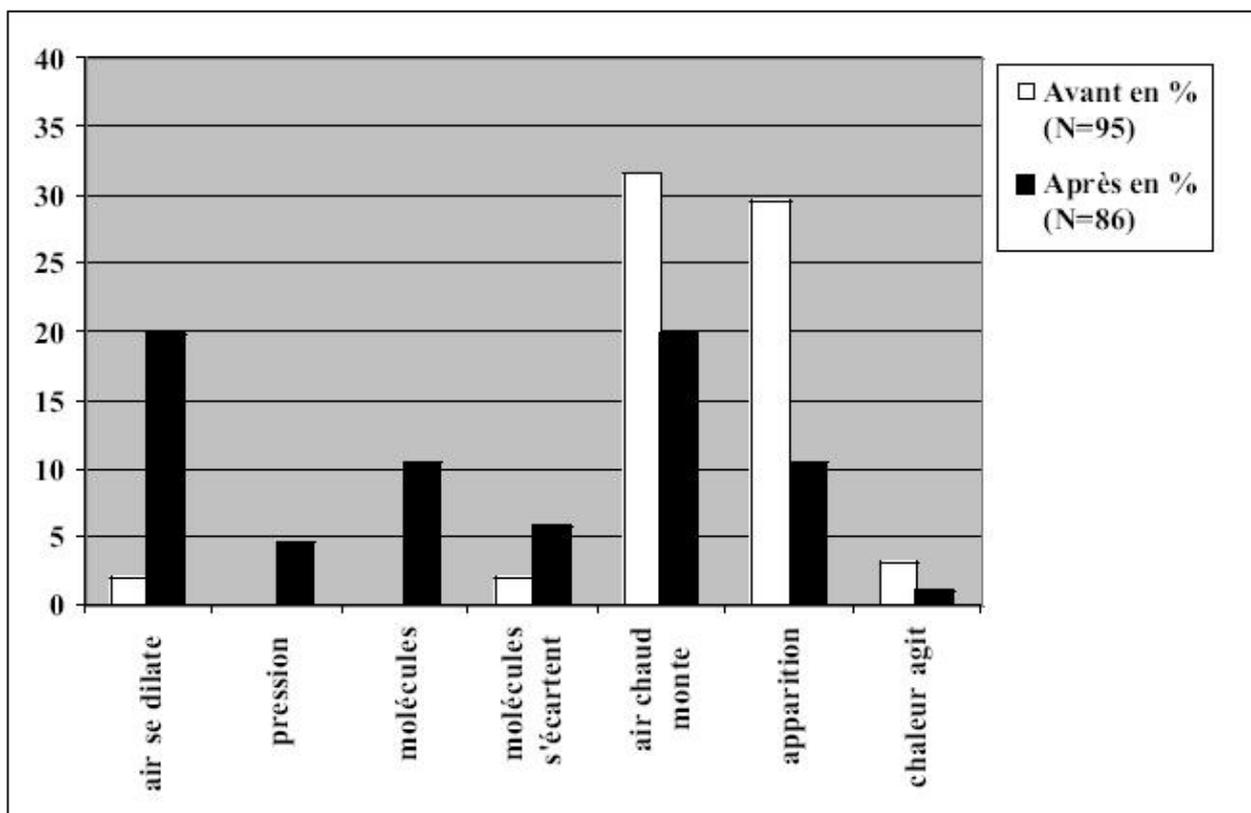
Les gaz ont la propriété de se dilater lorsque l'on les chauffe, c'est-à-dire que leur volume augmente. De plus, cette augmentation de volume est proportionnelle à la température. Les situations de chauffage semblent être plus difficiles à appréhender que les autres pour les élèves (Méheut 1996). De plus, il semble qu'une partie des élèves interprète les phénomènes de dilatation soit en expliquant que l'air chaud monte, soit en expliquant qu'une transformation fait apparaître un nouveau gaz (Séré 1985). Nous avons testé la manière dont les élèves interprètent le phénomène de dilatation dans deux situations. Voici, l'énoncé de la première situation (le numéro avant l'énoncé correspond au numéro de la question dans le questionnaire) :



Le phénomène de dilatation de l'air peut être expliqué du point du savoir à enseigner pour deux niveau :

Voici quelques exemples d'explications d'élèves que nous avons regroupées par catégorie :

Nous présentons l'évolution des explications des élèves à travers ces catégories (figure 5.20).



Ce graphique montre qu'avant l'enseignement, la plupart des explications sont du type l'air chaud monte (32 %) ou du type il y a une apparition de gaz (28 %). L'utilisation de

«

l'air chaud monte

»

par les élèves illustre parfaitement l'exemple d'une connaissance quotidienne utilisée hors de son domaine de validité. En effet, cette connaissance fonctionne très bien pour interpréter les phénomènes se déroulant à l'air libre, elle est d'ailleurs couramment utilisée par la météo (où le front d'air chaud passe au-dessus de l'air froid), cependant elle devient inadaptée lorsque l'on enferme du gaz dans une enceinte. De même, l'utilisation de l'apparition d'un gaz par les élèves peut être interprétée par le besoin d'augmenter la quantité de gaz pour qu'il puisse agir. Dans de nombreuses situations quotidiennes, notamment lorsque l'on gonfle un ballon de

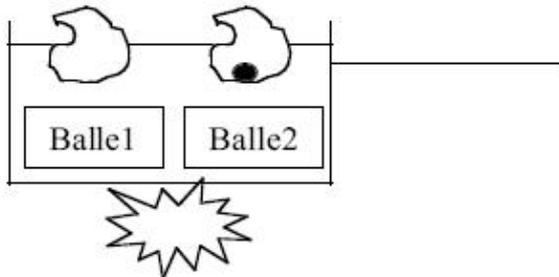
baudruche ou un pneu de vélo, on augmente la quantité de gaz, et donc le volume des objets augmente. Il semble possible que les élèves utilisent un raisonnement analogue, c'est-à-dire que pour que le ballon se gonfle, il faut que la quantité de gaz augmente, pour cela il y a un gaz qui apparaît. Après l'enseignement, il apparaît que ces deux types d'explications diminuent (d'environ 10 % pour l'air chaud monte et 20 % pour l'apparition du gaz) et que les explications décrivant la dilatation de l'air augmentent d'environ 17 %. Cependant, l'air se dilate et l'air chaud monte, se trouvent au même niveau (environ 20 %) après l'enseignement. De plus, très peu d'explications utilisent la pression (environ 5 %) ou l'agitation des molécules (environ 10 %), et cela bien que ces deux concepts ont été traités durant la séquence d'enseignement sur les gaz. Il est intéressant de remarquer que les explications dans lesquelles les molécules s'écartent les unes des autres, bien que très peu nombreuses (environ 2 % avant l'enseignement), augmentent après l'enseignement jusqu'à 6 %. Ce type de raisonnement revient à affecter aux molécules la propriété macroscopique de l'air de prendre plus de place. Ceci permet d'expliquer le fait que le ballon se gonfle. La catégorie

«

la chaleur agit

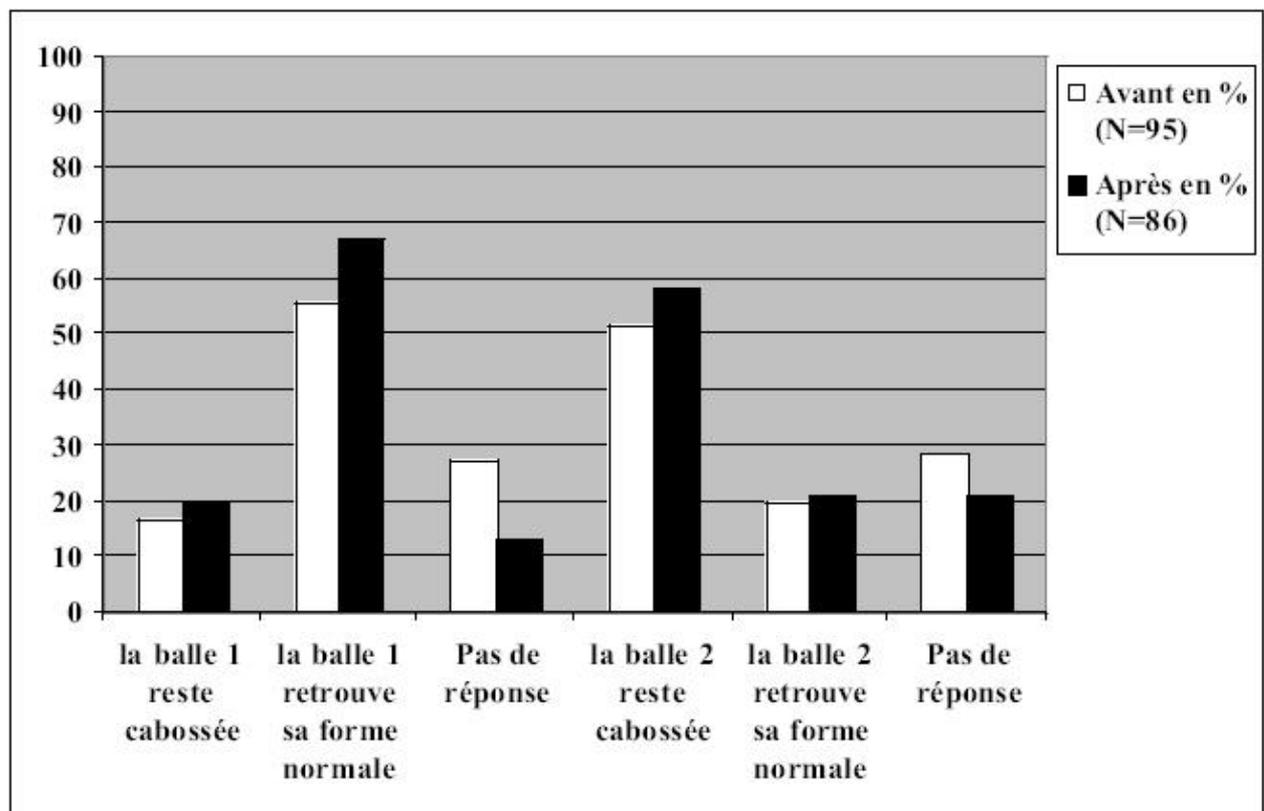
» témoigne qu'un tout petit nombre d'élèves utilise l'action de la chaleur plutôt que celle de l'air pour expliquer le fait que le ballon se gonfle.

Nous avons proposé une seconde situation, dont voici l'énoncé :



Les réponses attendues du point de vue du savoir à enseigner sont que la balle sans trou retrouve sa forme initiale et la balle trouée reste cabossée car l'air va s'échapper par le trou. Les catégories d'explications sont les mêmes que celles qui sont énoncées pour la situation précédente.

Voici, les réponses données par les élèves sur le fait que les balles retrouvent ou non leurs formes initiales (figure 5.21)



Le graphique (figure 5.21) montre qu'un nombre important (environ 20 %) d'élèves ne réponde pas à cette question, ce qui peut s'expliquer par le fait que cette situation est peu familière, voire inconnue pour eux. En revanche, plus de 50 % des élèves prévoient correctement la modification de la forme des balles de ping-pong.

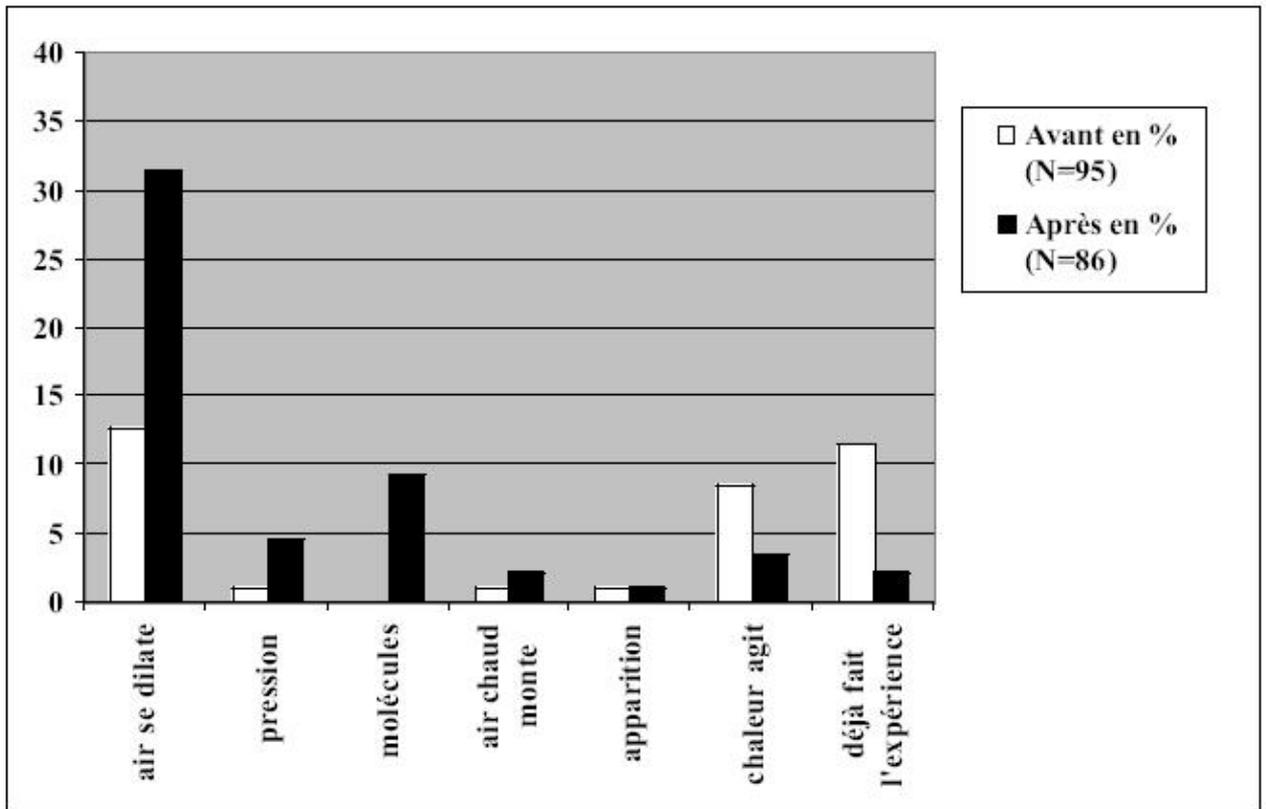
Parmi les réponses soutenant que la balle trouée retrouve sa forme normale (de l'ordre de 20 %) et que la balle sans trou restera cabossée, on trouve un petit nombre d'explications utilisant le fait que quelque chose va rentrer dans la balle pour agir et lui redonner sa forme normale. Ce quelque chose peut être du gaz, de l'air ou de l'eau chaude. Ce type d'explications utilise le raisonnement causal

«

plus-plus

» (diSessa 1987) entre la quantité et l'action du gaz, c'est-à-dire que plus la quantité de gaz augmente (cause), plus son action sur les parois sera importante (effet).

Le graphique (figure 5.22) présente le type d'explications fournies par les élèves justifiant que la balle de ping-pong sans trou retrouve sa forme normale (soit environ 55 % des élèves avant enseignement).



La figure 5.22 montre que cette situation, contrairement à celle du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer, mobilise très peu les explications utilisant

«

l'air chaud monte

» ou celles employant

«

l'apparition de gaz

». On trouve, plutôt des explications utilisant

«

la dilatation de l'air

», le fait que

«

la chaleur agit

» ou

«

qu'ils ont déjà fait l'expérience

». Après l'enseignement, on constate une augmentation concernant essentiellement les explications du type

«

l'air se dilate

». On trouve aussi une légère augmentation des explications utilisant

«

la pression

» et

«

l'agitation des molécules

». Cependant, cette augmentation est trop faible pour être significative.

En conclusion, il apparaît qu'avant l'enseignement la majorité des explications des élèves sont de type

«

l'air chaud monte

» ou

«

apparition de gaz

» pour la situation du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer. Pour la situation des balles de ping-pong, on trouve essentiellement des explications du type

«

l'air se dilate

»,

«

la chaleur agit

» ou

«

les élèves ont déjà fait l'expérience

». Après l'enseignement, on constate principalement une augmentation des explications du type

«

l'air se dilate

», on trouve une augmentation des explications utilisant

«

la pression

» et

«

l'agitation des molécules

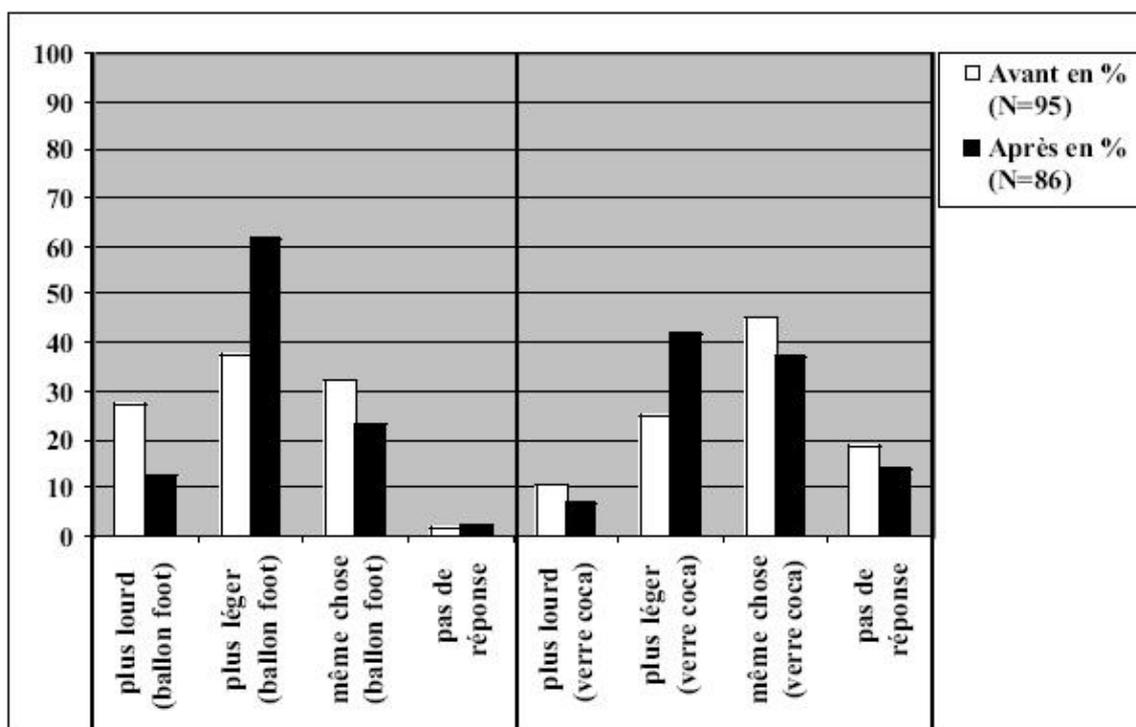
», cependant elle est trop faible pour pouvoir être considérée comme significative.

Un des principaux aspects de la matérialité des gaz est qu'ils possèdent une masse. Cependant, les travaux didactiques sur ce sujet montrent que l'air n'a pas de masse pour la plupart des élèves français de 11-13 ans (Séré 1985) et qu'en revanche les élèves israéliens de 14-15 ans considèrent que le gaz est pesant (Stavy 1988). Partant de ce constat, nous avons fait le choix de tester deux situations, pour voir si, pour les élèves, le gaz a une masse. La première situation met en jeu un ballon de football que l'on dégonfle et la seconde un verre de boisson gazeuse dont les bulles s'échappent. Ces deux situations font intervenir une diminution de la quantité de gaz dans un système. Le premier système est délimité par les parois du ballon qui contiennent de l'air, et le second est matérialisé par le verre, qui est formé de trois phases différentes : une phase solide (le verre), une phase liquide (la boisson sans les bulles de gaz) et une phase gazeuse (les bulles de gaz contenues dans la boisson). Dans cette dernière situation, seules les bulles de gaz diminuent. Voici les énoncés des deux situations (le numéro précédant l'énoncé correspond au numéro de la question dans le questionnaire) :

Réponse attendue du point de vue du savoir à enseigner :

Pour faire notre analyse, nous avons séparé les **réponses**, correspondant aux choix multiples entre l'air pèsera : plus lourd, plus léger ou la même chose, des **explications**. Nous présentons dans un premier graphique l'évolution des choix des élèves pour les deux situations :

Figure 5.23 : Évolution des choix des élèves sur la masse lors d'une diminution de la quantité de gaz contenue dans un ballon de foot et dans un verre de coca.

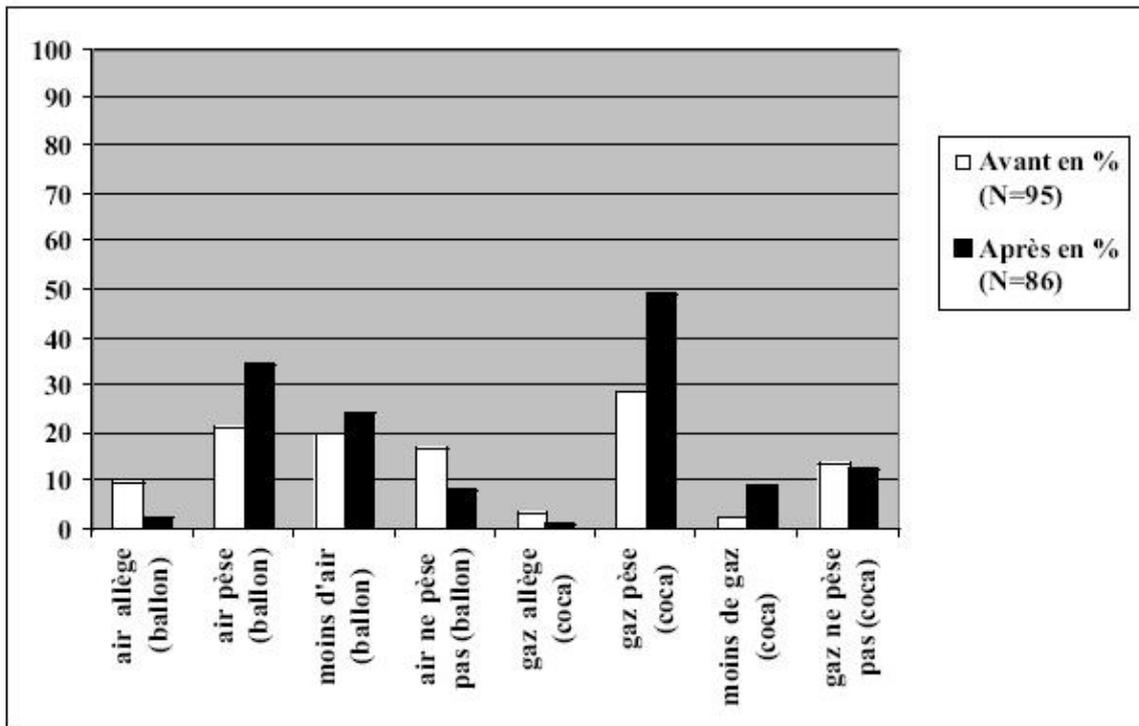


Ce graphique montre qu'un plus grand nombre d'élèves ne répondent pas à la situation du verre de coca (environ 15 %) comparée à celles du ballon de football (environ 2 %). Cette différence peut s'expliquer par le fait que la situation du verre contenant une boisson gazeuse est la dernière du questionnaire et donc que les élèves ont moins de temps pour y répondre. À travers les réponses des élèves, il semble qu'avant l'enseignement, 27 % des élèves pensent que l'air allège les objets, que 30 % considèrent qu'il ne pèse pas et que pour 37 % il pèse. Concernant le verre de coca, on trouve que le gaz allège seulement pour 10 % des élèves, qu'il a une masse pour environ 25 % et qu'il ne pèse pas pour 45 %. Après l'enseignement, on trouve majoritairement (plus de 60 %) que l'air pèse pour le ballon de foot. Concernant le verre de coca, le gaz sera pesant pour un peu plus de 40 % des élèves et ne pèsera rien pour environ 37 % d'entre eux. Compte tenu du fait que, dans le coca, les bulles partent vers le haut, nous pensons que cette situation favoriserait l'idée que le gaz allège. Apparemment, il semblerait qu'elle favorise le fait que le gaz ne pèse pas.

À travers les explications des élèves, nous cherchons à savoir si les gaz sont pesants. Dans cette analyse, nous ne cherchons pas à établir s'ils font la distinction entre le poids et la masse, c'est pourquoi nous avons regroupé dans la même catégorie le gaz pèse, lorsqu'ils utilisent des mots comme poids, masse, peser, ... Les explications des élèves ont été regroupées selon quatre catégories :

Le graphique ci-dessous présente le pourcentage d'explications selon nos différentes catégories :

Figure 5.24 : Évolution des explications des élèves sur la masse pour le ballon de football et le verre de coca.



Ce graphique montre qu'après l'enseignement, les explications du type

«

l'air ne pèse pas

» diminue de presque 10 % pour le ballon de foot et quasiment pas pour la situation du verre de coca. En revanche, l'air pèse est le type d'explication majoritaire après l'enseignement, ce qui représente respectivement 35 % pour le ballon de foot et presque 50 % pour le verre de coca. À l'intérieur de cette catégorie, on trouve quelques explications d'élèves (2,4 % pour le ballon de foot et 2,4 % pour le verre de coca) utilisant des points de vue contradictoires, par exemple :

«

un gaz a une masse

, de l'air s'échappe du ballon donc il y a moins d'air cependant

le ballon, lui-même est

plus lourd un peu dégonflé

». Ce type d'explication utilise simultanément le point de vue (que nous reconstruisons à partir du texte mis en gras) que *le gaz pèse* et que *le gaz allège*.

En conclusion, il apparaît qu'avant l'enseignement, plus de 25 % des réponses d'élèves considèrent que le ballon de foot sera plus lourd et environ 30 % qu'il pèsera la même chose. On trouve aussi que seulement 10 % des réponses d'élèves considèrent que le verre de coca sera plus lourd et 45 % que le verre de coca pèsera la même chose une fois que toutes les bulles seront parties. Cependant, lorsque l'on regarde les explications, il apparaît que l'explication le gaz pèse est celle qui est la plus utilisée par les élèves et cela

même pour les réponses disant que le ballon de foot ou le verre de coca pèse la même chose. À la suite de l'enseignement, il apparaît que ce sont les explications du type *le gaz pèse* qui augmentent le plus (35 % pour le ballon de foot et presque 50 % pour le verre de coca). Les autres types d'explications (le gaz ne pèse pas ou le gaz allège) diminuent.

Nous avons élaboré, à partir des travaux didactiques sur les gaz, un questionnaire mettant en jeu autant que possible des situations de la vie quotidienne. Nous avons passé ce questionnaire à des élèves de trois classes de seconde appartenant à deux lycées de Lyon. En tout, 95 élèves ont été interrogés avant l'enseignement sur les gaz et 86 après. Notre analyse montre, qu'après l'enseignement, environ 70 % des élèves utilisent les molécules pour représenter les gaz. Cependant, on trouve que seulement 20 % d'élèves, les utilisent dans leurs explications. Concernant la répartition des gaz dans une enceinte, avant l'enseignement, on trouve qu'environ 30 % des élèves dessinent les gaz avec une répartition non homogène. De plus, nos résultats montrent que cette répartition semble dépendre de l'endroit où agit le gaz. À l'issue de l'enseignement, 70 % des élèves représentent le gaz réparti partout et seulement 15 % continuent à le dessiner plus à un endroit. Concernant l'action des gaz, avant l'enseignement, seulement 27 % des élèves considèrent que le gaz agit sur toutes les parois d'une pompe à vélo. Ce résultat passe à 70 % après l'enseignement. Toujours après l'enseignement, on trouve que l'action du gaz est décrite majoritairement par le fait qu'il pousse sur les parois pour les situations

«

ballon de foot

» et

«

pompe avec action

», alors que dans la situation

«

pompe sans action

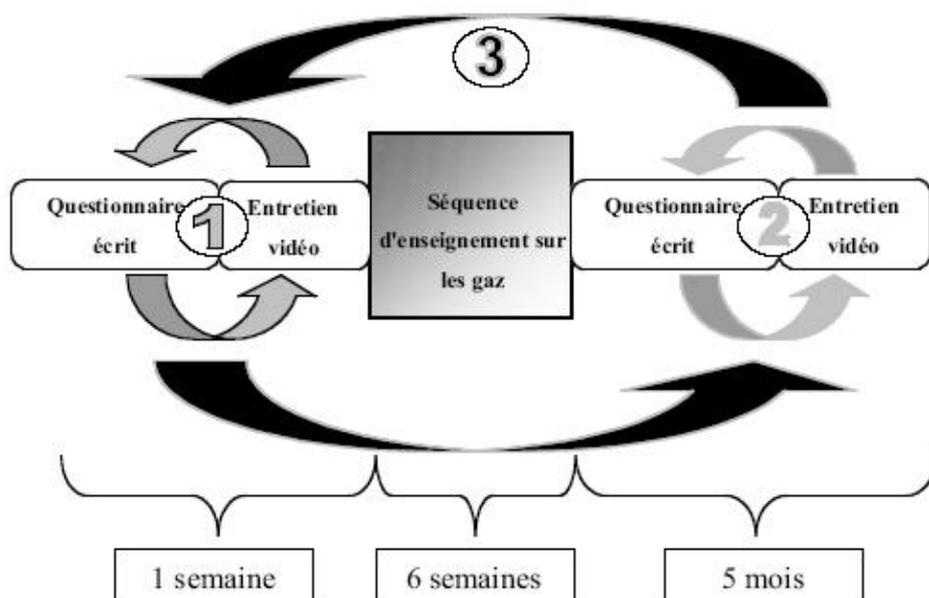
», la plupart des élèves décrivent l'action du gaz à partir de la pression. De plus, il apparaît qu'avant l'enseignement les élèves expliquent les phénomènes de dilatation par le fait que l'air chaud monte (32 %) ou que du gaz apparaît (28 %) dans la situation du ballon de baudruche et par l'air se dilate (12 %) pour la situation des balles de ping-pong cabossées. Après l'enseignement, on trouve que la majorité des explications fournies utilisent le fait que l'air se dilate, mais cela ne représente pas plus de 30 % du total des explications. Concernant le caractère pesant des gaz, malgré une augmentation du nombre d'explications utilisant le fait que le gaz pèse à la suite de l'enseignement, seulement 35 % des élèves l'utilisent pour la situation du ballon de foot et 50 % pour le verre de coca.

Comme le montre les tableaux de résultats des trois classes (voir l'annexe de l'analyse globale), les réponses des élèves de la classe de 2^{nde} 8 sont proches (de 10 % à 20 % suivant les questions) de celles des deux autres classes. Dans le chapitre suivant nous proposons de suivre finement l'évolution de deux élèves de 2^{nde} 8.

Chapitre 6. Analyse des idées de deux élèves avant et après l'enseignement

Ce chapitre se propose d'étudier l'évolution des idées de deux élèves (Anne et Ellen) de la classe de 2nde 8, avant et après la séquence d'enseignement. Ces deux élèves ont été sélectionnées, parmi les quatre groupes que nous avons filmés, pour leur forte participation durant la séquence d'enseignement et leur niveau moyen (selon l'enseignante), qui les rend représentative d'une partie des élèves de la classe. Pour mener à bien cette étude, nous reconstruisons les idées des élèves à partir de leurs productions (orales, écrites...) en faisant une analyse indépendante du questionnaire et de l'entretien. Au cours de cette reconstruction, nous évaluons la stabilité des idées à travers les situations pour chacune des données. Par la suite, nous comparons les idées issues des différentes données en prenant en compte : (a) l'intervalle de temps entre le recueil des données et (b) les conditions de passages entre le questionnaire (écrit) et l'entretien (oral). Notre analyse se déroule en trois étapes (figure 6.1).

Figure 6.1 : Comparaisons des idées reconstruites à partir des différentes données.



La première étape consiste à comparer les idées reconstruites à partir des données recueillies avant l'enseignement. La seconde étape consiste à comparer les idées à partir des données recueillies après l'enseignement. Cette comparaison teste la stabilité des idées sur un temps long (5 mois), ainsi que sur des données différentes. La troisième étape consiste à comparer les idées reconstruites à partir des données avant l'enseignement avec celles issues des données après. Le but de cette dernière comparaison est d'étudier l'évolution des idées à la suite de l'enseignement.

Notons que dans la suite de ce travail, par convention, les productions d'élèves sont mises entre guillemets et sont écrites en italique sans aucune correction de l'orthographe. Les idées sont notées en italique et les situations qui composent le domaine d'application entre parenthèses.

Dans cette partie nous reprenons les trois étapes citées ci-dessus (voir figure 6.1) en reconstruisant les idées d'Anne avant l'enseignement, puis après l'enseignement, pour ensuite les comparer entre-elles.

Cette partie propose de présenter la reconstruction des idées à partir du questionnaire, puis de l'entretien, pour ensuite comparer la stabilité des idées d'Anne à travers ces deux types de données.

Dans le but de situer Anne par rapport au reste de sa classe, nous allons comparer au fur et à mesure de notre analyse, ses réponses avec celles des autres élèves. Cette comparaison est disponible dans l'annexe de l'analyse fine avant/après. Durant cette analyse, nous utilisons les abréviations des situations du questionnaire (voir l'annexe de l'analyse globale). Ceci nous permet de signaler qu'Anne n'a pas répondu aux questions (5.1)

«

quatre ballons E

» et (7.1)

«

verre coca

», qui concernent la déformation de ballons de baudruche remplis de gaz différents et la masse des bulles contenues dans un verre de coca.

Nous présentons les idées d'Anne en fonction des catégories définies à partir d'une analyse des connaissances préalables des élèves (voir chapitre 4). Nous commençons par la catégorie

«

sens des mots

», qui s'intéresse au vocabulaire utilisés par les élèves pour décrire les gaz.

Cette catégorie s'intéresse aux sens qu'Anne donne aux mots gaz et pression. Comme nous l'avons déjà signalé dans l'analyse lexicologique (chapitre 4), en physique, le mot gaz est un hyperonyme du mot air, c'est-à-dire qu'il est plus général (l'air est un gaz particulier) et il peut être utilisé à la place du mot air. Cependant, cette utilisation ne fonctionne pas dans le quotidien. En effet, les phrases :

«

je respire de l'air

» et

«

je respire du gaz

» ont une signification très différente dans le quotidien. Nous avons cherché à connaître, si le mot gaz était employé avec une signification proche du mot air, dans les réponses d'Anne au questionnaire. Il semble que ce soit le cas, dans la question 2.2

«

ballon de foot (masse)

»

:

«

le ballon sera moins dur car

l'air, le gaz

(une partie) sera enlevé. Le poids du ballon diminue donc il deviendra + léger

» (par convention les réponses des élèves sont mises entre guillemets et écrites en italique, sans corriger l'orthographe). Dans les questions

«

ping-pong 1&2

», mettant en jeu deux balles de ping-pong cabossées (l'une avec un trou et l'autre sans) que l'on jette dans de l'eau très chaude, Anne donne les réponses suivantes : la balle sans trou

«

reste cabossée, car elle n'a pas de trou de

l'air

ne rentrera pas

», alors que la balle trouée «

retrouve sa forme normale car le

gaz

va rentrer dans la balle

». Bien qu'ici ce soit moins flagrant, les mots air et gaz sont utilisés pour désigner la même chose. À partir des unités de sens mises en gras (voir cadre théorique sur la reconstruction des idées), nous reconstruisons l'idée que le mot gaz est employé avec le même sens que le mot air. Cette idée est notée *gaz = air* (ballon foot (masse), ping-pong 1 & 2), ce qui est entre parenthèses correspond à l'abréviation des situations qui constituent le domaine d'application de cette idée. Anne attribue les mêmes propriétés à l'air et au gaz, en effet :

«

L'air est composé de divers molécules

»,

«

l'air est invisible

»,

«

l'air est présent dans tout notre entourage

» et

«

le gaz est composé de plusieurs molécules

» et

«

le gaz est présent tout le temps, il est invisible

». De plus, elle représente de la même façon les différents gaz (air, hélium, gaz de ville, hydrogène) contenus dans les ballons de baudruche. Cependant, pour elle, seuls les gaz ont la possibilité d'apparaître dans une enceinte fermée que l'on chauffe (nous détaillerons cette particularité dans la partie action du gaz).

Anne utilise le mot pression dans plusieurs de ses explications avec un sens assez différent de celui qu'on lui donne en physique. En effet, ce mot ne décrit pas une grandeur mesurable servant à décrire certains aspects de l'état d'un gaz, mais plutôt l'action de pousser. Elle écrit notamment :

«

l'air va

exercer une pression plus forte

sur la paroi B

»,

«

car l'air est

poussé

par la paroi B mais la paroi D

elle reçoit cette pression

», «*si on lâche le piston, il va être **poussé** à l'extérieur car la **pression** de l'air va le faire reculer*». À partir des unités de sens mis (en gras), nous reconstruisons l'idée que le mot pression est utilisé avec la signification de pousser, ce que nous notons *pression = action de pousser* (pompe sans action, pompe avec action, pompe pousse/lâche).

Les deux premières questions du questionnaire demandent de faire quatre phrases avec le mot air puis avec le mot gaz. Dans ces questions, Anne écrit entre autres que

«

l'air est composé de divers molécules

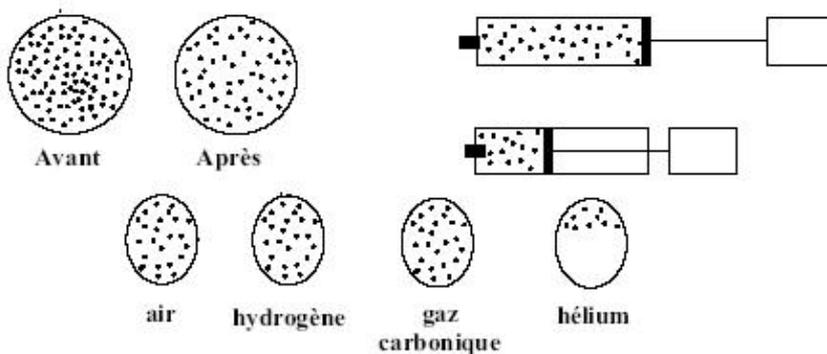
» et que

«

le gaz est composé de plusieurs molécules

». De plus, elle représente l'air et les gaz, par des traits discontinus dans trois des quatre questions demandant de faire des dessins (figure 6.2).

Figure 6.2 : Dessins d'Anne représentant le gaz par des traits discontinus



À partir des dessins d'Anne présentés dans la figure 6.2 et des phrases précisant que

«

l'air est composé de divers molécules

» et que

«

le gaz est composé de plusieurs molécules

», nous reconstruisons l'idée *le gaz est composé de molécules*, son domaine d'application correspond donc aux situations du ballon de foot, de la pompe à vélo sans action sur le piston, de la pompe à vélo lorsque l'on pousse sur le piston et des quatre ballons de baudruche remplis de gaz différents. Cette idée et son domaine d'application sont notés : *le gaz est composé de molécules* (ballon foot S, pompe sans action S, pompe avec action S, 4 ballons S) le S signifie que la question demande de répondre sur un Schéma. Dans la classe de 2nde 8, le nombre d'élèves avant l'enseignement qui représentent le gaz par des traits continus est faible : 33 % pour la situation du ballon de foot, 26 % pour la pompe à vélo et seulement 13 % pour les gaz contenus dans les quatre ballons. Bien qu'Anne fasse partie de la minorité des élèves à utiliser les molécules pour représenter les gaz, elle ne les utilise pas pour autant dans ses explications. Nous pensons qu'elle n'associe pas encore de mécanisme particulier aux molécules (comme les chocs, la vitesse...). En résumé, Anne fait partie des rares élèves de sa classe pour qui le gaz est composé de molécules, cependant elle ne les fait pas intervenir dans ses explications.

Anne utilise l'idée *le gaz est présent partout* dans un grand nombre de situations, elle écrit entre autres :

«

l'air est présent dans tout

notre entourage

»(mot air),

«

le gaz est présent tout le temps

»(mot gaz)... Cette idée avec son domaine d'application est notée *gaz est présent partout* (mot air, mot gaz, ballon foot S, chauffe ballon S, pompe S, quatre ballons S), le S signifie une question demandant de répondre sur un Schéma.

Pour Anne, le gaz a la propriété d'apparaître dans les enceintes fermées, elle écrit

«

le gaz peut se former dans plusieurs endroits: (expérience, ...)

»

.

De plus, dans la situation utilisant un ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe, Anne explique que

«

quand on

chauffe la bouteille

, il y a

formation de gaz

[...]

»

.

À partir des unités de sens (en gras), nous reconstruisons la relation causale entre l'idée que l'on chauffe et l'idée qu'il y a formation de gaz. Ce réseau d'idées est noté : *chauffe apparition gaz* (chauffe ballon). Le indique une relation causale entre deux idées, ici le fait qu'on chauffe est la

«

cause

» et l'apparition de gaz est

«

l'effet

».

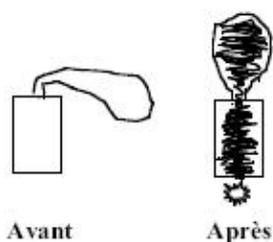
Parmi les quatre phrases écrites par Anne, à propos de l'air, on trouve que

«

l'air est présent dans tout notre entourage

». De plus, comme le montrent les figures 6.2 (ci-dessus) et 6.3 (ci-dessous), les gaz se répartissent de manière homogène, sauf l'hélium qui est plus en haut.

Figure 6.3 : Dessin d'Anne montrant une répartition homogène du gaz dans la situation du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe)



À partir des dessins des figures 6.2 et 6.3, nous reconstruisons deux idées différentes : (1) *le gaz se répartit de façon homogène* (ballon de foot S, pompe sans action S, pompe avec action S, 4 ballons S, chauffe ballon S), (2) *l'hélium se répartit en haut* (4 ballons S). Les différentes représentations du gaz montrent qu'Anne attribue un comportement particulier à l'hélium, qui se traduit par une répartition différente des autres gaz.

Parmi l'ensemble des élèves de la classe, on trouve que la majorité représente la répartition des gaz comme Anne, c'est-à-dire que :

En résumé, Anne fait partie de la majorité des élèves qui représentent les gaz comme étant répartis de manière homogène, sauf pour l'hélium qui se répartit en haut.

Pour cet aspect du gaz, nous proposons de présenter, dans un premier temps, l'analyse des réponses d'Anne concernant la direction de l'action du gaz, puis dans un second temps la description de l'action du gaz.

Direction de l'action du gaz

Concernant la direction de l'action de l'air dans la pompe à vélo sur laquelle aucune action n'est produite, Anne explique que l'air agit plus fort sur la paroi B que sur les autres parois

«

car l'air contenu dans la pompe est présent sur toutes les parois mais elle

va exercer une pression plus forte sur la paroi B

car c'est elle qui va pousser l'air à sortir

». Lorsque l'on appuie sur le piston de la pompe, elle explique que l'air agit plus fort sur la paroi D que sur les autres parois

«

car l'air est poussé par la paroi B mais

la paroi D elle reçoit cette pression

». À partir des unités de sens mises en gras, nous reconstruisons l'idée *l'air agit plus dans une direction* (pompe vélo sans action, pompe vélo avec action).

Le fait qu'Anne utilise cette idée dans la situation où il n'y a pas d'action sur le piston de la pompe à vélo est assez surprenant, elle fait d'ailleurs partie des 10 % d'élèves de la classe avançant ce type d'explications. En revanche, l'utilisation de l'idée *l'air agit plus dans une direction*, est favorisée par la situation de la pompe à vélo puisque l'on appuie sur le piston. Cette idée est retrouvée dans plus de 66 % des réponses d'élèves de la classe.

Action du gaz

Concernant l'action du gaz, on trouve dans les explications d'Anne l'idée que *le gaz agit* pour les situations : du ballon de foot, du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe, de la pompe à vélo avec et sans action et des balles de ping-pong. Cependant, ces idées seront différentes en fonction des situations.

Concernant la masse de l'air, Anne répond que le ballon de foot un peu dégonflé sera plus léger, car

«

le ballon contiendra

moins d'air

donc il y aura diminution du volume soit

diminution du poids

». À partir des unités de sens mises en gras, on peut déduire que le gaz pèse. Nous notons cette idée *l'air pèse*, le signifie que cette idée a été déduite des explications et non pas reconstruite directement à partir des productions d'Anne. De plus, son domaine d'application ne concerne que la situation du ballon de foot, car Anne n'a pas répondu à la question concernant le verre de coca. Nous notons cette idée : *l'air pèse* (ballon de foot (masse)). Anne donne le même type d'explication que 50 % des élèves de sa classe. En résumé, Anne fait partie de la majorité des élèves qui explique que l'air pèse dans la situation du ballon de foot.

Le tableau 6.1 présente l'ensemble des idées d'Anne et donne pour chacune d'entre elles son domaine d'application. On notera que la mise en relation de plusieurs idées est essentiellement utilisée pour rendre compte de l'action du gaz.

Tableau 6.1 : Idées d'Anne regroupées selon différents aspects du gaz (le signifie un lien de causalité simple, le = signifie que nous considérons que deux mots ont la même signification ou que deux idées sont équivalentes. Le domaine d'application d'une idée est signalé par l'abréviation des situations entre parenthèses, si l'abréviation est suivie d'un S cela signifie que la question demande de faire un Schéma et si c'est un E cela signifie que la question demande une Explication écrite en langue naturelle. La plupart des questions étant écrites en langue naturelle, le E n'est signalé que lorsque la même idée est utilisée dans un schéma et dans une explication (noté S+E)).

Catégorie	Idée d'Anne avant l'enseignement
Sens des mots	- <i>air</i> = gaz(ballon de foot, balle de ping-pong, quatre ballons) - <i>pression</i> = action de pousser (pompe sans action, pompe avec action, pompe pousse/lâche)
Aspect particulière	- <i>gaz est composé de molécules</i> (mot air, mot gaz, ballon foot S, pompe S, quatre ballons)
Présence	- <i>gaz est présent partout</i> (mot air, mot gaz, ballon foot S, chauffe ballon S, pompe sans action S+E, pompe avec action S, quatre ballons S) - <i>on chauffe apparition de gaz</i> (chauffe ballon)
Répartition	- <i>gaz se répartit partout</i> (ballon foot S, chauffe ballon S, pompe sans action S+E, pompe avec action S, quatre ballons S) - <i>l'hélium est réparti plus en haut</i> (quatre ballons S)
Action	- <i>gaz agit dans une direction</i> (pompe sans action, pompe avec action) - <i>gaz exerce une pression</i> (pompe sans action, pompe avec action, pompe pousse/lâche) - <i>gaz part</i> = variation quantité effet gaz (ballon de foot) - <i>gaz rentre</i> = variation quantité effet gaz (ping-pong 1 & 2) - <i>chauffe apparition de gaz</i> = variation quantité effet gaz (chauffe ballon)
Lourdeur	- <i>gaz pèse</i> (ballon foot (masse) + E)

Cette partie propose de présenter les idées reconstruites à partir des productions (verbales et non-verbales) d'Anne au cours de l'entretien que nous avons filmé. L'ensemble des questions de l'entretien, ainsi que les abréviations des différentes situations sont disponibles dans l'annexe de l'analyse fine avant/après. Les situations de l'entretien mettent en jeu des objets du quotidien, dans la plupart des questions les élèves doivent prédire, ensuite manipuler les objets, pour enfin donner une explication de ce qui s'est passé. La transcription de l'entretien d'Anne passé avant l'enseignement est disponible dans l'annexe de l'analyse fine avant/après. Cette transcription inclut, les unités de sens sur lesquelles nous nous sommes basés pour reconstruire les idées d'Anne.

Durant tout l'entretien, Anne n'utilise jamais explicitement le mot gaz avec le même sens que le mot air. En revanche, elle utilise le mot pression avec le sens de l'action de pousser dans plusieurs situations. Elle dit notamment :

«

ils (le gaz et l'air) font rentrer dans le sac plastique et puis ils vont

ils vont mettre une pression

et puis ça va lui donner une forme

», ou encore la pression

«

c'est la force j'pense/ la pression

ouais la force que ça donne

». Dans ces explications, la pression n'est pas utilisée comme une grandeur mesurable, mais pour décrire l'action du gaz, qui correspond au fait de pousser. Cette idée avec son domaine d'application est notée *pression* = *action de pousser* (verre+sucre, seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche, montgolfière).

Durant la quasi-totalité de l'entretien (11 situations sur 13), Anne n'utilise pas les molécules dans ses explications. Nous présentons les deux situations dans lesquelles Anne utilise les molécules. La première situation demande de définir le mot air, Anne précise que

«

l'air est composé de molécules

, de microbes

». Cette explication correspond à l'idée *l'air est composé de molécules* (mot air). On retrouve cette idée dans la situation

«

trois ballons (molécules

)», qui demande explicitement d'utiliser les molécules pour donner une interprétation des gaz contenus dans des ballons de baudruche.

En résumé, Anne utilise très peu les molécules dans ses explications et les rares fois où elle les utilise, elle ne donne aucune description de leur fonctionnement (chocs, vitesses...).

Concernant la présence de l'air, Anne définit le mot air, en disant qu'il

«

est de partout

». Nous reconstruisons à partir de cette explication l'idée *l'air est présent partout*. Cette idée est utilisée dans trois situations demandant d'attraper de l'air (tableau 6.2).

Tableau 6.2 : Extrait de l'entretien illustrant l'idée l'air est présent partout (mis en gras)

Temps	Question et transcription	Idées
12m49s	Question 6.0- Peux-tu attraper de l'air ? explique comment ? [...] A : (3s) ben/ oui D : ben comment A : y'en a de partout D : ouais D : ben en f'sant comme ça (<i>A ferme la main</i>)/ on a de l'air dedans	<i>l'air est présent partout</i>
13m10s	Question 6.1.- Peux-tu attraper de l'air avec une bouteille ? explique comment ? A : là dedans D : ouais A : en faisant comme ça (<i>A bouche la bouteille</i>) D : d'accord et alors comment tu peux être sûr qu'il y a de l'air dedans ? A : ben parc'que forcément il y a de l'air qui rentre (<i>A pointe avec son doigt vers l'intérieur de la bouteille</i>)/ y'en a tout le temps dedans / donc dès que j'bouche y'en aura encore (<i>A bouche la bouteille</i>)	<i>l'air est présent partout</i>
13m29s	Question 6.2- Peux-tu attraper de l'air avec un sac plastique ? explique comment ? A : si on fait comme ça et qu'après on ferme (<i>A ferme le sac</i>)/ là y'aura de l'air D : comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans ? A : ben on le voit (<i>appuie sur le sac avec sa main</i>)/ comme ça/ qu'ça soit plus gonflé (1s) et dès qu'on lâche ça revient normale/ donc euh l'air elle est toute partie	<i>l'air est présent partout</i>

Cet extrait montre que, pour Anne, l'air est présent partout et que pour l'attraper, il suffit de fermer l'enceinte qui le contient. Cette idée avec son domaine d'application est notée *air est présent partout* (mot air, attraper, attraper avec bouteille, attraper avec sac plastique).

Anne interprète les situations où la température diminue dans une enceinte fermée, en faisant disparaître du gaz et elle met en relation le fait de refroidir (cause) avec la disparition du gaz (effet). Cette relation causale est notée *refroidit disparition de gaz*. L'extrait suivant illustre l'utilisation de cette relation dans deux situations (tableau 6.3).

Tableau 6.2 : Extrait de l'entretien illustrant l'utilisation de la relation causale *refroidit disparition de gaz* (refroidit récipient fer, confiture).

Temps	Question et transcription	Idées
9:30	<p>4.1.2- On refroidit un récipient en fer, fermé avec du film plastique, explique ce qu'il s'est passé ?</p> <p>«ça fait/ p't'être l'effet de l'eau/ ça a enlevé (1s) un/ un maximum de gaz (1s) parc'que d'dans y'a d'jà toujours y' touj- j'pense qu'il y a tout le temps de l'air»</p>	<i>refroidit disparition gaz</i>
22m38s	<p>11.0- Pour faire de la confiture d'abricots, on fait chauffer du sucre avec des abricots. On place ensuite la confiture encore chaude dans des bocaux que l'on ferme avec un couvercle. Lorsque la confiture a complètement refroidi, il est très difficile d'ouvrir le pot, explique ?</p> <p>A : ben c'est/ j'suis toujours avec mon air (rire)</p> <p>D : ouais/ ouais</p> <p>A : j'pense que ouais / quand on le met et quand on bouche à force de le laisser et qu'ça refroidisse et tout / l'air elle part/ aussi c'est chaud à l'intérieur/ ça part avec la chaleur/ par évaporation en fait</p> <p>D : alors après l'air est parti c'est ça (?)</p> <p>A : voilà donc c'est plus dur à ouvrir</p>	<i>refroidit disparition l'air</i> <i>disparition de l'air = évaporation</i>

Ces deux explications illustrent l'idée qu'il y a une disparition de gaz, cependant on trouve en plus dans la deuxième explication une description du fonctionnement de cette disparition. En effet, le gaz disparaît par

«

évaporation

». Dans la première situation Anne parle du gaz alors que dans la seconde de l'air et il semble qu'elle leur attribue la même propriété (de disparaître) quand on les refroidit. Cette idée est notée *refroidit disparition de gaz* (refroidit récipient fer, confiture).

Anne utilise aussi l'idée que le gaz traverse les parois dans plusieurs situations. Le tableau 6.4 regroupe plusieurs extraits, qui montre l'évolution de cette idée.

Tableau 6.4 : Utilisation de l'idée *air traverse la paroi* dans trois questions (le fait de souligner indique que qu'Anne fait l'action mise entre parenthèses en même temps qu'elle parle).

Temps	Question et transcription	Idées
16:09	<p>8.0.1- A ton avis, où l'air agit dans la seringue ?</p> <p>[...]</p> <p>A : ouais partout oui/ mais en faite j'dis là (A montre le piston) surtout parque l'air elle passe bien aussi</p> <p>D : ouais/ mais après l'air elle passe pas là (A montre le bout noir du piston)</p> <p>A : ouais/ a ben oui elle passe plus (A observe la seringue)/ ben oui</p>	air traverse les parois
17:10		

8.1- Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique ?

[...]

A : pasqu'il y a/ **là je mets encore plus d'air** (A pousse sur le piston de la seringue bouchée) et la pression de l'air elle fait que ça recule encore plus

[...]

A : ben elle aurait rentré là-dedans et quand j'aurai bouché et **ben comme là j'mets encore plus d'air** (A pousse sur le piston de la seringue bouchée)/ y'a de l'air qui (A fait un geste de rentrer)/ non l'air elle va encore plus **se compresser donc comme j'vais lâcher elle va comment s'décompresser/** s'relacher/ donc ça va reculer

A air traverse la paroi

A air se comprime

18:24 **8.2-** Si on tire le piston et qu'ensuite on le lâche, il revient, explique ?

[...]

A : ouais/ c'est la même/ ben alors là elle est présente partout/ euh ouais c'est le même système/ là ça se bouche et **il y a l'air là en plus qui rentre (A montre au niveau du bout noir du piston) donc ça le fait avancer**

A air traverse la paroi

D : dans l'air qui rentre/ j'ai du mal à comprendre

A : ah mais non/ mais il est bouché c'est vrai

[...]

A : ouais mais non non je sais mais je sais pas (3s) ou alors y a la **pression de l'air** et le fait que ça revienne/ pasque y a **de l'air qui rentre jusqu'ici** (A montre le bout noir du piston)/ donc l'air qui rentre jusqu'ici/ ça va faire là aussi une pression / **elle sera peut-être plus forte ici (A montre l'extérieur du piston) que là (A montre l'intérieur du piston)**

Au cours de la question 8.0.1. Anne considère que l'air passe au niveau du piston de la seringue (idée *air traverse la paroi*). À la suite de la remarque de l'intervieweur D, elle semble réaliser que l'air ne peut pas passer. Dans la question suivante, Anne va réutiliser cette idée à deux reprises en disant qu'elle ajoute de l'air lorsqu'elle pousse le piston d'une seringue bouchée. Elle va ensuite se corriger en utilisant l'idée que l'air se comprime. Malgré ce changement, Anne va réutiliser encore une fois l'idée *l'air traverse la paroi* dans la question 8.2. À la suite de la remarque de l'intervieweur D, elle semble réaliser que la seringue est fermée. Elle va hésiter un long moment, avant de proposer une autre idée comparant l'air à l'intérieur de la seringue avec l'air à l'extérieur. Ces extraits montrent que malgré les remarques de l'intervieweur D, Anne semble avoir des difficultés à interpréter ces situations avec des idées différentes de l'air qui passe à travers la paroi.

La présence de l'air dans une enceinte peut être caractérisée par la grandeur physique quantité de matière. Nous avons demandé à Anne ce que signifie la quantité, sa réponse est présentée dans le tableau 6.5.

Tableau 6.5 : Extrait de l'entretien d'Anne concernant la quantité (D : intervieweur et A : Anne et le signe ++ signifie relation de causalité de type plus-plus)

Temps	Question et transcription	Idées
25:21	12.2.0- Dans ce ballon il y a une certaine quantité d'air, que signifie pour toi le mot quantité ? A : une certaine quantité d'air/ ben ça dépend/ quantité d'air/ ben ça va dépendre de l'objet/ là par exemple dans le ballon/ ça sera le la quantité ça sera exactement c'qui/ comment dire/ la le/ la quantité/ j'sais plus comment dire (rire)/ tout ce qu'il y a dans le ballon en fait ça sera la quantité elle va représenter comme la forme du ballon en fait/ la forme et y'a le volume D : d'accord donc c'est l'volume c'est ça ? A : ouais/ le volume <u>ça représente</u> (pas sûr) la quantité	$Q = V$

D : donc si jamais **le ballon est plus gros/ enfin a un volume plus important**

A : ben ça sera **encore plus de quantité**

$V++Q$

À travers cette explication, il semble que la quantité soit liée à la taille du ballon. Plus le ballon sera gros et plus il y aura une quantité importante. Nous modélisons ce lien entre la quantité et le volume du ballon par la relation de causalité de type

«

plus-plus

» : $V++Q$ (quantité).

Anne utilise l'idée le *gaz se répartit partout* pour expliquer plusieurs situations très variées. Elle l'utilise notamment dans trois situations faisant intervenir l'air : la première demande d'attraper de l'air avec une bouteille puis avec un sac plastique, la seconde demande d'expliquer pourquoi si on tire puis on lâche le piston d'une seringue, il revient et la troisième demande de décrire comment se répartit l'air dans une pièce que l'on chauffe. De plus, on retrouve cette idée à des niveaux différents (macroscopiques et microscopiques) dans deux situations concernant la répartition de plusieurs gaz (air, hélium et gaz de ville) contenus (1) dans trois bouteilles et (2) dans trois ballons de baudruche. Le tableau 6.6 donne l'explication d'Anne pour la situation des trois ballons.

Tableau 6.6 : Transcription de l'explication d'Anne à propos de la répartition des gaz (D : l'intervieweur et A : Anne)

Temps	Question et transcription	Idées
26m28s	Question 12.3- En cours on t'a parlé de molécules, est-ce que tu pourrais interpréter grâce aux molécules ce qui se passe avec les trois ballons (hélium, air, gaz de ville) ?	
27m11s	[...] D : en fait l'idée c'est de savoir/ comment elles agissent dans le ballon/ c'est-à-dire si elles ont un effet sur le fait que ça tombe/ si je sais pas moi A : ouais j'pense ouais/ dans l'air/ ben dans l'air y'a des molécules de partout (<i>geste des deux mains</i>)/ dans le gaz j'pense que c'est pareil (<i>geste des deux mains</i>) et dans l'hélium <u>y'aura p't'être</u> (<i>monte la main vers le haut</i>)/ p't'être plus (rire)/ ça le fait monter (<i>geste de la main vers le haut</i>)/ [...]	<i>air se répartit partout</i> <i>gaz de ville se répartit partout</i>

À travers l'explication d'Anne, il apparaît que les molécules d'air et de gaz de ville se répartissent partout dans les ballons. En revanche, il est nécessaire de tenir compte des gestes que fait Anne durant son explication afin de pouvoir interpréter la répartition des molécules d'hélium (figure 6.4, 6.5, 6.6).

Figure 6.4 : Productions verbales et gestuelles à propos de l'air



dans l'air y'a des moléculesde partout (geste des deux mains)/

Figure 6.5 : Productions verbales et gestuelles à propos du gaz de ville



dans le gaz j'pense que c'est pareil (geste des deux mains)

Figure 6.6 : Productions verbales et gestuelles à propos de l'hélium.



dans l'hélium y'aura p't'être (geste d'une main) p't'être plus

Anne fait le même geste pour décrire la répartition des molécules d'air et de gaz de ville, et comme le confirme ce qu'elle dit, ce geste signifie que les molécules se répartissent partout. En revanche, pour l'hélium, elle lève la main vers le haut en disant qu'il y en aura peut-être plus. Nous interprétons ceci comme voulant dire qu'il y a plus de molécules d'hélium réparties en haut, ce que nous modélisons par l'idée *les molécules se répartissent plus à un endroit*.

Dans la situation des trois bouteilles remplies de gaz, Anne utilise pour l'hélium, l'idée *le gaz se répartit partout* alors que pour la situation des trois ballons, elle utilise, toujours à propos de l'hélium, l'idée *les molécules se répartissent plus à un endroit*. La seule différence entre ces deux situations est que la bouteille ne bouge pas alors que le ballon rempli d'hélium monte. Avant de demander la répartition des gaz dans les trois ballons nous avons demandé à Anne de prédire ce qui allait arriver aux trois ballons. Pour l'hélium, elle prédit que le ballon va tomber si on le lâche. À la suite de cette prédiction erronée, nous lui avons expliqué que l'hélium était le gaz que l'on mettait dans les ballons à la foire et qu'ils montent lorsqu'on les lâche. La situation des trois bouteilles (question 3) étant proposée bien avant celle des trois ballons (question 12), il est fort probable, qu'Anne considère l'hélium comme étant un gaz quelconque ; ce qui pourrait expliquer pourquoi

il se répartit partout dans la bouteille.

On trouve l'idée que *le gaz se répartit plus à un endroit* pour la situation du film plastique posé sur un récipient en fer que l'on chauffe. En effet, Anne explique que l'air

«

est de partout mais p't'être plus/

j'dirai plus en haut

». Il est intéressant de remarquer qu'Anne utilise cette répartition dans ces deux situations (ballon d'hélium et film plastique posé sur un récipient en fer) uniquement lorsqu'on lui demande où agit le gaz. Bien qu'elle ne le dise pas explicitement dans ses explications, il semble qu'elle utilise cette répartition pour rendre compte de l'action du gaz.

En résumé, voici les idées d'Anne sur la répartition des gaz ainsi que leur domaine d'application (entre parenthèses) : *le gaz se répartit partout* (trois bouteilles (répartition), trois ballons (répartition et molécules), attraper, attraper avec bouteille, attraper avec sac plastique, seringue tire/lâche, chauffage) et *le gaz se répartit plus à un endroit* (trois ballons (molécules), chauffe récipient fer (R agit)). La première idée possède un domaine d'application composé de nombreuses situations, ce qui témoigne de la grande stabilité de cette idée à travers les situations. Nous rappelons que plus une idée est utilisée dans des situations ayant des traits de surfaces différents, plus elle sera stable au niveau des situations (voir la partie sur la stabilité des idées du cadre théorique).

Lorsque l'on appuie sur le piston d'une seringue contenant de l'air, Anne explique que l'air agit partout mais surtout sur le piston, ce que nous modélisons par l'idée *le gaz agit plus à un endroit* (seringue pousse (R agit)). En revanche, lorsqu'on lui demande où le gaz agit à l'intérieur de trois ballons de baudruche remplis de gaz différents, Anne explique que l'hélium, l'air et le gaz de ville agissent partout (noté *le gaz agit partout* (trois ballons (R agit))). Ces deux idées ne sont utilisées à chaque fois que pour une seule situation et l'endroit de l'action du gaz va dépendre du fait que l'on exerce une action ou non dessus (compression ou pas d'action).

Anne utilise la variation de la quantité de gaz pour expliquer un grand nombre de situations. Il semble qu'Anne interprète ces situations en faisant jouer le rôle d'agent causal à la variation de la quantité de gaz (noté *variation quantité*). De plus, l'utilisation de cette idée prendra des formes différentes suivant le type d'enceinte (ouverte (1) ou fermée (2)) mis en jeu dans les situations.

Tableau 6.7 : Extrait de l'entretien d'Anne à propos la variation de la quantité d'air (D : l'intervieweur, A : Anne, le ++ signifie relation de causalité de type «plus-plus»)

Temps	Question et transcription	Idées
17:10	<p>8.1- Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique?</p> <p>[...]</p> <p>A : parc'qu'il y a/ <u>là je mets encore plus d'air</u> (A pousse sur le piston de la seringue bouchée) et la pression de l'air elle fait que ça recule encore plus</p> <p>[...]</p> <p>D : là dans ce cas concret la force de l'air ça serait quoi/ qu'est-ce qu'elle fait</p> <p>A : ben elle aurait rentré là-dedans et quand j'aurai bouché et <u>ben comme là j'mets encore plus d'air</u> (A pousse sur le piston de la seringue bouchée)/ y'a de l'air qui (geste de rentrer)/ non l'air elle va encore plus se compresser donc comme j'vais lâcher elle va comment s'décompresser/ s'relacher/ donc ça va reculer</p> <p>D : d'accord</p>	<p><i>air traverse la paroi=variation quantité ++ action air</i></p> <p><i>air traverse paroi=variation quantité ++ action air</i></p> <p><i>état de l'aireffet air</i></p>

Nous rappelons que le caractère pesant des gaz est testé essentiellement à travers deux situations. La première ne nous permet pas de reconstruire d'idée, car la réponse est d'Anne est trop ambiguë. En effet, dans la situation des trois bouteilles remplies de gaz différents, Anne répond que ces bouteilles pèsent la même chose et ne donne pas d'explication supplémentaire. À partir de cette réponse, on ne sait pas si Anne pense que les gaz pèsent la même chose ou si les gaz n'ont pas de masse. En revanche, dans la situation du verre de boisson gazeuse, elle explique, que si les bulles partent, le verre sera moins lourd. De plus, à la suite de une explication pas très claire avec de nombreuses hésitations, elle conclut que les bulles pèsent

«

pas grand chose, mais un petit peu

». Ceci nous permet de reconstruire l'idée *le gaz pèse* (verre de coca). Le signifie que cette idée n'a pas été construite à partir d'un énoncé clair et qu'il comporte des hésitations.

Maintenant, que nous avons reconstruit de manière indépendante les idées d'Anne à partir du questionnaire et de l'entretien passé avant l'enseignement, nous proposons de regarder leurs stabilités. Nous rappelons que nous avons défini deux types de stabilité : (a) la stabilité temporelle, qui correspond au fait de retrouver la même idée à des temps différents pour des situations équivalentes et (b) la stabilité

«

situationnelle

», qui correspond au fait de retrouver la même idée dans des situations différentes (plus les situations ont des traits de surfaces différents au niveau des objets et des événements, plus la stabilité situationnelle sera importante). Compte tenu du fait qu'une semaine seulement s'est écoulée entre le recueil du questionnaire et celui de l'entretien, nous faisons le choix de nous centrer sur la stabilité

«

situationnelle

», en distinguant deux cas :

Nous commençons par les idées sur le sens des mots reconstruites à partir du questionnaire et de l'entretien passé avant la séquence d'enseignement sur les gaz. Elles sont résumées dans le tableau 6.9.

Tableau 6.9 : Idées sur le sens des mots issues du questionnaire et de l'entretien.

Idées d'Anne (questionnaire)

Idées Anne (entretien)

Sens des mots - *air* = *gaz* (ballon foot, ping-pong 1 & 2, quatre ballons)
 - *pression* = *action* de pousser (pompe sans - *pression* = *action de pousser* (seringue action, pompe avec action, pompe pousse/lâche, seringue tire/lâche, verre+sucre, pousse/lâche) montgolfière)

Anne utilise le mot *gaz* avec le même sens que le mot *air*, uniquement dans le questionnaire. Cependant, cette idée est utilisée dans des situations ayant des traits de surface très différents (ballon de foot, balles de ping-pong cabossées, ballons de baudruche), ce qui témoigne d'une certaine stabilité au niveau des situations. Concernant le mot *pression*, Anne l'utilise avec la signification de l'action de pousser, on trouve notamment

«

l'air exerce une pression

» ou la pression c'est

«

la force que ça donne

». Cette idée est retrouvée dans le questionnaire et l'entretien pour des situations proches (seringue et pompe à vélo), ce qui témoigne de sa stabilité pour cette situation à travers ces deux types de données. De plus, Anne l'utilise dans des situations très différentes de l'entretien (pompe à vélo, verre+sucre et montgolfière), montrant une certaine stabilité entre ces situations de l'entretien.

Le tableau 6.10, montre que l'idée *le gaz est composé de molécules* est particulièrement stable dans les situations du questionnaire demandant de représenter du gaz sur un schéma. De plus, on trouve que cette idée est stable pour les situations demandant : de définir le mot *air* et de décrire différents gaz contenus dans des ballons de baudruche. En effet, on la retrouve pour ces deux situations dans le questionnaire et dans l'entretien. Il est important de signaler qu'Anne utilise uniquement l'idée *le gaz est composé de molécules* et qu'elle n'utilise aucune idée sur leur fonctionnement.

Tableau 6.10 : Idées sur l'aspect particulière du gaz issues du questionnaire et de l'entretien. Le domaine d'application est mis entre parenthèses et le S signifie que la situation demande de répondre sur un Schéma.

	Idées d'Anne (questionnaire)	Idées Anne (entretien)
Aspect particulière	- <i>gaz est composé de molécules</i> (mot air, quatre ballons S, mot gaz, ballon foot S, pompe S)	- <i>gaz est composé de molécules</i> (mot air, trois ballons (molécules))

Le tableau 6.11 montre que l'idée *le gaz est présent partout* est stable à travers le questionnaire et l'entretien pour le mot *air* et pour les situations utilisant des objets ayant des traits de surfaces proches (

«

pompe à vélo

» et

«

seringue

»), mais avec des événements assez différents (

«

pas d'action

» et

«

on tire puis on lâche le piston de la seringue

»). De plus, cette idée semble particulièrement stable dans plusieurs situations de l'entretien, dans lesquelles la température ne varie pas. Dans les situations où la température varie, on voit qu'Anne utilise une idée mettant en lien la variation de température avec l'apparition ou la disparition de gaz. Cette idée est stable à travers le questionnaire et l'entretien pour des situations utilisant des objets avec des traits de surfaces proches (ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer et film plastique posé sur un récipient en fer), mais avec des événements

«

opposés

» (on chauffe et on refroidit). Anne utilise l'idée que le gaz traverse les parois dans plusieurs situations utilisant la seringue, mais mettant en jeu des événements différents (pousse, tire puis on lâche le piston...). Ceci montre que cette idée est particulièrement stable pour les situations utilisant une seringue.

Tableau 6.11 : Idées sur la présence du gaz issues du questionnaire et de l'entretien.

	Idées d'Anne (questionnaire)	Idées Anne (entretien)
Présence	<ul style="list-style-type: none">- <i>gaz est présent partout</i> (mot air, mot gaz, pompe sans action, chauffe ballon)- <i>chauffe apparition de gaz</i> (chauffe ballon)	<ul style="list-style-type: none">- <i>gaz est présent partout</i> (du mot air, seringue tire/lâche, attraper, attraper avec bouteille, attraper avec sac plastique, trois ballons(répartition & molécules), trois bouteilles(répartition)).- <i>refroiditdisparition de gaz</i> (refroidit récipient en fer, confiture)- <i>gaz traverse les parois</i> (seringue pousse (R agit), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche)- <i>Quantité gaz=volume</i> (trois ballons)

Le tableau 6.12 montre que l'idée *le gaz se répartit partout* est stable pour plusieurs situations du questionnaire et de l'entretien. Elle est particulièrement stable pour les situations utilisant différents gaz dans des ballons de baudruche, ainsi que pour celles utilisant des objets avec des traits de surfaces proches (pompe à vélo et seringue). De plus, il apparaît que l'idée *les molécules d'hélium se répartissent plus en haut* est stable, à travers les deux types de données recueillies, pour la situation utilisant plusieurs gaz dans des ballons

de baudruche. De plus, l'idée *le gaz se répartit plus à un endroit*, qui englobe l'idée *les molécules d'hélium se répartissent plus en haut*, possède une certaine stabilité pour deux situations utilisant des objets (ballons de baudruche et récipient en fer recouvert de film plastique) et des événements (pas d'action et l'on chauffe) ayant des traits de surface très différents.

Tableau 6.12 : Idées sur la répartition des gaz issues du questionnaire et de l'entretien.

	Idées d'Anne (questionnaire)	Idées Anne (entretien)
Répartition	<p>-gaz se répartit partout (chauffe ballon S, pompe sans action E)</p> <p>-molécules se répartissent partout (ballon de foot S, pompe sans action S, pompe avec action S, quatre ballons S)</p> <p>-molécules d'hélium se répartissent en haut (quatre ballons S)</p>	<p>-gaz se répartit partout (seringue tire/lâche, trois bouteilles(répartition), trois ballons(répartition et molécules), attraper, attraper avec une bouteille, attraper avec un sac plastique, chauffage)</p> <p>-molécules se répartissent partout (trois ballons (molécules))</p> <p>-air se répartit plus à un endroit (chauffe récipient fer (R agit))</p> <p>-molécules d'hélium se répartissent plus en haut (trois ballons (molécules))</p>

Le tableau 6.13 montre que l'idée *le gaz agit plus à un endroit* est stable dans le questionnaire et l'entretien pour des situations utilisant des objets (seringue et pompe à vélo) et des événements (pousse sur le piston) ayant des traits de surfaces très proches. On trouve que l'utilisation de la *variation de la quantité* de gaz dans les explications d'Anne est très stable à travers un grand nombre de situations très différentes de l'entretien et du questionnaire. Cette idée est utilisée dans des relations causales qui seront différentes selon les situations. Le tableau montre que l'on retrouve les mêmes relations causales dans le questionnaire et l'entretien, mais toujours pour des situations éloignées. La relation causale utilisant l'idée que l'air traverse les parois semble particulièrement stable dans l'entretien pour les situations utilisant une seringue.

Tableau 6.13 : Idées sur l'action du gaz issues du questionnaire et de l'entretien.

	Idée d'Anne questionnaire	Idée Anne entretien
Action	<p>- gaz agit plus à un endroit (pompe sans & avec action)</p> <p>- action gaz (pompe sans action, pompe avec action, pompe pousse/lâche)</p> <p>- air rentre = variation <i>quantité effet</i> gaz (ballon de foot, ping-pong 1 & 2)</p> <p>- chauffeapparition de gaz = variation <i>quantité effet</i> du gaz (chauffe ballon)</p>	<p>- gaz agit plus à un endroit (seringue pousse (R agit))</p> <p>- gaz agit partout (trois ballons (R agit))</p> <p>-action gaz (seringue pousse)</p> <p>- air rentre = variation <i>quantité effet</i> gaz (attraper avec sac plastique, flambie languette)</p> <p>- gaz rentre = variation <i>quantité action</i> gaz (montgolfière)</p> <p>- refroiditdisparition gaz = variation <i>quantité effet</i> gaz (refroidit récipient en fer, confiture)</p> <p>- air traverse la paroi = <i>quantité action</i> gaz (seringue pousse/lâche, seringue tir/lâche)</p> <p>-action air int<action air ext (seringue tire/lâche)</p> <p>-Peau<Pair (verre+sucre)</p>

Le tableau 6.14 montre que l'idée *le gaz pèse* est utilisée dans le questionnaire et l'entretien pour des situations très différentes. Cependant cette idée n'a jamais été énoncée clairement dans les explications d'Anne (noté par le signe avant l'idée). Cette hésitation dans la formulation de ses explications pour deux situations très différentes, peut être interprété par le fait que cette idée est en cours de construction.

Tableau 6.14 : Idées sur le caractère pesant du gaz issues du questionnaire et de l'entretien.

	Idée d'Anne questionnaire	Idée Anne entretien
Lourdeur	<i>air pèse</i> (ballon de foot (masse) + E)	<i>gaz pèse</i> (verre de coca)

Dans le tableau 6.15, il apparaît dans le questionnaire et dans l'entretien, qu'Anne attribue les mêmes propriétés à l'air et au gaz pour des situations très variées, ce qui témoigne d'une certaine stabilité de cette idée.

Tableau 6.15 : Idées sur les propriétés équivalentes de l'air et du gaz issues du questionnaire et de l'entretien.

	Idée d'Anne questionnaire	Idée Anne entretien
Propriétés du gaz	<i>-propriété gaz=air</i> (mot air, mot gaz, ballon foot, ping-pong 1 & 2)	<i>-propriété air=gaz</i> (chauffé récipient fer, refroidit récipient fer, confiture) <i>-gaz compressé</i> (seringue pousse/lâche)

Comme dans la partie précédente, nous proposons de donner dans un premier temps les idées d'Anne reconstruites à partir du questionnaire, puis à partir de l'entretien. Afin d'alléger notre présentation, nous ne ferons pas dans un paragraphe séparer la comparaison des idées issues de ces deux types de données. Nous intégrons cette étape dans la comparaisons des idées d'Anne avant et après enseignement.

Cette partie se propose de donner les idées d'Anne reconstruite à partir du questionnaire passé après l'enseignement en ne détaillant que celles qui sont nouvelles. De plus, nous situons les réponses d'Anne par rapport à celles des autres élèves de la classe.

Anne écrit que

«

l'air est un gaz

», cependant elle n'utilise jamais le mot gaz avec le même sens que le mot air. De plus, elle utilise le mot pression avec la signification de l'action de pousser, on trouve notamment :

«

l'air est présente partout par conte

elle exercera une plus forte pression

»,

«

les molécules [...]

vont exercer une pression

». Cette idée et son domaine d'application sont notés *pression = action de pousser* (pompe avec action, pompe pousse/lâche, ping-pong 2, ballon foot, chauffe ballon).

Anne utilise l'idée que les *gaz est composé de molécules*, dans toutes ses représentations et aussi dans un grand nombre de ses explications, on trouve notamment les phrases :

«

les molécules se concentrent sur les parois qui st occupées par l'air

»,

«

[...] les molécules de ce gaz vont être concentrée sur les parois du ballon et vont exercés une pression qui va faire gonfler le ballon

». Cette idée est notée *gaz est composé de molécules* (mot air, mot gaz, ballon foot S+E, pompe sans action S+E, pompe (R agit), pompe pousse/lâche, quatre ballons S, chauffe ballon S+E), le S signifie une situation demandant de répondre par un Schéma et le E par une Explication.

Pour Anne, le gaz est présent partout pour un grand nombre de situations (noté *gaz est présent partout* (mots air, ballon foot S+E, pompe sans action S+E, pompe avec action S, quatre ballons S). De plus, nous remarquons aussi que lorsque l'on chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus, Anne explique :

»

le fait que le ballon se gonfle est que quand on chauffe il y

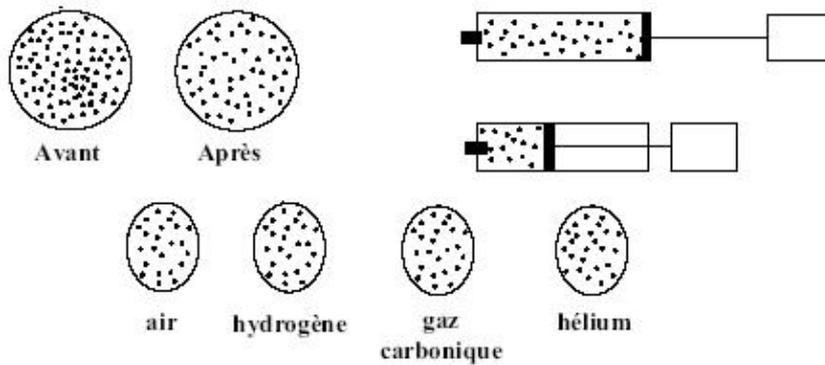
a formation d'un gaz à l'intérieur de la bouteille

, de plus les molécules de ce gaz vont être concentrée sur les parois du ballon et vont exercés une pression qui va faire gonfler le ballon

». Nous reconstruisons cette explication par la relation causale *chauffeapparition gaz* (chauffe ballon). Cette idée semble spécifique à cette situation, car on ne la retrouve pas dans la situation des balles de ping-pong cabossées que l'on jette dans de l'eau très chaude.

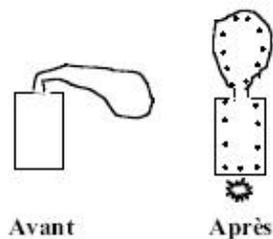
Dans trois des quatre dessins, Anne représente les gaz comme étant répartis partout (voir figure 6.7)

Figure 6.7 : Représentations du gaz dans trois situations du questionnaire.



À partir de ces représentations, nous reconstruisons l'idée *le gaz se répartit partout*. Cette idée est retrouvée dans les explications de deux autres situations, nous la notons avec son domaine d'application *le gaz se répartit partout* (mot air, pompe sans action, ballon foot S, pompe à vélo S, quatre ballons S). On trouve cependant dans le dessin de la bouteille en fer que l'on chauffe avec un ballon de baudruche dessus, que les molécules ne se répartissent que sur les parois (voir figure 6.8).

Figure 6.8 : Représentation du gaz dans la situation «chauffe ballon».



Dans l'explication de cette situation, on trouve que

«

les molécules vont être concentrée sur les parois

», ce que nous modélisons par l'idée *molécules se concentrent sur les parois* (chauffe ballon S+E) le E signifie que la situation demande de donner une Explication. De plus, cette idée est retrouvée dans deux questions de la situation mettant en jeu la pompe à vélo :

«

les molécules

se concentrent sur les parois

qui sont occupées par l'air

» et l'air agit sur toutes les parois de la pompe,

«

car l'air est présent dans tout l'espace, donc

les molécules se concentrent spécialement sur toutes les parois

». Dans cette seconde explication, l'idée que les molécules se concentrent sur les parois est en contradiction avec le fait que l'air est présent dans tout l'espace. Cette contradiction peut être résolue en dessinant de l'air partout, mais en n'en représentant plus à certains endroits. Comme le montre le dessin de l'air réparti partout dans la pompe à vélo (voir figure 6.7), il semble que cette solution ne soit pas utilisée par Anne. En résumé, nous notons cette idée *molécules se concentrent sur les parois* (chauffe ballon S+E, pompe à vélo sans action, pompe à vélo (R agit)).

Il apparaît que l'air agit dans toutes les directions pour la situation de la pompe à vélo (idée notée *action air dans toutes les directions* (pompe sans action, pompe avec action)). De plus, Anne parle explicitement de l'action de l'air dans plusieurs situations :

«

le ballon sera moins dur car la pression exercée par l'air ds le ballon sera moins importante

»,

«

l'air est présente partout par contre elle exercera une plus forte pression

» et la balle de ping-pong trouée va retrouver sa forme normale

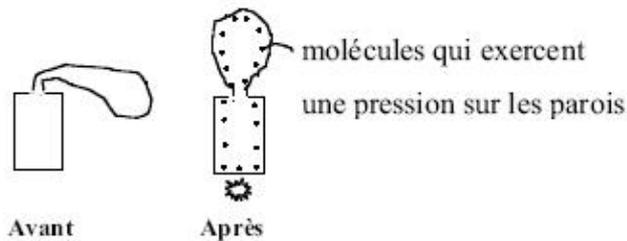
«

grâce a l'air qui va exercé une pression sur les parois

». À travers ces explications, nous voyons qu'Anne utilise le mot pression avec la signification de l'action de pousser. C'est pourquoi, cette idée est notée *action air* (ballon de foot, pompe à vélo, balles de ping-pong).

Il semble qu'Anne établisse un lien entre la répartition des molécules et leur action, c'est-à-dire que les molécules ont besoin de se concentrer sur les parois pour agir. On trouve ce lien sur le dessin d'une bouteille avec un ballon de baudruche que l'on chauffe (figure 6.6).

Figure 6.9 : Schéma d'Anne pour la situation «chauffe ballon»



Ce schéma illustre l'idée *les molécules se concentrent sur les parois action des molécules*. De plus, pour cette situation et celle utilisant la pompe à vélo, on trouve les explications suivantes :

«

[...] les molécules de ce gaz vont être concentrées sur les parois du ballon et vont exercer une pression qui va faire gonfler le ballon

», l'air agit sur toutes les parois de la pompe

«

car l'air est présent dans tout l'espace, des molécules se concentrent spécialement sur toutes les parois

»

et l'air agit de la même façon pour la pompe sans action et avec action sur le piston car

«

les molécules se concentrent sur les parois qui sont occupées par l'air

». Ce que nous modélisons par l'idée *les molécules se concentrent sur les parois action des molécules* (ballon chauffe S+E, pompe à vélo sans action, pompe à vélo (R agit), le S signifie que la situation demande une réponse sur un Schéma et le E par une Explication.

Il semble que, pour Anne, la quantité soit liée à l'action du gaz, c'est-à-dire que si la quantité augmente, l'action du gaz sera plus forte et si elle diminue l'action sera moins forte. À travers les explications d'Anne nous trouvons deux façons de faire varier la quantité, soit du gaz rentre ou sort de l'enceinte, soit l'enceinte est chauffée et il y a formation de gaz. Ces deux types d'idées avec leur domaine d'application sont notées : *air rentre ou sort = variation quantité action du gaz* (ballon de foot (masse), balle de ping-pong) et *on chauffe apparition de gaz = variation quantité action des molécules* (chauffe le ballon).

Concernant le caractère pesant des gaz, nous trouvons deux explications contradictoires. La première concerne le ballon de foot qui se dégonfle : une fois un peu dégonflé,

«

le ballon sera

plus léger

,

car

il y a diminution du

volume d'air

» dans cette explication Anne ne dit pas explicitement que le gaz pèse, mais nous le déduisons à partir des mots mis en gras noté *l'air pèse* (ballon foot (masse)). La seconde concerne un verre de boisson gazeuse : une fois que toutes les bulles seront parties le verre pèsera la même chose

«

car le gaz et l'air n'exercent pas un poids

». Nous reconstruisons directement l'idée *le gaz ne pèse pas* (verre de coca).

Il apparaît que la plupart des idées sur l'aspect particulaire, la répartition et la direction de l'action du gaz sont les mêmes que la majorité des réponses d'élèves (voir dans l'annexe de l'analyse fine avant/après). L'idée *chauffe apparition de gaz* est aussi partagée par la majorité de la classe. Cependant, Anne est la seule à affirmer que les molécules sont collées aux parois et elle fait partie de la minorité d'élèves qui pense que la balle de ping-pong trouée va retrouver sa forme normale, car de l'air va rentrer dedans.

Cette partie se propose de donner dans un premier temps l'essentiel des idées d'Anne au terme de l'enseignement sur les gaz, pour dans un second temps, nous centrer sur le comportement des molécules. L'ensemble de la transcription de l'entretien incluant la construction des idées d'Anne est disponible dans l'annexe de l'analyse fine avant/après.

Concernant le sens des mots, la présence du gaz et leur aspect particulaire, Anne utilise les idées : *pression = action de pousser*, *le gaz est présent partout* et *le gaz est composé de molécules*, dans un grand nombre de situations. De plus, toutes ces situations, ont entre elles des traits de surfaces très différents, ce qui témoigne d'une grande stabilité à travers les situations de ces trois idées. Concernant le caractère pesant des gaz, Anne, après beaucoup d'hésitation, semble dire que le gaz ne pèse pas dans les trois bouteilles contenant trois gaz différents (noté *gaz ne pèse pas* (trois bouteilles (masse)), le signifie que cette idée est déduite et non pas reconstruite directement à partir d'un énoncé clair). En revanche, Anne dit explicitement que le gaz ne pèse pas pour les bulles contenues dans une boisson gazeuse :

«

ben parc'que

le gaz

/ comme j'ai dit tout à l'heure le gaz j'pense qu'il a pa::s/

i:l exerce pas (1s) un poids

particulier

il a

pas un poids particulier

», ce que nous modélisons par *gaz ne pèse pas* (verre coca). Au niveau de la répartition, on trouve l'idée *le gaz se répartit partout* (seringue tire/lâches, chauffage, trois bouteilles), et l'idée *les molécules se répartissent plus à un endroit* (chauffe récipient fer, seringue pousse/lâche, trois ballons (quantité), quantité (R agit)). De plus, pour interpréter l'action du gaz, Anne fait appel à trois raisonnements différents. Le premier utilise la variation de la quantité, le second utilise la comparaison de deux systèmes et le troisième la répartition des molécules.

Nous proposons maintenant de détailler un peu plus les idées d'Anne sur les molécules. Nous rappelons qu'Anne utilise l'idée *le gaz est composé de molécules* pour interpréter un grand nombre de situations. Dans la situation des ballons de baudruche remplies de gaz différents, elle définit la quantité de gaz comme étant le nombre de molécules (idée $Q = \text{nbre molécules}$). De plus, les molécules ont des chocs contre les parois (idée

chocs des molécules) et leur vitesse augmente quand on les chauffe (idée *chauffe molécules accélèrent*). Cependant, ces deux idées ne sont utilisées que dans une seule situation (chauffe récipient fer) et elles le sont de manière indépendante. C'est-à-dire qu'Anne n'a pas relié le fait que si les molécules accélèrent, il y aura plus de chocs sur les parois. De plus, Anne ne réinvestit pas ces idées dans d'autres situations, ce qui témoigne qu'elles ne sont pas encore stables d'un point de vue situationnel. La répartition des molécules varie en fonction des situations, elles sont soit réparties uniformément, soit concentrées à un endroit. Il semble qu'Anne utilise la

«

concentration

» des molécules à un endroit pour rendre compte de leurs actions. Par exemple, les molécules d'hélium seront plus en haut, car elles agissent sur le haut du ballon, ce qui le fait monter. Pour résoudre la contradiction entre l'idée *les molécules se répartissent partout* (qui semble liée au fait que le gaz est présent partout) et l'idée *les molécules se répartissent plus à un endroit* (qui semble dépendre de l'endroit où elles agissent), il semble qu'Anne fasse une combinaison des deux. Pour elle, les molécules sont réparties partout, mais en fonction des actions du gaz, il y en aura plus à certains endroits. Voici un extrait de l'entretien qui illustre la combinaison de ces idées :

Tableau 6.16 : Extrait de l'entretien d'Anne illustrant la combinaison de deux idées

Temps	Question et transcription	Idées
23:10	<p>4.0 On pose un réchaud un récipient en fer fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer?</p> <p>4.0.3 ton avis, où les molécules sont réparties dans le récipient?</p> <p>D : et donc tu m'as parlé des molécules après eu:::h/ comment eu:::h elle se fait la répartition des molécules à l'intérieur</p> <p>A : (2s) un euh (montre le haut du gobelet) <u>y'a y'en a</u> (A bouge la main de partout) <u>de part-</u> (A bouge la main de partout) dans tout <u>le à l'intérieur</u> (A montre le gobelet) <u>j'pense qu'il y'en a de partout</u> (A bouge la main de partout)</p> <p>D : ouais</p> <p>A : mais la <u>plupart</u> (A ouvre les doigts) euh/ les plus gransse(A ouvre les doigts) grosses (A ouvre les doigts) quantités sont autour des parois et sur le dessus (A montre l'intérieur du gobelet) en fait</p> <p>[...]</p> <p>A : (2s) ben j' dirai j' dirai aussi beaucoup plus sur le (A touche le plastique) sur l'plastique en fait le fait que ça (A ouvre les doigts avec la paume vers le haut) ça gonfle en fait</p>	<p>Molécule se répartissent partout</p> <p>molécules se répartissent plus sur les parois</p> <p>molécules se répartissent plus en haut</p>

Cet extrait montre, que pour Anne il y a des molécules partout, mais qu'il y en a plus sur les parois (endroit où l'air agit). De plus, pour expliquer le fait que le film plastique se gonfle, elle considère qu'il y a beaucoup plus de molécules sur le plastique (en haut). Lors de nos questionnaires posés à trois classes différentes, nous avons trouvé des explications d'élèves mélangeant le fait que le gaz soit partout et à la fois plus à un endroit (voir chapitre 5, partie répartition catégorie

«

répartition inhomogène

»). Anne utilise simultanément l'idée *les molécules sont partout* et l'idée *les molécules se concentrent sur les parois*. Dans la situation

«

seringue pousse/lâche

», Anne établit un lien entre l'état des molécules et leur action, elle explique :

«

elles (les molécules) sont

plus compactes

et donc comme tout à l'heure

elles exercent une pression

pour l'fait de

repousser

», noté *molécules comprimées action des molécules* (seringue pousse/lâche).

Cette partie présente les idées d'Anne que l'on retrouve dans le questionnaire et dans l'entretien.

Concernant le sens des mots, Anne utilise le mot pression avec la signification de l'action de pousser dans de nombreuses situations du questionnaire et de l'entretien (tableau 6.17).

Tableau 6.17 : Le sens du mot pression.

Questionnaire

- *pression* = *action de pousser* (pompe avec action, pompe pousse/lâche, ping-pong 2, ballon foot, chauffe ballon)

Entretien

- *pression* = *action de pousser* (verre+sucre, seringue pousse/lâche seringue tire/lâche, seringue pousse, flambie, trois ballons, chauffe récipient fer, chauffe récipient fer (R agit))

De plus, on trouve que les idées : *le gaz est composé de molécules*, *le gaz est présent partout* et *le gaz se répartit partout* sont très stables pour de nombreuses situations du questionnaire et de l'entretien (tableau 6.18)

Tableau 6.18 : Stabilité des idées concernant l'aspect particulière, la présence et la répartition du gaz.

Questionnaire

-gaz sont composés de molécules (mot air, mot gaz, ballon foot S+E, pompe sans action S+E, pompe (R agit), pompe pousse/lâche, quatre ballons S, chauffe ballon S+E)

Entretien

-gaz sont composés de molécules (trois ballons, chauffe récipient fer, chauffe récipient en fer (répartition), refroidit récipient fer (répartition), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche)

-gaz est présent partout (mots air, ballon foot S+E, pompe sans action S+E, pompe avec action S, quatre ballons S)

-gaz se répartit partout (mot air, pompe sans action, ballon foot S, pompe S, quatre ballons S)

-gaz est présent partout (attraper avec bouteille, seringue tire/lâche, trois bouteilles, verre+sucre, chauffe récipient en fer (répartition), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche, chauffage)

-gaz se répartit partout (trois bouteilles (répartition), seringue tire/lâche, seringue pousse lâche, chauffage, seringue tire/lâche)

À la suite de l'enseignement, on voit apparaître l'idée que les molécules se concentrent sur les parois pour agir. Cette idée, spécifique à Anne, est utilisée dans de nombreuses situations du questionnaire et de l'entretien. De plus, Anne utilise la variation de la quantité pour interpréter l'action du gaz dans un grand nombre de situations du questionnaire (tableau 6.19).

Tableau 6.19 : Stabilité des idées les molécules se concentrent sur les parois et variation de quantité

Questionnaire

-molécules se concentrent sur les parois (chauffe ballon S+E, pompe sans action, pompe (R agit))

-air rentre =variation quantité action de l'air (ballon foot, ping-pong 1& 2)

- apparition de gaz = variation quantité action des molécules (chauffe ballon)

Entretien

-molécules se concentrent sur les parois (chauffe récipient fer, seringue pousse/lâche, trois ballons (R agit))

-air rentre = variation quantité action gaz(flambie languette, montgolfière)

-gaz traverse la paroi =variation quantitéaction gaz (chauffe récipient fer)

- disparition gaz = variation quantité effet gaz (confiture)

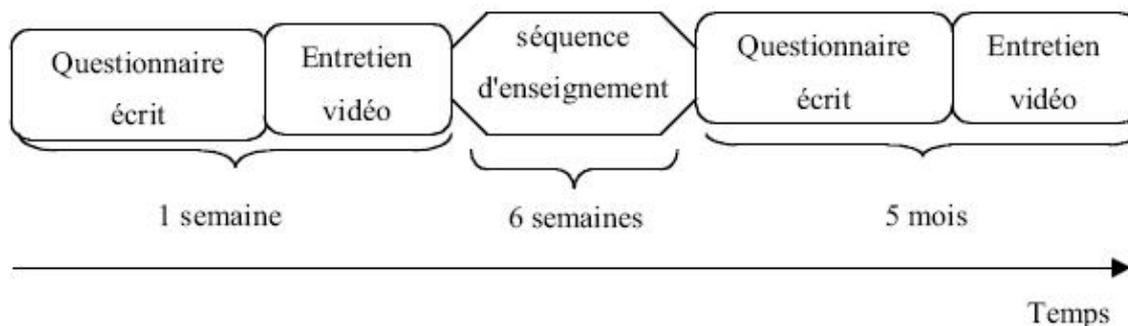
Comme nous l'avons indiqué dans notre méthodologie, pour suivre l'évolution des idées d'Anne au cours du temps, nous comparons les idées d'Anne avant et après l'enseignement, pour établir la stabilité de ses idées du point de vue du temps et des situations. La stabilité

«

situationnelle

» sera testée à travers les traits de surface des situations, que nous analysons en termes d'objets et d'événements. La stabilité temporelle sera testée à partir des différentes données que nous avons recueillies à des temps différents (figure 6.10). Rappelons que plus l'intervalle de temps entre l'utilisation de la même idée dans des situations proches sera grand, et plus cette idée sera stable dans le temps.

Figure 6.10 : Intervalle de temps entre le recueil des différentes données



Le tableau 6.20 montre, qu'avant l'enseignement, Anne utilise le mot gaz avec le même sens que le mot air et que cette utilisation n'est plus faite après l'enseignement.

Tableau 6.20 : Évolution du sens des mots

	Avant	Après
sens des mots Questionnaire	- <i>air</i> = <i>gaz</i> (ballon foot, ping-pong 1 & 2) - <i>pression</i> = <i>action de pousser</i> (pompe avec action, pompe pousse/lâche, pompe sans action)	- <i>pression</i> = <i>action de pousser</i> (pompe avec action, pompe pousse/lâche, ping-pong 2, ballon foot, chauffe ballon)
sens des mots Entretien	- <i>pression</i> = <i>action de pousser</i> (verre+sucre, seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche, montgolfière)	- <i>pression</i> = <i>action de pousser</i> (verre+sucre, seringue pousse/lâche seringue tire/lâche, seringue pousse, flambie, trois ballons, chauffe récipient fer, chauffe récipient fer (R agit))

Concernant l'utilisation du mot *pression* avec la signification de l'action de pousser, il apparaît que cette idée est déjà stable avant l'enseignement, pour les situations utilisant des enceintes avec un piston. À la suite de l'enseignement, l'idée *pression = action de pousser* est toujours utilisée dans les situations utilisant des enceintes avec un piston, mais on trouve qu'elle est aussi employée dans de nouvelles situations ayant des traits de surfaces très différents. L'évolution de cette idée à la suite de l'enseignement peut être caractérisée par l'augmentation de son domaine d'application.

Le tableau 6.21 montre qu'avant l'enseignement, l'idée *les gaz sont composés de molécules*, est très peu utilisée. On la retrouve essentiellement, dans la définition du mot air, ainsi que pour représenter le gaz sur des schémas. De plus, les molécules ne sont pas utilisées dans les explications. Après l'enseignement, il apparaît qu'Anne utilise cette idée pour expliquer un grand nombre de situations très différentes. De plus, lorsque l'on compare le questionnaire et l'entretien passés après l'enseignement, on trouve que cette idée est très stable à travers différentes situations.

Tableau 6.21 : Évolution des idées sur l'aspect particulière du gaz

	Avant	Après
Aspect particulaire	- <i>gaz sont composés de molécules</i> (mot air, mot gaz, ballon foot S, pompe S, quatre	- <i>gaz sont composés de molécules</i> (mot air, mot gaz, ballon foot S+E, pompe

Questionnaire	ballons S)	sans action S+E, pompe (R agit), pompe pousse/lâche, quatre ballons S, chauffe ballon S+E)
Aspect particulaire Entretien	-gaz sont composés de molécules (mot air, trois ballons (molécules))	-gaz sont composés de molécules (trois ballons, chauffe récipient fer, chauffe récipient en fer (répartition), refroidit récipient fer(répartition), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche) -chauffe chocs des molécules (chauffe récipient en fer) -chauffemolécules accélèrent (refroidit récipient en fer) -molécules compressés (seringue pousse/lâche) -Q= nbre de molécules (trois ballons (quantité)) -molécules se regroupent pour agir (chauffe récipient fer (R agit))

À la suite de l'enseignement le domaine d'application de l'idée *les gaz sont composés de molécules* augmente. De plus, de nouvelles idées sur les molécules apparaissent, notamment que la quantité correspond au nombre de molécules, qu'elles ont des chocs avec la paroi et qu'elles accélèrent lorsqu'on les chauffe. On trouve aussi l'idée que les molécules se regroupent pour agir. Concernant ces nouvelles idées sur les molécules, il est important de préciser qu'elles restent très contextualisées puisqu'elles sont rattachées à une seule situation. Ceci témoigne qu'elles ne sont pas encore stabilisées pour des situations différentes.

Le tableau 6.22 montre qu'avant l'enseignement l'idée *le gaz est présent partout* est très stable pour un grand nombre de situations du questionnaire et de l'entretien. À la suite de l'enseignement, cette idée devient encore plus stable au niveau des situations, puisque son domaine d'application a augmenté pour le questionnaire et l'entretien.

Tableau 6.22 : Évolution des idées sur la présence des gaz

	Avant	Après
Présence Questionnaire	- <i>gaz est présent partout</i> (mot air, mot gaz, ballon foot S, chauffe ballon S, pompe S, quatre ballons S) - <i>chauffe apparition de gaz</i> (chauffe ballon)	- <i>gaz est présent partout</i> (mots air, ballon foot S+E, pompe sans action S+E, pompe avec action S, quatre ballons S) - <i>chauffe apparition de gaz</i> (chauffe ballon)
Présence Entretien	- <i>gaz est présent partout</i> (attraper avec bouteille, seringue tire/lâche, trois bouteilles, mot air, attraper avec sac plastique, trois ballons(répartition molécules)). - <i>gaz traverse la paroi</i> (seringue pousse (R agit), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche)	- <i>gaz est présent partout</i> (attraper avec bouteille, seringue tire/lâche, trois bouteilles, verre+sucre, chauffe récipient en fer (répartition), seringue pousse/lâche, seringue tire/lâche, chauffage) - <i>chauffe gaz traverse la paroi</i> (chauffe récipient fer) - <i>refroidit disparition de gaz</i> (confiture)

-refroiditdisparition de gaz (confiture,
refroidit récipient en fer)

Q = nbre de molécules (trois ballons
(quantité))

Q+V+ (trois ballons (quantité))

L'idée que *le gaz traverse les parois* n'est utilisée avant l'enseignement que dans la situation utilisant une seringue. À la suite de la séquence, on retrouve cette idée mais dans une situation très différente (chauffé récipient en fer). Compte tenu du fait que la séquence d'enseignement utilise une seringue dans la plupart des situations, il est fort probable qu'Anne ait construit le fait que l'air ne passe pas à travers les parois de la seringue.

En revanche, il semble que la séquence a très peu d'effet sur les idées concernant l'apparition ou la disparition des gaz lorsque la température varie, car elles sont utilisées exactement dans les mêmes situations avant et après l'enseignement. De plus, l'idée apparition de gaz lorsque l'on chauffe, n'est jamais réinvestie dans des situations de l'entretien, ce qui semble témoigner qu'elle reste très contextualisée à la situation

«

chauffe récipient en fer

».

Avant l'enseignement, Anne relie la quantité au volume par une relation de causalité de type

«

plus-plus

». À la suite de l'enseignement, il apparaît qu'Anne établit un lien entre la quantité et le nombre de molécules. Ce lien est le même que celui établi par la physique, ce qui nous laisse penser qu'il a été construit durant l'enseignement.

À la suite de l'enseignement, on trouve que le domaine d'application de l'idée *les molécules se répartissent partout* n'a pas changé et se compose toujours de situations demandant de représenter du gaz sur un Schéma (tableau 6.23).

Tableau 6.23 : Évolution des idées sur la répartition des gaz

	Avant	Après
Répartition Questionnaire	-gaz se répartit partout (chauffe ballon S) -molécules se répartissent partout (ballon foot S, pompe S, quatre ballons S)	-air se répartit partout (mot air, pompe sans action) -molécules se répartissent partout (ballon foot S, pompe S, quatre ballons S)
	-molécules d'hélium se répartissent en haut (quatre ballons S)	-molécules se concentrent sur les parois (chauffe ballon S+E, pompe sans action, pompe (R agit))
Répartition Entretien	-gaz se répartit partout (trois ballons (répartition et molécules), trois bouteilles (répartition), chauffage, attraper, attraper	-gaz se répartit partout (trois bouteilles (répartition), seringue tire/lâche, seringue pousse lâche, chauffage)

avec une bouteille, attraper avec un sac plastique, seringue tire/lâche)
-molécules se répartissent partout (trois ballons (molécules))

-molécules se répartissent partout (seringue tire/lâche)

-air se répartit plus à un endroit (chauffe récipient fer (R agit))

-molécules se répartissent plus à un endroit (chauffe récipient fer, seringue pousse/lâche, trois ballons (quantité + R agit)) :

-molécules d'hélium se répartissent plus en haut (ballon d'hélium (molécules))

-molécules se concentrent sur les parois (chauffe récipient fer, seringue pousse/lâche, trois ballons (R agit))

Lorsqu'on regarde l'évolution des idées au sein de l'entretien, il apparaît qu'à la suite de l'enseignement, le domaine d'application de l'idée *le gaz se répartit partout*, diminue, alors que celui de l'idée *les molécules se répartissent plus à un endroit*, augmente. De plus, on trouve qu'Anne utilise l'idée *les molécules se concentrent sur les parois* dans le questionnaire et l'entretien après l'enseignement. Cette idée est particulièrement stable pour deux situations ayant des traits de surfaces très proches. Pour ces deux situations, il y a des objets relativement proches : (1) une seringue et une pompe à vélo et (2) ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer et film plastique posé sur un récipient en fer. De plus les événements presque similaires : (1) on comprime le gaz et (2) on chauffe le gaz. Comme nous allons le voir par la suite il semble, que la répartition des molécules soit fortement liée à l'action des gaz.

Le tableau 6.24 montre qu'à la suite de l'enseignement, les idées d'Anne sur la description de l'action du gaz se sont enrichies. En effet, on trouve beaucoup plus fréquemment des idées sur l'action du gaz ou des molécules. De plus, il semble qu'Anne établisse une relation entre la répartition des molécules et leurs actions. En effet, pour Anne les molécules sont partout et elles se concentrent à certains endroits pour agir. Cette relation est particulièrement stable dans le temps et dans un certain nombre de situations variées. On remarque que le domaine d'application des idées : utilisant la variation de la quantité et comparant deux systèmes, n'évolue quasiment pas à la suite de l'enseignement.

Tableau 6.24 : Évolution des idées sur l'action du gaz

	<i>Avant</i>	<i>Après</i>
Action Questionnaire	<ul style="list-style-type: none"> - <i>action air plus à un endroit</i> (pompe sans action, pompe avec action) - <i>action air</i> (pompe avec action, pompe sans action, pompe pousse/lâche) - <i>variation quantité effet gaz</i> (ballon foot, ping-pong 1 & 2) - <i>chauffe apparition de gaz = variation quantité effet du gaz</i> (chauffe ballon) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>action air dans toutes les directions</i> (pompe sans action, pompe avec action) - <i>action air</i> (pompe avec action, ballon foot, ping-pong 1 & 2) - <i>variation quantité action de l'air</i> (ballon foot, ping-pong 1 & 2) - <i>chauffe apparition de gaz = variation quantité action des molécules</i> (chauffe ballon) - <i>répartition sur les parois action des molécules</i> (ballon chauffe S+E, pompe sans action, pompe (R agit))
Action Entretien	<ul style="list-style-type: none"> - <i>gaz agit plus à un endroit</i> (seringue pousse (R agit)) - <i>gaz agit partout</i> (trois ballons (R agit)) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>répartition à un endroit action des molécules</i> (chauffe récipient en fer (répartition), chauffe récipient fer (R agit), seringue pousse/lâche, trois ballons (agit))

-action gaz (seringue pousse)	-chocs molécules(chauffe récipient fer)
-air traverse la paroi =variation quantité	-chauffemolécules accélèrent (chauffe récipient fer)
action gaz (seringue pousse/lâche, seringue tir/lâche)	-chauffe gaz traverse la paroi =variation quantitéaction gaz (chauffe récipient fer)
-air rentre = variation quantitéeffet gaz (attraper avec sac plastique, flambie languette)	-air rentre = variation quantité action gaz(flambie languette)
-chauffegaz rentre =variation quantité action gaz (montgolfière)	-chauffe molécules rentre =variation quantité action molécules à un endroit (montgolfière)
-refroiditdisparition gaz = quantité effet gaz (refroidit récipient en fer, confiture)	-refroiditdisparition gaz = variation quantité effet gaz (confiture)
-action eau<action air (verre+sucre)	-action eau<action air (verre+sucre)
-action air ext>action air int (seringue tire/lâche)	-action mol ext>action mol int (seringue tire/lâche)
	-air se compresseaction de l'air (seringue pousse)

Le tableau 6.25 montre qu'avant l'enseignement, Anne utilise l'idée *le gaz pèse* de manière hésitante() au cours de l'entretien et du questionnaire. Après l'enseignement, il apparaît qu'Anne utilise dans le questionnaire deux idées contradictoires : *l'air pèse* et *le gaz ne pèse pas*, mais toujours de manière hésitante.

Tableau 6.25 : Évolution des idées sur le caractère pesant du gaz

	Avant	Après
Lourdeur Questionnaire	<i>air pèse</i> (ballon de foot (masse) + E)	<i>air pèse</i> (ballon de foot (masse)) <i>gaz ne pèse pas</i> (verre de coca)
Lourdeur Entretien	<i>gaz pèse</i> (verre de coca)	<i>gaz ne pèse pas</i> (trois bouteilles (masse)) <i>gaz ne pèse pas</i> (verre coca)

Au cours de l'entretien, elle utilise deux fois l'idée *le gaz ne pèse pas* et sans hésitation pour le verre de coca. Le nombre de situations où cette idée apparaît est beaucoup trop faible pour que l'on puisse conclure à une quelconque stabilité.

Cette partie propose de présenter l'évolution des idées d'Ellen à la suite de l'enseignement sur les gaz. Comme pour Anne, cette présentation se déroulera en fonction des trois étapes de notre méthodologie (voir figure 6.1).

Cette partie présente les idées d'Ellen reconstruites à partir du questionnaire, puis à partir de l'entretien et enfin la comparaison de ces idées.

Nous proposons de faire une reconstruction des idées d'Ellen à partir de ses réponses écrites au questionnaire. Dans le but de situer Ellen par rapport au reste de sa classe, nous allons comparer au fur et à mesure de notre analyse, ses réponses avec celles des autres élèves (cette comparaison est disponible dans l'annexe de l'analyse fine avant/après). Durant cette analyse, nous utilisons les abréviations des situations du questionnaire (voir dans l'annexe de l'analyse globale). Ceci nous permet de signaler qu'Ellen coche une réponse sans donner explication pour les questions

«

pompe vélo sans action

»,

«

pompe vélo avec action

» et

«

ping-pong 1 & 2

». De plus, elle n'a pas répondu à la question

«

pompe vélo pousse/lâche

».

Dans la totalité du questionnaire, Ellen n'utilise jamais le mot pression. De plus, on ne voit jamais apparaître dans ses explications le mot gaz employé avec la même signification que le mot air. Pour les questions demandant de faire quatre phrases avec le mot air puis avec le mot gaz, il est intéressant de voir qu'Ellen utilise un vocabulaire très différent pour chacun de ces mots. En effet, l'air semble être considéré comme ce qui compose l'atmosphère qui nous entoure :

«

l'air est quelques chose de léger

»,

«

l'air se trouve partout

»,

«

l'air est quelque chose que l'on ne peut pas toucher

»,

«

on a besoin d'air pour vivre

», alors que le gaz semble être envisagé seulement avec les propriétés du gaz de ville :

«

le gaz peut être dangereux

»,

«

le gaz est quelque chose que l'on peut sentir

»,

«

le gaz est utile dans la vie de tous les jours

»,

«

presque tout le monde utilise le gaz

». Dans le reste du questionnaire, Ellen n'utilise que le mot air dans ses explications. L'apprentissage de la physique nécessite aussi de savoir utiliser un vocabulaire spécifique, il semble ce ne soit pas encore le cas pour Ellen, qui n'utilise ni le mot pression, ni le mot gaz dans ses explications.

Dans toutes les questions du questionnaire, on trouve qu'Ellen ne fait jamais appel à des éléments relevant du niveau microscopique. En effet, on ne trouve dans aucune de ses explications l'utilisation des mots comme molécule, particule ou encore atome. De plus, elle représente le gaz comme un ensemble continu dans trois des quatre situations demandant de faire un dessin. Cependant pour la situation demandant de dessiner de l'air dans une pompe à vélo, Ellen utilise des traits discontinus pour le représenter. Il est assez surprenant qu'elle ait utilisé ce type de représentation uniquement pour cette situation. Un certain nombre d'éléments laisse penser qu'Ellen a peut-être copié pour cette réponse sur Anne. Particulièrement, le fait qu'elles aient coché toutes les deux les mêmes réponses concernant la direction de l'action de l'air dans la pompe à vélo et qu'Ellen ne donne aucune explication pour cette situation. Nous notons cette idée *air composé de molécules* (pompe sans action S), le signifie qu'il y a un doute sur la reconstruction de l'idée.

En résumé, Ellen n'utilise jamais les molécules dans ses explications et ne représente quasiment pas le gaz avec des traits discontinus, ce qui correspond à la majorité des réponses des élèves de sa classe. Notons que la représentation microscopique de l'air dans la situation de la pompe à vélo est utilisée par 26 % des élèves de sa classe.

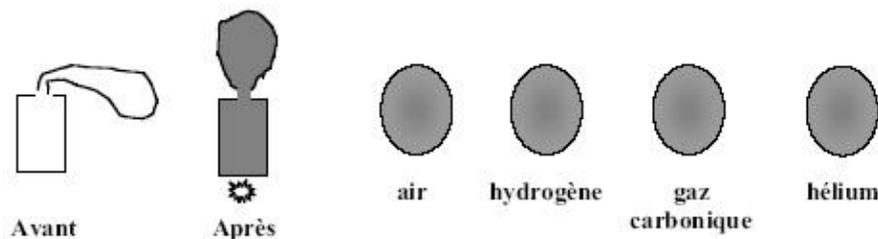
Notre analyse montre qu'Ellen utilise l'idée que *le gaz est présent partout* dans plusieurs situations (mot air, ballon de foot S, pompe à vélo avec action S, chauffe récipient en fer S, quatre ballons S), le S signifie que la situation demande de réaliser un Schéma. Elle écrit que

«

l'air se trouve partout

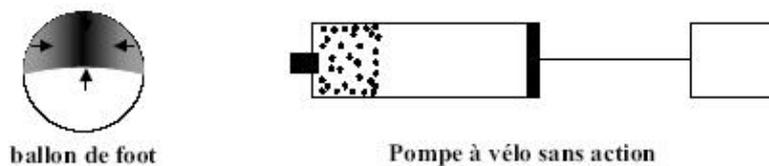
» et elle dessine, entre autres, les schémas suivants :

Figure 6.11 : Représentations d'Ellen utilisant l'idée que le gaz est présent partout



Ces représentations illustrent le fait que le gaz est présent partout. Cependant, il semble que, dans la bouteille recouverte d'un ballon de baudruce, il n'y a pas d'air avant que l'on chauffe mais qu'il y en a partout lorsque l'on chauffe. De plus, on trouve deux représentations dans lesquelles l'air est présent seulement à un endroit (figure 6.9)

Figure 6.12 : Représentation d'Ellen utilisant l'idée *l'air se répartit à un endroit*



Ces deux représentations donnent l'impression qu'il y a de l'air d'un côté et du vide de l'autre, un peu comme si l'air formait un tout dont on avait enlevé une partie. Il est difficile de savoir, à partir de ces dessins, les propriétés qu'Ellen attribue effectivement à l'air. Cependant, il apparaît clairement, qu'elle n'utilise pas le fait que l'air est expansible et qu'il occupe tout l'espace dont il dispose.

Concernant la répartition des gaz, Ellen considère que le gaz se répartit partout dans la plupart des situations (noté *gaz se répartit partout* (mot air, chauffe ballon S, pompe avec action S, quatre ballons S), le S signifie

que la question demande de réaliser un Schéma. Cependant, comme le montre la figure 6.12, Ellen utilise l'idée *le gaz se répartit à un endroit* dans deux situations. En effet, elle représente l'air en haut pour le ballon de foot et au niveau du bouchon pour la pompe à vélo.

Les réponses d'Ellen utilisant l'idée *le gaz se répartit partout* sont partagées par 50 % des élèves de sa classe. L'idée *le gaz se répartit à un endroit* est retrouvée chez 50 % des élèves pour la situation du ballon et pour seulement 26 % des élèves dans la situation de la pompe à vélo sans action.

Dans les questions utilisant la pompe à vélo, Ellen répond que l'air n'agit que dans une seule direction, sans donner d'explication. Comme nous l'avons déjà signalé, il semblerait qu'Ellen ait copié cette réponse sur Anne. C'est pourquoi, nous reconstruisons l'idée *action air dans une direction* (pompe sans action, pompe avec action)), le *signifie* qu'il y a un doute sur la reconstruction de l'idée.

Ellen interprète deux situations en utilisant la variation de la quantité. En effet, elle écrit pour la situation du ballon de foot que l'on dégonfle que

«

l'air va partir

donc laisser la place à la paroi pour se détendre un peu

» et pour celle du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe que

»

la bouteille

va se remplir d'air

, après que la bouteille soit pleine c'est le ballon qui va commencé à se remplir donc à se gonfler

». Dans ces deux situations, la variation de la quantité d'air est la cause des phénomènes observés. Cependant, Ellen ne parle pas explicitement de l'action de l'air, c'est pourquoi nous reconstruisons l'idée *effet air*, qui signifie que l'air joue un rôle mais sans préciser pas lequel. Finalement, nous notons la relation causale par *gaz part = variation quantité effet air* (ballon foot, chauffe ballon).

En revanche, Ellen donne une description de l'action du gaz dans la situation des quatre ballons, elle écrit :

«

je pense que les ballons vont retrouver leur formes normales car ce qui est à l'intérieur du ballon

va pousser les parois

vers l'extérieur

». Cette explication montre que le gaz pousse sur les parois, ce que nous modélisons par l'idée *action gaz* (quatre ballons).

On trouve que, pour Ellen,

«

l'air est

quelque chose de léger

». Nous considérons que quelque chose de léger a une masse, c'est pourquoi, nous reconstruisons l'idée *le gaz pèse* (mot air), le *signifie* qu'il y a un doute sur la reconstruction de l'idée. Dans la situation d'un verre rempli de boisson gazeuse, Ellen donne l'explication suivante : le verre pèsera la même chose

«

car le gaz qui s'est dégagé

n'est pas assez lourd

pour faire la différence avant après

». À partir de cette explication, il est difficile de savoir si Ellen pense que le gaz pèse ou non. Cette phrase n'est pas assez claire pour que nous reconstruisions une idée. En résumé, Ellen utilise l'idée *le gaz pèse* (mot air).

Cette partie présente les idées reconstruites à partir des productions (verbales et non-verbales) d'Ellen au cours de l'entretien que nous avons filmé. L'ensemble des questions de l'entretien, les abréviations des différentes situations, ainsi que la transcription de cet entretien passé avant l'enseignement sont disponibles dans l'annexe analyse fine avant/après. La transcription inclut, les unités de sens sur lesquelles nous nous sommes basées pour reconstruire les idées d'Ellen. Nous proposons de présenter l'essentiel de ses idées regroupées selon nos catégories.

Dans tout l'entretien, Ellen n'utilise jamais le mot pression. De plus, le mot gaz n'est jamais employé avec le même sens que le mot air. Elle utilise le mot gaz pour désigner le gaz de ville et les bulles contenues dans une boisson gazeuse.

Durant la totalité de l'entretien, aucune des explications d'Ellen n'utilise d'éléments microscopiques. En effet, ses explications n'emploient jamais les mots molécule, particule ou encore atome. Ceci semble montrer que, pour Ellen, l'interprétation de phénomènes mettant en jeu des gaz ne nécessite pas d'utiliser des éléments

microscopiques.

Ellen considère qu'il y a du gaz partout : dans la salle où s'est déroulé l'entretien, dans les trois bouteilles contenant des gaz différents, ainsi que dans la seringue bouchée. Nous notons cette idée *le gaz est présent partout* (trois bouteilles (répartition), seringue pousée, chauffage). Il est intéressant de remarquer la différence entre ces trois situations. En effet, la première met en jeu du gaz

«

libre

», la seconde du gaz enfermé dans une enceinte (sans action) et la dernière du gaz enfermé dans une enceinte que l'on comprime. Malgré la variété de ces situations, Ellen ne réutilise pas cette idée pour attraper de l'air avec une bouteille (tableau 6.26).

Tableau 6.26 : Extrait de la situation demandant d'attraper de l'air avec une bouteille

Temps	Question et transcription	Idées
36:11	6.1.0 Peux-tu attraper de l'air avec une bouteille ? explique comment ? E : (7s) oui mais j'sais pas comment/ j'sais pas comment en mettre, j'allais dire l'air mais j'sais pas comment D : mais à ton avis là (<i>D montre la bouteille</i>) euh non/ oui peut-être E : oui p't'être D : oui mais là est-ce que tu pourrais le faire (?) (<i>D montre la bouteille</i>) E : ah non	

Cet extrait montre qu'Ellen ne sait pas comment faire pour attraper de l'air avec une bouteille. À travers cette explication, nous supposons qu'Ellen considère qu'il n'y a pas d'air dans la bouteille, sinon il suffirait de la boucher pour en attraper. Elle ne dit pas explicitement qu'il n'y a pas d'air, c'est pourquoi nous ne reconstruisons pas d'idée. Nous garderons à l'esprit, qu'elle ne sait pas comment attraper de l'air avec une bouteille et que, dans cette situation, elle ne semble pas utiliser l'idée *l'air est présent partout*.

Dans la question suivante demandant d'attraper de l'air avec un sac plastique, Ellen souffle dans le sac plastique et précise qu'on sait qu'il y a de l'air, car on voit que ça gonfle (idée *air présent partout* (attraper (sac plastique))).

Il semble que pour Ellen les gaz se répartissent partout. L'extrait ci-dessous montre comment nous avons reconstruit cette idée dans deux situations différentes.

Tableau 6.27 : Reconstruction de l'idée *le gaz se répartit partout* dans deux situations

Temps	Question et transcription	Idées
38:37	7.1- Selon toi, comment sont répartis l'hélium, le gaz de ville et l'air dans les bouteilles ? D : comment est réparti l'hélium dans la bouteille (?) A : (4s) de partout D : d'accord/ l'air (?) A : pareils [ils sont tous pareils]	<i>gaz se répartit partout</i>

- D : [et le gaz de ville (?)]
- 41:54 **9.0-** On place un appareil de chauffage devant l'interviewé et on l'allume.
9.1- A ton avis comment l'air est-il réparti dans la pièce?
- E (4s) ben **y'en a de partout** *air se répartit partout*
- D : d'accord (1s) et l'air qu'est chaud par exemple (?)
- E :(3s)
- D : non pas d'idée

Dans cet extrait, les parties en gras sont les unités de sens sur lesquelles nous nous appuyons pour reconstruire cette idée, nous la notons *gaz se répartit partout* (trois bouteilles (répartition), chauffage). Il est intéressant de voir qu'Ellen considère que des gaz différents (l'air, l'hélium, et le gaz de ville) se répartissent de la même façon.

On trouve que le gaz agit sur toutes les parois du récipient qui le contient, dans des situations mettant en jeu des actions très différentes sur les gaz : lorsque l'on chauffe un récipient en fer avec un film plastique dessus (action de chauffer), ou que l'on pousse sur le piston d'une seringue bouchée (action de compresser) ou encore qu'il y a trois ballons remplis de gaz différents (pas d'action). L'utilisation de l'idée *le gaz agit partout* dans des situations privilégiant certaines directions (le haut lorsque l'on chauffe et la direction du mouvement du piston dans le cas de la seringue), témoigne d'une forte stabilité à travers les situations. En résumé, cette idée avec son domaine d'application est notée *gaz agit partout* (chauffe récipient en fer, refroidit récipient fer, seringue pousse, trois ballons (R agit)).

Pour décrire l'action du gaz, Ellen semble utiliser deux raisonnements différents :

Concernant la masse des gaz, Ellen considère que les bulles d'une boisson gazeuse ne pèsent pas (tableau 6.28).

Tableau 6.28 : Extrait de l'entretien concernant le poids des bulles d'un verre de boisson gazeuse.

Temps	Question et transcription	Idées
29:24	3.1- Lorsqu'il n'y aura plus de bulles dans la boisson, à ton avis, le verre pèsera : plus lourd, moins lourd ou pareil explique ?	

E : j'pense pareil [j'pense **ça doit pas être assez lourd**

D : [d'accord

D : et alors pourquoi pareil

E : (5s) ben **j'pense pas qu':e le gaz qui parte ça ça/ y'est un poids qui/** *gaz ne pèse pas*
qu'ça va différencier

D : et le gaz qui part est-ce que tu penses que le gaz il pèse quelque chose
ou pas

E : **non j'pense pas**

D : tu penses pas quoi qu'il pèse quelque chose

gaz ne pèse pas

E : **j'pense pas qu'il pèse quelque chose**

D : d'accord (1s) donc si il part ça va rien changer

E : **ouais**

Cet extrait montre que le gaz ne pèse pas dans cette situation (noté *gaz pèse pas* (verre coca)). Il est difficile de se faire une opinion sur cette idée, car le fait que les bulles montent favorise ce type d'explication. De plus, cette idée n'est pas réutilisée dans d'autres situations.

À travers cet entretien, il apparaît qu'Ellen n'utilise jamais les molécules dans ses explications. De plus, pour elle, le gaz est présent partout, il se répartit partout et agit partout dans plusieurs situations. Pour décrire, le fait que les gaz agissent, elle utilise deux raisonnements distincts. Le premier concerne les récipients fermés et utilise le fait qu'on empêche le gaz de sortir comme la cause de l'effet observé (gonfle le film plastique, repousse le piston de la seringue). Le second utilise la variation de la quantité de gaz comme étant la cause de l'action du gaz, il apparaît uniquement dans des situations avec des enceintes ouvertes à l'intérieur desquelles le gaz peut rentrer à l'intérieur (flambie, sac plastique). Pour finir, Ellen considère que le gaz ne pèse pas dans une seule situation utilisant un verre de boisson gazeuse.

Après avoir reconstruit les idées d'Ellen à partir du questionnaire et de l'entretien, nous proposons de faire une comparaison entre ces idées, afin d'étudier leur stabilité à travers ces deux types de données (rappelons que l'entretien et le questionnaire ont été proposés à une semaine d'intervalle).

Compte tenu du peu d'idées reconstruites dans les catégories

«

sens des mots

» et

«

aspect particulière

», nous avons les regroupons dans le tableau 6.29.

Tableau 6.29 : Comparaison des idées sur le sens des mots et l'aspect particulière entre l'entretien et le questionnaire (le S dans signifie que la situation demande de faire un Schéma).

Questionnaire avant**Entretien avant**

Sens des mots

Aspect particulière *air est composé de molécules (pompe S)*

Ce tableau montre que, pour l'ensemble des situations du questionnaire et de l'entretien, Ellen n'utilise jamais dans ses explications le mot pression et ne donne jamais la même signification aux mots gaz et air. Ceci témoigne qu'elle ne fait pas encore usage de ce vocabulaire pour décrire les situations que nous lui avons proposées. La catégorie

«

aspect particulière

» montre qu'Ellen ne fait appel qu'une seule fois au niveau microscopique dans ses explications. De plus, il semble qu'elle ait copié cette réponse sur Anne. La faible utilisation des molécules dans ses réponses montre qu'elle n'éprouve pas le besoin de les utiliser pour rendre compte du fonctionnement des gaz.

Le tableau 6.30 montre la stabilité dans le questionnaire et l'entretien de l'idée *le gaz est présent partout*. De plus, cette idée semble particulièrement stable à travers les situations, puisqu'elle est utilisée dans des situations mettant en jeu des objets et des événements très différents.

Tableau 6.30 : Comparaison des idées d'Ellen sur la présence du gaz dans l'entretien et le questionnaire.

	Questionnaire avant	Entretien avant
Présence	<i>gaz est présent partout</i> (quatre ballons S, mot air, ballon de foot S, chauffe récipient fer S)	<i>gaz est présent partout</i> (trois bouteilles (répartition), seringue pousse, chauffage)

Le tableau 6.31 montre la stabilité de l'idée *le gaz se répartit partout* dans plusieurs situations du questionnaire et de l'entretien. Il montre aussi que l'idée *l'air se répartit à un endroit* possède un tout petit domaine d'application et n'est utilisée que dans le questionnaire.

Tableau 6.31 : Comparaison des idées d'Ellen sur la répartition du gaz dans l'entretien et le questionnaire (le S signifie que la situation demande de faire un Schéma. S1 et S2 correspondent respectivement au schéma du ballon avant qu'on le dégonfle et une fois dégonflé).

	Questionnaire avant	Entretien avant
Répartition	<i>gaz se répartit partout</i> (quatre ballons S, mot air, ballon de foot S1, chauffe un ballon S) <i>molécules se répartissent partout</i> (pompe avec action S) <i>air se répartit à un endroit</i> (ballon foot S2) <i>molécules se répartissent à un endroit</i> (pompe sans action S)	<i>gaz se répartit partout</i> (trois bouteilles (répartition), chauffage)

Le tableau 6.32 montre que les idées *l'air agit dans une direction* et *l'air agit partout* ne sont pas utilisées dans le questionnaire et l'entretien. De plus, la première idée semble se limiter à la situation utilisant une pompe à vélo, alors que la seconde semble posséder un domaine d'application beaucoup plus large, mettant en jeu des situations avec des traits de surface très différents. Ceci nous amène à penser que l'idée *l'air agit partout* est plus stable à travers les situations que *l'air agit dans une direction*. Nous rappelons que le *signifie qu'il y a eu un doute lors de la reconstruction de cette idée*. Dans ce cas précis, il semble qu'Ellen ait copié la réponse d'Anne.

Tableau 6.32 : Comparaison des idées d'Ellen sur l'action du gaz dans l'entretien et le questionnaire.

	Questionnaire avant	Entretien avant
Action	<i>air agit dans une direction</i> (pompe sans action, pompe avec action)	<i>air agit partout</i> (seringue pousse, chauffe récipient en fer, refroidit récipient fer, trois ballons)
	<i>variation quantité effet air</i> (ballon de foot, chauffe le ballon)	<i>air rentre = variation quantité action air</i> (flambie, montgolfière)
	<i>action gaz</i> (quatre ballons)	<i>empêche le gaz de sortir effet gaz</i> (chauffe récipient fer, seringue pousse, seringue pousse/lâche)

L'utilisation de la variation de la quantité de gaz comme étant la cause de l'action du gaz semble stable. En effet, on la trouve aussi bien dans le questionnaire que dans l'entretien et de surcroît dans des situations très différentes. De plus, l'idée *l'action du gaz* est retrouvée dans trois situations très différentes (quatre ballons, flambie, montgolfière). Nous remarquons, qu'Ellen utilise l'idée *empêche le gaz de sortir effet gaz* dans des situations différentes. Cependant, elle est utilisée seulement pour l'entretien, c'est pourquoi, nous considérons qu'elle est stable à travers plusieurs situations de l'entretien.

Le tableau 6.33 montre qu'Ellen utilise deux idées contradictoires à des moments différents et dans des situations différentes. Comme ces deux idées ne sont pas utilisées dans d'autres situations, il nous est impossible de conclure à une quelconque stabilité.

Tableau 6.33 : Comparaison des idées d'Ellen sur le caractère pesant du gaz dans l'entretien et le questionnaire.

	Questionnaire avant	Entretien avant
Lourdeur	<i>air pèse</i> (mot air)	<i>gaz ne pèse pas</i> (verre coca)

Cette partie propose d'étudier les idées d'Ellen à la suite de la séquence d'enseignement sur les gaz. L'entretien d'Ellen nous a été volé et elle a refusé de le repasser cinq mois plus tard, c'est pourquoi, notre analyse des idées d'Ellen après l'enseignement se limite au questionnaire.

Avant de présenter les idées d'Ellen en fonction de nos catégories, nous tenons à signaler qu'elle a répondu à toutes les questions.

Lorsque l'on demande de faire quatre phrases avec le mot air, Ellen écrit notamment que

«

l'air est un gaz

». Cependant, on ne retrouve dans aucune de ses explications le mot gaz utilisé avec le même sens que le mot air.

Elle utilise le mot pression dans la phrase :

«

on a appuyer sur le piston donc il y aura une

plus grande pression

donc l'air va agir sur les parois plus fort

». À travers cette explication, il semble qu'Ellen utilise le mot pression comme si c'était une grandeur. En effet, elle ne dit pas que l'air exerce une pression ou que la pression de l'air sur les parois est plus forte. De plus, elle sépare la pression (qui est plus grande) de l'air (qui agit plus fort sur les parois). Nous notons cette idée *pression = grandeur* (pompe avec action (R agit)).

À la suite de l'enseignement, il apparaît qu'Ellen utilise les molécules dans la plupart des situations du questionnaire. Concrètement, on les retrouve dans 5 des Explications d'Ellen et dans 3 des Schémas où elle représente du gaz. Cette idée avec son domaine d'application est notée *l'air est composé de molécules* (mot air, ballon de foot S + E, pompe sans action S, pompe avec action S +E, quatre ballons S + E, ping-pong 1). Le domaine d'application de cette idée montre qu'Ellen l'utilise à travers deux registres sémiotiques différents (langue naturelle et schéma) et dans des situations ayant des traits de surfaces très éloignés. Ceci témoigne de sa grande stabilité dans plusieurs situations et d'une certaine

«

maîtrise

» dans son utilisation. En plus de son utilisation

«

massive

», Ellen fait appel à certains comportements des molécules dans ses explications. Elle écrit :

«

les molécules vont

pousser

sur les parois

»,

«

les molécules vont être comprimés, mais elle auront toujours des

chocs

sur toutes les parois

» et

«

les molécules d'air vont

taper

contre les parois

». Pour reconstruire les idées à partir de ces explications, nous distinguons les unités de sens qui décrivent une action des molécules (utilisation du verbe pousser) de celles qui font appel aux chocs (utilisation des mots avoir des chocs et du verbe taper). À partir de ces trois explications, nous reconstruisons les idées : *action des molécules* (ping-pong 1) et *chocs des molécules* (pompe avec action, quatre ballons).

À la suite de l'enseignement, il apparaît qu'Ellen utilise l'idée *l'air est présent partout* dans plusieurs situations (mot air (2fois), ballon foot S, pompe sans action S + E, pompe à vélo avec action S, quatre ballons). Nous remarquons que, pour la situation de la pompe à vélo sans action sur le piston, Ellen utilise cette idée dans deux registres sémiotiques différents (Explication en langue naturelle et dessin sur un Schéma). De plus, dans les quatre phrases à écrire avec le mot air, elle écrit que

«

l'air est présent partout

» et que

«

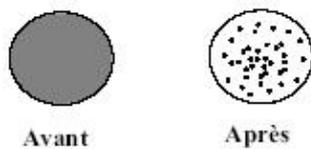
l'air occupe tout le volume d'un récipient

». Ces deux phrases utilisent l'idée que l'air est présent partout. De plus, la deuxième semble spécifier que l'air est présent partout dans un récipient.

En résumé, l'idée *l'air est présent partout* est utilisée dans plusieurs situations assez différentes et on trouve, pour la situation de la pompe à vélo qu'elle est mobilisée dans deux registres sémiotiques.

Pour Ellen, le gaz se répartit partout dans la plupart des situations. Elle donne une description de cette répartition aussi bien au niveau macroscopique (idée *gaz se répartit partout* (mot air, ballon de foot S1, pompe sans action)) que microscopique (idée *molécules se répartissent partout* (ballon de foot S2 + E, pompe S, quatre ballons S)), le S1 représente le ballon de foot avant qu'on le dégonfle et S2 le ballon une fois dégonflé (figure 6.13).

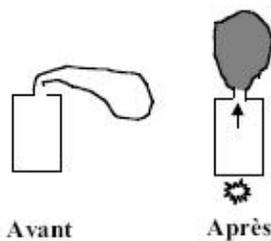
Figure 6.13 : Représentation de l'air dans le ballon de foot que l'on dégonfle



La figure 6.13 montre que le gaz est représenté dans la même situation au niveau macroscopique (ensemble continu) et microscopique (trait discontinu). De plus, l'idée *molécules se répartissent partout* est utilisée dans deux registres sémiotiques dans la situation du ballon de football (Schéma + Explications).

Anne utilise aussi l'idée *le gaz se répartit à un endroit* dans la situation du ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe (figure 6.14).

Figure 6.14 : Représentation du gaz par Ellen dans la situation «chauffe ballon»



Dans cette figure, le gaz est réparti en haut du ballon. Ce dessin semble illustrer la conception

«

l'air chaud monte

» déjà identifiée par Séré (1985). Cependant, il n'y a rien dans les explications d'Ellen, qui permette de le supposer. C'est pourquoi, nous nous contentons de reconstruire l'idée *le gaz se répartit plus à un endroit* (chauffe ballon S).

En résumé, pour Ellen, le gaz se répartit partout dans plusieurs situations et cette idée est utilisée aussi bien au niveau macroscopique que microscopique. De plus, Ellen l'utilise dans des registres sémiotiques différents. Cependant, elle utilise aussi l'idée *le gaz se répartit à un endroit* dans la situation d'un ballon de baudruche

posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe.

Ellen donne une description de l'action du gaz dans un grand nombre de situations. De plus, mis à part une situation où l'air pousse seulement dans la direction du piston (noté *action air dans une direction* (pompe pousse/lâche)), l'action du gaz se fait dans toutes les directions :

«

Il (l'air) agit

sur toutes les parois

»(pompe sans action),

«

elles (les molécules) auront toujours des chocs

sur toutes les parois

»(pompe avec action),

«

car les molécules vont pousser

sur les parois

»(ping-pong 1).

En plus d'utiliser le fait que le gaz agit partout, Ellen utilise des idées différentes pour décrire l'action du gaz :

Dans une question utilisant la pompe à vélo, Ellen met en relation la pression avec l'action du gaz, elle écrit :

«

car on a appuyer sur le piston donc il y aura une

plus grande pression

donc

l'air va agir

sur les parois

plus fort

». Dans cette explication, il semble que la pression soit reliée à l'action du gaz sur toutes les parois par la relation causale de type

«

plus-plus

», c'est-à-dire que plus la pression est importante et plus l'action du gaz sera forte. Cette relation est notée : *variation pression ++ action air partout* (pompe (Ragit)), le ++ signifie relation causale de type

«

plus-plus

».

Ellen utilise la variation de quantité pour expliquer deux situations :

À partir de ces deux phrases, nous reconstruisons l'idée *variation quantité effet gaz* (ballon foot, chauffe ballon). Nous parlons d'effet du gaz, car dans ces explications, il semble que le gaz joue un rôle, mais Ellen ne précise pas lequel.

Dans les deux situations visant à tester si le gaz pèse (ballon de foot, verre coca), Ellen donne les explications suivantes :

«

le ballon sera

plus léger

quand on l'aura dégonfler

car

on aura

enlevé de l'air

» et le verre pèsera la même chose,

«

car

l'air est plus léger

par rapport au liquide on ne s'en apercevra pas

». Dans ces deux explications, Ellen ne dit pas explicitement que le gaz a une masse. Cependant, il est possible de le déduire. En effet, la première explication, donne une relation causale : le ballon sera plus léger (effet) car on a enlevé de l'air (cause), qui semble montrer que le gaz a une masse. La seconde explication précise que le gaz est plus léger, ce qui signifie qu'il a une masse.

En résumé, Ellen utilise l'idée *air pèse* dans deux situations (ballon de foot, coca). Cependant, cette idée n'est pas reconstruite directement à partir des ses explications, c'est pourquoi, nous la notons *air pèse* (ballon de foot, coca).

Pour conclure sur les idées d'Ellen après l'enseignement, nous proposons d'en faire un rapide résumé. Tout d'abord, Ellen fait appel aux molécules dans presque toute les situations du questionnaire. De plus, elle les utilise aussi bien dans les questions demandant des explications que celles demandant de représenter l'air sur un schéma. Pour Ellen, le gaz est présent partout et se répartit partout pour un certain nombre de situations. De plus, dans les explications d'Ellen on trouve que le gaz agit sur toutes les parois du récipient qui le contient et que ce fait est décrit par l'action du gaz, l'action des molécules, ainsi que les chocs des molécules. Elle interprète dans des proportions beaucoup plus faible, l'effet du gaz à l'aide de la variation de quantité et elle relie dans une situation la variation de la pression avec l'action du gaz. Concernant, le caractère pesant des gaz, Ellen leur attribue une masse, mais elle ne l'énonce jamais explicitement. En résumé, à la suite de l'enseignement sur les gaz, Ellen utilise un grand nombre d'idées traitant des différents aspects des gaz.

Lorsque l'on compare les réponses d'Ellen avec les autres élèves de sa classe (voir l'annexe analyse fine avant/après), il apparaît que la plupart des élèves répondent comme Ellen dans toutes les situations, sauf dans celle qui met en jeu le ballon de baudruche posé sur une bouteille en fer que l'on chauffe. Dans cette situation, Ellen fait partie des 27 % d'élèves qui représentent le gaz à un endroit. À l'exception de cette question, il apparaît que les réponses d'Ellen correspondent à celle de la majorité des élèves de sa classe.

Cette partie propose d'analyser l'évolution des idées d'Ellen à la suite de la séquence d'enseignement sur les gaz. Pour cela, nous effectuons une comparaison des idées reconstruites avant l'enseignement (à partir du questionnaire et de l'entretien) avec celles reconstruites après (à partir uniquement du questionnaire). Cette comparaison est faite pour chacune de nos catégories.

Le tableau 6.34 montre qu'après l'enseignement, Ellen utilise le mot pression comme une grandeur physique. Cependant, cette idée est utilisée uniquement pour décrire l'air dans une pompe à vélo, ce qui montre que son utilisation reste très contextualisée à cette situation, qui est d'ailleurs très proche des situations, utilisant une seringue, mises en oeuvre durant la séquence d'enseignement. présente les idées d'Ellen concernant le sens des mots.

Tableau 6.34 : Évolution des idées d'Ellen sur le sens des mots.

	Avant	Après
Sens des mots Questionnaire		pression = grandeur physique (pompe avec action (R agit))
Sens des mots Entretien		

Le tableau 6.35 montre qu'à la suite de la séquence d'enseignement, l'idée *l'air est composé de molécules* a considérablement augmenté son domaine d'application, en passant de 2 à 9 situations. De plus, cette idée est parfois utilisée dans deux registres sémiotiques différents (Schéma + Explication). Ce tableau montre également que l'idée *air est composé de molécules* est stable dans le temps pour les situations utilisant la pompe à vélo et qu'elle est stable à travers plusieurs situations. Ainsi outre l'extension du domaine d'application de cette idée après l'enseignement, Ellen emploie de nouvelles idées sur le comportement des molécules. Elle utilise notamment les chocs des molécules pour expliquer deux situations ayant des traits de surfaces assez différents.

Tableau 6.35 : Évolution des idées d'Ellen sur l'aspect particulaire des gaz.

	Avant	Après
Aspect particulaire Questionnaire	<i>-l'air est composé de molécules</i> (pompe sans action S, pompe avec action S)	<i>-l'air est composé de molécules</i> (mot air, ballon de foot S + E, pompe sans action S, pompe avec action S + E, quatre ballons S + E, ping-pong 1) <i>-chocs des molécules</i> (pompe avec action, quatre ballons) <i>-action des molécules</i> (ping-pong 1)
Aspect particulaire Entretien		

Le tableau 6.36 montre qu'avant l'enseignement l'idée *le gaz est présent partout* est très stable dans différentes situations du questionnaire et de l'entretien. À la suite de l'enseignement, il apparaît que cette idée est très stable dans le temps pour plusieurs situations (mot air, ballon de foot S, quatre ballons S, chauffe récipient en fer S). De plus, son domaine d'application s'est élargi en incorporant les situations utilisant la pompe à vélo. Ce tableau montre aussi que cette idée est stable dans la situation de la pompe à vélo, puisqu'elle est exprimée à travers une Explication et un Schéma d'Ellen.

Tableau 6.36: Évolution des idées d'Ellen sur la présence des mots.

	Avant	Après
Présence Questionnaire	<i>gaz est présent partout</i> (mot air, ballon de foot S, quatre ballons S, chauffe récipient en fer S)	<i>gaz est présent partout</i> (mot air (2 fois), ballon foot S, quatre ballons S, pompe sans action S + E, pompe à avec action S)
Présence Entretien	<i>gaz est présent partout</i> (trois bouteilles (répartition), seringue pousse, chauffage)	

Le tableau 6.37 montre qu'avant l'enseignement, l'idée le *gaz se répartit partout* est stable pour plusieurs situations ayant des traits de surface très différents de l'entretien et du questionnaire. En revanche, l'idée le *gaz se répartit à un endroit* semble être très contextualisée à deux situations (pompe sans action S et ballon foot S2). À la suite de l'enseignement, l'idée le *gaz se répartit partout* (somme des idées utilisant utilisant le gaz et les molécules) augmente son domaine d'application de 5 à 8 situations, alors que le *gaz se répartit à un endroit* (somme des idées utilisant l'air et les molécules) diminue de 2 à 1 situations. Après l'enseignement, cette idée est utilisée uniquement dans la situation

«

chauffe ballon

».

Tableau 6.37 : Évolution des idées d'Ellen sur la répartition des gaz.

	Avant	Après
Répartition Questionnaire	- <i>gaz se répartit partout</i> (mot air, ballon de foot S1, chauffe un ballon S, quatre ballons S) - <i>molécules se répartissent partout</i> (pompe avec action S) - <i>molécules se répartissent à un endroit</i> (pompe sans action S) - <i>air se répartit à un endroit</i> (ballon foot S2)	- <i>gaz se répartit partout</i> (mot air, ballon de foot S1, pompe sans action) - <i>molécules se répartissent partout</i> (pompe avec action S, pompe sans action S, ballon de foot S2 + E, quatre ballons S) - <i>gaz se répartit à un endroit</i> (chauffe ballon S)
Répartition Entretien	- <i>gaz se répartit partout</i> (trois bouteilles (répartition), chauffage)	

Le tableau 6.38 montre qu'avant l'enseignement, Ellen utilise la variation de la quantité de gaz pour expliquer des situations du questionnaire et de l'entretien. De plus, dans le questionnaire *l'air agit dans une direction* alors que dans l'entretien *l'air agit partout*. En comparant le domaine d'application de ces deux idées, il apparaît qu'elles sont utilisées dans des situations très proches (pompe avec action et seringue pousse). L'idée *l'air agit dans une direction* a été reconstruite avec un doute, car il est possible qu'Ellen ait copié sur Anne, ce qui pourrait expliquer cette utilisation d'idées contradictoires pour des situations proches.

À la suite de l'enseignement, il apparaît qu'Ellen utilise l'idée le *gaz agit dans toutes les directions* pour 6 situations. De plus, elle utilise plusieurs idées pour décrire l'action du gaz faisant appel à la pression, l'action gaz, l'action des molécules et les chocs des molécules. Cependant, elle utilise encore l'idée *le gaz agit dans une direction*, mais uniquement dans une situation. Il est intéressant de remarquer que l'idée *variation quantité effet gaz*, n'évolue pas à la suite de l'enseignement et qu'elle est retrouvée exactement dans les mêmes

situations.

Tableau 6.38 : Évolution des idées d'Ellen sur l'action du gaz.

	Avant	Après
Action gaz Questionnaire	- <i>variation quantité effet air</i> (ballon de foot, chauffe ballon)	- <i>variation quantité effet gaz</i> (ballon foot, chauffe ballon)
		- <i>chocs des molécules partout</i> (pompe avec action, quatre ballons)
		- <i>action des molécules partout</i> (ping-pong 1)
	- <i>action gaz</i> (quatre ballons)	- <i>action air partout</i> (pompe sans action, pompe avec action)
		- <i>pression ++ action air partout</i> (pompe (Ragit))
		- <i>action air dans une direction</i> (pompe pousse/lâche)
	<i>action air dans une direction</i> (pompe sans action, pompe avec action)	
Action gaz Entretien	- <i>air rentre = variation quantité action air</i> (flambie, montgolfière)	
	- <i>air agit partout</i> (chauffe récipient en fer, refroidit récipient fer, seringue pousse, trois ballons)	
	- <i>empêche le gaz de sortir effet gaz</i> (chauffe récipient fer, seringue pousse, seringue pousse/lâche)	

Le tableau 6.39 montre qu'avant l'enseignement Ellen utilise l'idée *l'air pèse* (mot air) pour le questionnaire et *le gaz ne pèse pas* (verre coca) pour l'entretien. À la suite de l'enseignement, elle utilise uniquement l'idée *l'air pèse* et cela même dans la situation du verre de coca, où elle utilisait initialement son contraire.

Tableau 6.39 : Évolution des idées d'Ellen sur le caractère pesant des gaz.

	Avant	Après
Lourdeur Questionnaire	<i>air pèse</i> (mot air)	<i>air pèse</i> (ballon de foot, verre coca)
Lourdeur Entretien	<i>gaz pèse pas</i> (verre coca)	

Dans ce chapitre, notre analyse s'est basée sur la comparaison des idées, reconstruites à partir des questionnaires et des entretiens proposés avant et après l'enseignement. Notre méthodologie d'analyse s'est déroulée en plusieurs étapes : (1) reconstruction des idées à partir des données récoltées avant l'enseignement, (2) reconstruction des idées à partir des données récoltées après l'enseignement, (3) comparaison de l'ensemble des idées. En guise de conclusion, nous donnons l'essentiel des idées d'Anne et d'Ellen.

Concernant le sens du mot pression, avant l'enseignement Anne utilise ce mot comme l'action de pousser dans quelques situations de l'entretien et du questionnaire. À la suite de l'enseignement, cette idée est utilisée dans un grand nombre de situations du questionnaire et de l'entretien, ayant des traits de surfaces très différents. Ainsi son évolution correspond à un élargissement important de son domaine d'application. En revanche, Ellen n'utilise pas le mot pression avant l'enseignement et à la suite de la séquence, elle l'emploie avec la signification d'une grandeur mesurable pour une seule situation du questionnaire, ayant des traits de surface très proches des situations rencontrées durant l'enseignement (rappelons qu'après enseignement nous n'avons que le questionnaire d'Ellen).

Concernant l'aspect particulière des gaz, Anne utilise les molécules, avant l'enseignement, essentiellement pour représenter les gaz dans le questionnaire. Après l'enseignement, elle les utilise dans un très grand nombre de situations du questionnaire et de l'entretien. De plus, elle leur attribue certaines propriétés (chocs, vitesse ...). Ellen n'utilise quasiment pas les molécules avant l'enseignement. En revanche, après l'enseignement, elle les utilise dans un grand nombre de situations, et emploie les chocs des molécules pour interpréter deux situations ayant des traits de surfaces très différents.

Concernant la présence des gaz, le domaine d'application de l'idée d'Anne *le gaz est présent partout* augmente considérablement après l'enseignement. En revanche, les idées concernant l'apparition d'un gaz dans une enceinte fermée sont utilisées exactement dans les mêmes situations après l'enseignement. Anne utilise l'idée que le gaz traverse les parois dans les situations utilisant une seringue avant l'enseignement. À la suite de l'enseignement, Anne emploie toujours cette idée, mais dans une situation où l'on chauffe de l'air dans une enceinte fermée. Pour Ellen, le domaine d'application de l'idée *le gaz est présent partout* augmente de manière importante suite à l'enseignement, c'est la seule idée qu'elle utilise concernant la présence du gaz.

Concernant la répartition des gaz, avant l'enseignement, Anne considère qu'ils se répartissent partout dans la plupart des situations du questionnaire et de l'entretien. Cependant, l'idée *le gaz se répartit à un endroit* est mis en oeuvre pour quelques situations, particulièrement pour celles avec de l'hélium. Après l'enseignement, le domaine d'application de l'idée *gaz se répartit partout* diminue et celui de l'idée *le gaz se répartit à un endroit* augmente. On constate notamment l'apparition de l'idée *les molécules sont concentrées sur les parois* pour un nombre important de situations du questionnaire et de l'entretien. Avant l'enseignement, Ellen utilise l'idée *le gaz se répartit partout* dans plusieurs situations de l'entretien et du questionnaire et l'idée *le gaz se répartit à un endroit* pour deux situations différentes du questionnaire. À la suite de l'enseignement, le domaine d'application de l'idée *le gaz se répartit partout* augmente de manière importante, alors que l'idée *le gaz se répartit à un endroit* est utilisée dans une nouvelle situation.

Concernant l'action des gaz, Anne considère qu'ils agissent seulement dans une direction pour quelques situations, ayant des traits de surfaces proches, du questionnaire et de l'entretien. De plus, elle utilise la variation de la quantité de gaz pour interpréter l'action du gaz dans un grand nombre de situations différentes du questionnaire et de l'entretien. Pour deux situations de l'entretien, elle compare l'action du gaz, qui se trouve à l'intérieur de l'enceinte avec celle du gaz qui est à l'extérieur. À la suite de l'enseignement, Anne utilise l'idée que le gaz agit dans toutes les directions pour une seule situation du questionnaire. De plus, elle interprète l'action du gaz par le fait que les molécules se concentrent à l'endroit de l'action dans un grand nombre de situations du questionnaire et de l'entretien, ayant des traits de surfaces très différents. De plus, l'utilisation de la variation de la quantité pour rendre compte de l'action du gaz est beaucoup moins employée (seulement dans quelques situations de l'entretien et du questionnaire). Toujours après l'enseignement, elle emploie dans les mêmes situations la comparaison de l'action de l'air à l'intérieur et à l'extérieur d'une enceinte. Quant à Ellen, avant l'enseignement, elle utilise la variation de la quantité pour interpréter l'action du gaz dans plusieurs situations du questionnaire et de l'entretien, ayant des traits de surfaces très différents. De plus, l'air agit dans toutes les directions, pour un nombre important de situations de l'entretien. À la suite de l'enseignement, Ellen utilise la variation de la quantité dans les mêmes situations du questionnaire. De plus, elle emploie pour quelques situations de nouvelles idées, qui utilisent la pression et les chocs des molécules pour décrire l'action du gaz.

Anne et Ellen ne sont pas très claires dans l'utilisation des idées sur la masse des gaz avant l'enseignement, mais aussi après.

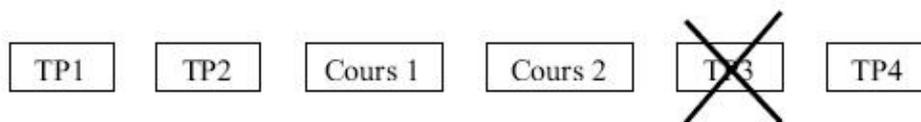
En conclusion, Anne a beaucoup plus d'idées sur les gaz qu'Ellen avant l'enseignement. Pour ces deux élèves, la plupart de leurs idées initiales correctes du point de vue de la physique augmentent leur domaine d'application. De plus, Anne construit de nouvelles idées sur le comportement des molécules (chocs, vitesses) qui sont correctes du point de vue de la physique, qu'elle utilise de manière incorrecte pour interpréter l'action du gaz, notamment à travers les molécules qui se concentrent sur les parois. Elle continue d'utiliser, pour les mêmes situations, certaines idées sur la présence des gaz, qui sont erronées du point de vue de la physique. À la suite de l'enseignement, Ellen développe l'idée que le gaz chaud se répartit en haut, ce qui est incorrect du point de vue de la physique. Cependant, Ellen construit aussi plusieurs idées adaptées (du point de vue de la physique) pour décrire l'action du gaz. Elle établit notamment le lien entre la variation de la pression et l'action du gaz. De plus, elle utilise les chocs des molécules pour décrire l'action du gaz que l'on comprime dans une pompe à vélo, ainsi que pour différents gaz contenus dans des ballons de baudruche. Ces deux situations ont des traits de surface très différents, ce qui témoigne d'une certaine stabilité de cette idée.

Maintenant que nous avons vu l'évolution des idées d'Anne et Ellen à la suite de la séquence d'enseignement, nous proposons de suivre l'évolution de leurs idées pendant l'enseignement en essayant d'identifier les éléments responsables de cette évolution.

Chapitre 7. Analyse des idées de deux élèves pendant l'enseignement en classe

Ce chapitre présente l'analyse fine des idées d'Anne et Ellen durant la séquence d'enseignement sur les gaz. Nous rappelons que les cours et les TP de cette séquence se sont déroulés dans l'ordre suivant (figure 7.1) :

Figure 7.1 : Déroulement des cours (groupe de 4) et des TP (groupe de 2) de la séquence d'enseignement sur les gaz (les vidéos du TP3 ont été volées).



Durant les cours, les élèves travaillent par groupes de quatre (Anne, Ellen, Marie et Adèle) et pendant les TP ils travaillent par groupes de deux (Anne et Ellen). Le déroulement des questions en fonction des cours et des TP est donné dans l'annexe de l'analyse fine pendant (voir la partie : le déroulement de la séquence d'enseignement sur les gaz pour Anne et Ellen). Nous donnons dans l'annexe de l'analyse a priori les feuilles d'énoncés de la séquence d'enseignement sur les gaz, ainsi qu'un tableau donnant l'ensemble des abréviations des questions (voir le tableau des abréviations de la séquence dans l'analyse a priori), que nous utiliserons dans la suite de ce texte.

Nous avons structuré cette analyse en fonction de différents aspects des gaz. Pour chacun de ces aspects, nous présentons l'essentiel des idées des deux élèves, leurs éventuelles évolutions, ainsi que les éléments du milieu responsables de cette évolution. Comme nous allons le montrer durant toute cette analyse, l'utilisation de chacune des idées d'Anne et Ellen dépend des situations proposées par la séquence d'enseignement et chaque question va conditionner les d'idées employées.

Nous présentons, tout d'abord, le sens qu'Anne et Ellen donnent aux mots air et gaz, puis au mot pression. Nous présentons, ensuite, les différentes significations du mot macroscopique lors de la description des gaz et les difficultés qu'elles peuvent engendrer.

Comme nous l'avons montré lors de l'analyse lexicologique des mots mis en jeu par le savoir à enseigner (voir chapitre 4), en physique le mot gaz est un hyperonyme du mot air, il désigne un nombre plus important

«

d'objets

» que le mot air. En physique, ce mot peut être utilisée à la place du mot air. Cependant, cette utilisation ne fonctionne pas dans le quotidien. En effet, les phrases :

«

je respire de l'air

» et

«

je respire du gaz

» ont une signification très différente dans le quotidien. Cette différence entre le quotidien et la physique est particulièrement intéressante pour suivre la construction par les élèves du sens de ces deux mots au cours de l'enseignement. C'est pourquoi, nous avons cherché à repérer les différents moments où Anne et Ellen utilisent de manière équivalente les mots gaz et air (cette idée est notée *gaz = air*).

Durant la totalité de la séquence d'enseignement, Ellen n'utilise jamais explicitement le mot gaz pour désigner de l'air. En revanche, Anne utilise explicitement ces deux mots avec le même sens dans la Question b de l'Activité 2 de la Partie 2 (noté P2A2Qb). Cette question a été traitée en groupes de quatre pendant le cours 1. Les élèves ont élaboré une réponse à cette question qui met en jeu une seringue et un pressiomètre (tableau 7.1).

Tableau 7.3 : Discussion pour répondre à la question b (A représente Anne, E représente Ellen et les lettres M et Ad désignent les autres élèves du groupe que nous nommerons Marie et Adèle).

Temps	Question traitée par le groupe	Descriptions des actions des élèves	Transcriptions	Idées
-------	--------------------------------	-------------------------------------	----------------	-------

Partie 2 Activité 2 Expérience et question b.

Pousser doucement le piston et observer sur le pressiomètre comment varie la pression de l'air dans la seringue. Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.

b. À votre avis, comment évolue l'action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?

00:14:02:22	P2A2Qb	Groupe discute de la question b	...	(A lit l'énoncé de la question
-------------	--------	---------------------------------	-----	--------------------------------

A lit l'énoncé de la question

b)
A à E : l'action du gaz c'est quoi l'action du gaz (?)
M à A : c'est l'action de l'air
le gaz c'est de l'air
[...]

M air = gaz

L'énoncé de l'expérience (marquée d'un point) utilise le terme

«

pression de

l'air

» alors que celui de la question b emploie le terme

«

action du

gaz

». Dans ces énoncés, le mot gaz est utilisé comme hyperonyme puisqu'a priori la seconde question est plus générale. En effet, l'air est contextualisé à la seringue et dans la question b on généralise à l'action du gaz. Cet extrait montre qu'Anne s'interroge sur l'action du gaz, et que Marie lui explique que le gaz c'est de l'air (idée *M air = gaz* (P2A2Qb)). Cet extrait ne permet pas de savoir si Anne s'interroge sur la signification du mot

«

action

» ou sur celle du mot

«

gaz

». La suite de cette question montre qu'Anne s'interroge sur le mot action (tableau 7.2).

Tableau 7.2 : Anne s'interroge sur le mot action (la phrase soulignée, signifie que M lit l'énoncé en même temps qu'elle parle)

Partie 2 Activité 2 Question b.

À votre avis, comment évolue **l'action du gaz** sur les parois lorsque sa pression augmente ?

00:14:26:04

Act 2 Qb

le groupe parle de l'action du gaz sur les parois

A, Ad & M lisent
E écrit

M : à votre avis comment évolue l'action du gaz lorsque sa pression

augmente (?) (M lit l'énoncé)
/ ben il/ elle est plus forte
(1s)

A : c'est quoi **l'action du de** *A gaz = air*
l'air (?)

M : l'action de l'air sur les
parois quand tu pousses

...

Cet extrait montre, qu'en plus de s'interroger sur le terme

«

action

», Anne reprend le terme employé par Marie en parlant de

«

l'action de l'air

», alors que l'énoncé utilise

«

l'action du gaz

». Pour nous, Anne utilise le mot air en lui donnant le même sens que le mot gaz, cette idée est notée *air = gaz*. Dans la suite de cette question, Anne va réutiliser cette idée lors d'une explication qu'elle donne à Ad (tableau 7.3).

Tableau 7.3 : Anne réutilise l'idée *gaz = air*

Temps	Question	Descriptions	Transcriptions	Idées
00:15:22:14	P2A2Qb	Groupe discute	E : t'as écrit quoi alors M : alors si (2s) si la pression augmente/ et bien l'air se compense voilà (3s) A : l'action du gaz se (3s) t'écris l'air ou l'action du gaz (?) (2s) M : l'air (2s) Ad : c'est l'action du gaz là (Ad montre l'énoncé) A : ouais mais c'est la même chose/ l'air ou - [...]	A <i>gaz = air</i>
00:16:22:01		Groupe rédige la réponse		

Le tableau 7.3 montre qu'Anne demande à Marie s'il faut rédiger la réponse en utilisant le mot air ou le mot gaz. Il est intéressant de voir que ces deux mots semblent être différents pour Adèle. En effet, elle s'appuie sur l'énoncé et propose d'employer l'action du gaz dans sa réponse. Anne lui explique que ces deux mots sont identiques (idée *gaz = air*).

Anne utilise le mot gaz avec le même sens que le mot air dans une nouvelle situation, ce qui correspond à ce que nous avons défini dans notre cadre théorique comme l'établissement d'un nouveau lien entre une idée et une situation (voir partie l'évolution des idées).

Nous pensons que ce nouveau lien provient de deux facteurs :

Cette idée n'est utilisée que pour la question b, nous la notons avec son domaine d'application *gaz = air* (P2A2Qb). Les éléments du milieu qui paraissent jouer un rôle dans cette évolution sont la feuille de TP et l'élève du groupe.

Dans les questions suivantes de la séquence d'enseignement, Anne emploie le mot gaz pour décrire les situations mettant en jeu de l'air dans une enceinte. Cependant, ce mot est à chaque fois présent dans l'énoncé des questions, et la vidéo ne nous permet pas de savoir, si Anne utilise le mot gaz avec le même sens que le mot air ou si elle reprend simplement les termes de l'énoncé.

Le mot pression peut être employé avec plusieurs significations (voir chapitre 4) :

Chacune de ces significations correspond à une idée, que nous notons respectivement *pression = action de pousser* et *pression = grandeur*. Nous utilisons des critères lexicaux pour reconstruire ces deux idées. Si le mot pression est utilisé avec les verbes

«

exercer

» ou

«

mettre

», alors il correspond à l'idée *pression = action de pousser*, par exemple, dans les phrases du type

«

l'air exerce une pression sur la seringue

» ou

«

le gaz a mis une pression sur la paroi du ballon

«. Si le mot pression est employé avec le verbe

«

être

» ou des verbes décrivant la variation comme

«

augmenter

» ou

«

diminuer

», alors il correspond à l'idée *pression = grandeur*. Par exemple dans les phrases du type

«

la pression de l'air augmente

»,

«

la pression est de 1023 pascals

».

Dans les questions de l'activité 1 de la première partie de la séquence d'enseignement (P1A1Q1,2&3), il est demandé de décrire ce qui change pour l'air : (1) lorsqu'il est enfermé dans une seringue et (2) lorsque l'on appuie sur le piston en le gardant enfermé dans la seringue. Le mot *pression* n'apparaît pas dans l'énoncé des questions de cette activité, ce qui laisse les élèves libres de l'employer comme bon leur semble. L'extrait suivant illustre une discussion entre Anne et Ellen à propos de la *pression* (tableau 7.4).

Tableau 7.4 : Extrait d'une discussion entre Anne et Ellen à propos de la *pression*

Question

2. En gardant l'air enfermé, appuyer sur le piston (situation 2). Faire un nouveau schéma.

Temps	Questions	Description	Transcription	Idées
00:10:39:04	P1A1Q2	A & E discutent de l'énoncé A manip	A : fais voir (<i>A tire le piston et ça fait poc</i>) (rire) tu tires/ tu fermes et t'appuies (1s) (<i>A pousse sur le piston</i>) et y'a une pression qui s'exerce en fait/ la pression de l'air qui s'exerce E : ouais	<i>A pression = action de pousser</i>

Cet extrait montre qu'Anne utilise le mot *pression* avec le verbe *exercer*, ce qui correspond à la signification de pousser. Cette idée est notée *pression = action de pousser*. Dans la suite de cette question, Ellen réutilise ce mot pour décrire l'action de l'air (tableau 7.5).

Tableau 7.5 : Extrait d'une discussion entre Anne et Ellen à propos de la pression

Temps	Questions	Description	Transcription	Idées
00:12:11:00	P1A1Q2	A & E discutent A manip E rédige	(A pousse sur le piston en bouchant la seringue) A : on ne peut pas de toutes façons aller jusqu'au bout E : (2s) j'sais pas	
00:12:15:00		A & E discutent A rédige	E : (1s) tu mets qu'il y a une pression (?) (3s) A : non parc'qu'après/ ah au niveau macroscopique et microscopique/ attends (4s) E : mais c'est quoi la différence/ entre les deux A: attends j'vais marquer	E <i>pression = action de pousser</i>

Cet extrait montre qu'Ellen utilise le mot pression pour décrire l'action de l'air qui pousse sur le piston. De plus, le fait qu'elle parle d'une pression et non pas de la pression qui augmente, nous conforte dans le fait qu'elle utilise ce mot avec la signification de pousser (idée *pression = action de pousser*). Dans la question suivante, Anne et Ellen utiliseront encore cette idée (tableau 7.6).

Tableau 7.6 : Extrait d'une discussion entre Anne et Ellen à propos de la pression

Partie 1 Activité 1 Question 3.

En se plaçant au niveau microscopique, indiquez par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas changé, entre les deux situations.

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

00:16:09:15	A & E parlent de ce qui n'a pas changé A manip	A : c'est tout hein c'qui a changé/ c'qui a pas changé c'est qu'on laisse le doigt E : c'qui a pas changé/ attends c'qui a changé/ on a pas une pression A (1s, manipule la seringue) E : on peut pas dire qu'il y a une pression A : si (1s) c'qui a changé E : c'qui a changé A : oui/ y'a une pression/ oui/ quand on appuie/ on peut dire quand on appuie y'a une pression/ qui fait qu'on peut pas arriver jusqu'au bout en fait/ E : ouais A : on peut dire qu'on sent une pression de l'air E : qu'on sent une pression	A <i>pression = action de pousser</i>
00:16:39:08	A & E rédigent leur réponse		A & E <i>pression = action de pousser</i>

Réponses écrites :

A : “3. au niveau macroscopique, ce qui a changé : on a appuyé sur le piston et quand on appuie sur le piston, on remarque une pression de l’air”

E:

“3) Au niveau macroscopique, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

-on sent une pression de l’air”

Comme le montre ce tableau, Anne et Ellen utilisent encore le mot pression avec la signification de ce qui pousse et cela aussi bien durant la discussion que dans leurs réponses écrites.

Elles utilisent cette signification dans l'ensemble des extraits que nous venons de présenter, ce qui correspond à une augmentation du domaine d'application de cette idée (notée *pression = action de pousser* (P1A1Q2, P1A1Q3)). Les énoncés des questions 2 et 3 n'emploient pas le mot pression et n'utilisent pas non plus de pressiomètre, ce qui minimise leur influence sur le sens donné à ce mot par les deux élèves. Nous pensons que l'élément du milieu responsable de l'augmentation du domaine d'application est essentiellement l'expérience mettant en jeu la compression de l'air dans une seringue.

Nous proposons d'étudier maintenant la manière dont les deux élèves utilisent le mot pression lorsqu'il est employé dans l'énoncé et qu'un pressiomètre est mis en jeu, ce qui correspond pratiquement à toutes les questions allant de l'activité 2 de la partie 2, jusqu'à la fin de la séquence (voir la séquence d'enseignement dans l'annexe de l'analyse a priori). Ces questions ont été traitées par Anne et Ellen de la fin du TP2 jusqu'à la fin de la séquence (voir transcriptions des TP2, cours 1, cours 2, TP4 dans l'annexe de l'analyse fine pendant). Nous présentons l'utilisation du mot pression dans l'activité 2 de la partie 2, puis son utilisation dans la suite de la séquence.

Dans les trois premières questions de l'activité 2 (les expériences 1 et 2, ainsi que la question a), Anne et Ellen utilisent le mot pression comme une grandeur. En effet, elles écrivent notamment que la pression est de 1028 hpa (idée *pression = grandeur*). Ces questions utilisent un pressiomètre et demandent de mesurer la pression de l'air. En revanche, la question suivante demande de décrire comment évolue l'action du gaz lorsque la pression augmente. Le tableau 7.7 présente une discussion entre les quatre élèves (A, E, Ma et Ad) pour répondre cette question (b) se déroulant pendant le cours 1.

Tableau 7.7 : Utilisations de l'idée pression = action de pousser et pression = grandeur.

Temps	Questions	Description	Transcription	Idées
Partie 2 Activité 2 Question b.				
Pousser doucement le piston et observer sur le pressiomètre comment varie la pression de l’air dans la seringue				
À votre avis, comment évolue l’action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?				
00:14:52:02	P2A2Qb	Groupe parle de la réponse à rédiger	A : si elle (l'air) se comprime et (2s) M : il me manque les mots là et exerce voilà et A : et quoi (?) M : et exerce une pression sur les parois/ une pression plus forte A : si elle se <u>presse</u> (<i>geste métaphorique</i>) elle exerce une	M <i>pression = action de pousser</i>

pression partout (*geste*

métaphorique) hein

[...]

Ad : ça y'est on en a sauté en route/
(rires) l'action du gaz sur les parois
(2s) se compense lorsque sa pression
augmente/ c'est ça (?)

A : ouais elle **exerce une forte**

pression

[...]

*A pression = action
de pousser*

*A pression = action
de pousser*

Réponses écrites :

A «b. Lorsque sa **pression augmente**, l'air se compense et **exerce une forte pression** sur les parois de la seringue «

E «b) Si la **pression augmente**, l'air se compense et **exerce une plus forte pression** sur les parois de la seringue»

À travers les réponses écrites d'Anne et Ellen, nous pouvons voir que le mot pression est utilisé avec deux significations différentes :

En regardant de plus près l'énoncé de la question, il apparaît qu'il demande de décrire l'action du gaz, lorsque la pression augmente. C'est pourquoi, nous pensons que la première signification du mot pression (comme une grandeur) provient directement de l'énoncé, alors que la seconde (comme l'action de pousser) est utilisée par les élèves pour décrire l'action de l'air dans la seringue. Ceci semble être confirmé par la discussion entre Anne et Marie, qui utilisent le mot pression pour décrire l'action du gaz qui pousse sur les parois. Les élèves utilisent cette signification pour décrire l'action de l'air.

Dans la suite de la séquence, les énoncés portent sur la mesure de la pression et non plus sur les éventuelles actions du gaz. On trouve par exemple :

«

Noter l'indication du pressiomètre

»,

«

En utilisant le paragraphe 1 du modèle, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma de la question a.

»

ou bien

«

Indiquer par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume augmente

». Pour l'ensemble de ces questions, nous trouvons qu'Anne et Ellen utilisent le mot pression avec la signification d'une grandeur (idée *pression = grandeur*), on trouve entre autres les réponses écrites suivantes :

Pour conclure, il apparaît que les significations du mot pression évoluent pour Anne et Ellen au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz. Au début, elles utilisent spontanément le mot pression pour décrire l'action du gaz (idée *pression = action de pousser*). En effet, l'énoncé des questions de l'activité 1 de la partie 1, demande simplement de décrire l'air dans une seringue.

Au début de l'activité 2 de la partie 2, Anne et Ellen donnent au mot pression la signification d'une grandeur dans les questions demandant de mesurer la pression. Dans la question b de l'activité 2 (partie 2), qui demande de décrire l'action du gaz en fonction de la mesure de la pression, Anne et Ellen utilisent dans leurs réponses les deux significations (idées *pression = action de pousser* et *pression = grandeur*).

Dans la suite de la séquence, elles utiliseront la pression uniquement comme une grandeur (*pression = grandeur*), précisons que toutes les questions mettent en jeu un pressiomètre et demandent de mesurer la pression.

Pour résumer, voici les deux idées concernant la signification du mot pression, avec entre parenthèse leurs domaines d'applications :

L'évolution de ces deux idées est décrite par une augmentation du domaine d'application de l'idée 1 sur les premières situations de la séquence et une augmentation de l'utilisation de l'idée 2 sur le reste des situations de la séquence. Anne et Ellen utilisent ces deux idées de manière distinctes et il n'y a pas de contradiction entre ces idées. En effet, l'idée 1 (*pression = action de pousser*) est utilisée pour décrire l'action du gaz et l'idée 2 (*pression = grandeur*) est utilisée pour décrire la mesure de la pression. L'utilisation de l'idée dépend de l'énoncé des questions et de la présence du pressiomètre.

L'analyse lexicologique du mot macroscopique à partir du dictionnaire de la langue française (voir chapitre 4), montre qu'il est possible de définir ce mot :

Durant la séquence d'enseignement le mot macroscopique apparaît la plupart du temps lorsque les élèves lisent à voix haute les énoncés des questions, ce qui ne nous donne aucune information particulière sur sa signification. Cependant, au cours du TP1, Anne et Ellen débattent de la signification de ce mot. Comme le montre le graphique

TP1 utilisation du mot macroscopique

» (voir dans l'annexe de l'analyse fine pendant, partie graphique Kronos), ce mot est utilisé au début du TP par l'enseignante lors de la présentation de la séquence d'enseignement, puis essentiellement durant l'activité 1 par Anne et Ellen ainsi que lors de la correction de cette activité. Nous présentons tout d'abord la définition qu'Anne donne à ce mot, puis nous illustrons les difficultés que cela peut engendrer pour les deux élèves. Nous finirons en illustrant son évolution au cours de cette activité. Voici donc un extrait de la discussion entre Anne et Ellen suite à la lecture de l'énoncé de la question P1A1Q3 (tableau 7.8).

Tableau 7.8: Définition du mot macroscopique question P1A1Q3.

Énoncé de l'activité 1 :

1. Enfermer de l'air dans la seringue (situation 1). Faire un schéma.
2. En gardant l'air enfermé, appuyer sur le piston (situation 2). Faire un nouveau schéma.
3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas changé, entre les deux situations.

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:13:08:01	P1A1Q3 macro	A lit la consigne à voix haute		
00:13:14:18		A & E discutent	A : au niveau macroscopique- E : c'est quoi (?) A : macroscopique/ c'est euh tu vois/ micro c'est petit et macro/ c'est/ en gros	<i>A macro = voir</i>

Cet extrait montre que, pour Anne, le niveau macroscopique correspond à ce que l'on voit (idée *macro = voir*). Cette définition est suffisante du point de la physique pour décrire les solides ou les liquides, cependant elle pose un certain nombre de difficultés concernant les gaz, puisque la plupart ne sont pas visibles à l'œil nu. L'extrait suivant illustre une difficulté liée à l'utilisation de cette définition (tableau 7.9).

Tableau 7.9 : Difficultés engendrées par la définition «le niveau macroscopique c'est ce que l'on voit»

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:13:20:01	P1A1Q3 macro	A & E discutent de ce qui change au niveau macro A manipule la seringue	A : <u>donc indiquez/ ce qui a changé (?)</u> (A lit la consigne) une petite quantité d'air (1s) ben non sans ça on y voit pas ça E : ben non A : attends macroscopiquequ'est-ce qu'on voit/ ben qu::e/ que le piston il est plus près (1s) du bout que l'autre/ ben j'sais pas moi j'te dis/ dis-moi ce qui va pas (?) E : (1s) mais moi j'sais pas (A lit la consigne)	<i>A macro = voir & Q n'est pas macro</i> <i>A macro = voir</i>
00:13:51:00	P1A1Q3 micro	A & E discutent de ce qui	A : microscopique/ y'a déjà la/ y'a y'a moins lon- une plus petite quantité d'air	<i>A Q dim au niveau micro</i>

change au E : ouais
niveau macro A : t'es d'accord
A manipule la E : ouais j'pense
seringue A : (5s) c'est ça qu'a changé/

Le tableau 7.9 montre qu'Anne se limite à la définition :

«
le macroscopique c'est ce qu'on voit
»

et donc qu'une quantité d'air ne peut pas être macroscopique, ce qui semble être approuvé par Ellen. De manière tout à fait cohérente avec cette idée, Anne considère que la quantité d'air dépend donc du niveau microscopique. Lorsque l'on appuie sur le piston d'une seringue fermée, il est possible de sentir de manière indirecte l'action de l'air. Pour rendre compte de ce phénomène macroscopique, il faut passer par le toucher, ce qui nécessite d'utiliser une définition différente. Dans la suite de cette question, l'enseignante va définir le niveau macroscopique (tableau 7.10).

Tableau 7.10 : Définition du niveau macroscopique par l'enseignante

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:14:05:06	P1A1Q3 micro	A & E parlent de ce qui change au niveau micro		
00:14:30:01		Prof définit à la classe le niveau macroscopique	Prof à la classe : pour Th. et compagnie le niveau macroscopique c'est le niveau qui est à notre échelle/ c'est des choses que vous pouvez percevoir directement/ voir sentir toucher/ d'accord/ le niveau microscopique/ c'est le niveau qui concerne les molécules [...]	Prof <i>macro</i> = <i>perceptible avec les sens</i>

Cet extrait montre la définition donnée par l'enseignante du mot macroscopique, comme ce qui est perceptible par les sens (toucher, vue ...), ce que nous notons par l'idée *macro = perceptible par les sens*. Il est intéressant de voir que cette idée est ensuite réutilisée par Ellen (tableau 7.11).

Tableau 7.11 : Illustration de l'idée le niveau macroscopique c'est qui est perceptible par nos sens

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:16:09:15	P1A1Q3 macro	A & E parlent de ce qui n'a pas changé au niveau macro A manip	A : c'est tout hein c'qui a changé/ c'qui a pas changé c'est qu'on laisse le doigt E : c'qui a pas changé/ attends c'qui a changé/ on a pas une pression (1s, A manipule la seringue) E : on peut pas dire qu'il y a une pression A : si (1s) c'qui a changé	

E : c'qui a changé
 A : oui/ y'a une pression/ oui/
quand on appuie/ on peut dire
quand on appuie y'a une pression/
qui fait qu'on peut pas arriver
jusqu'au bout en fait/
 E : ouais
 A : **on peut dire qu'on sent une**
pression de l'air
 E : qu'on sent une pression

A macro =
*perceptible par nos
 sens*

A macro =
*perceptible par nos
 sens*

00:16:39:08 A & E rédigent
 leur réponse

Réponses écrites :

A : “3. au niveau **macroscopique**, ce qui a changé : on a appuyé sur le piston et quand on appuie sur le piston, on remarque une **pression de l'air**”

E : “3) Au niveau **macroscopique**, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

-on sent une **pression de l'air**”

Dans le début du tableau 7.11, Anne s'en tient à ce qui est visible : pour elle, ce qui n'a pas changé entre les deux situations, c'est que le doigt bouche toujours la seringue. La suite de la discussion entre Anne et Ellen ainsi que leurs réponses écrites montrent qu'elles utilisent l'idée *macro = perceptible par les sens*, en s'appuyant particulièrement sur le toucher. Nous pensons que cette évolution au niveau du sens est vraisemblablement due à la définition que le professeur vient de donner juste avant, ainsi qu'au fait qu'Anne manipule la seringue et qu'elle a pu sentir indirectement par le toucher l'action de l'air. En revanche, comme le montre la discussion (tableau 7.12), la quantité reste au niveau microscopique pour Anne.

Tableau 7.12: Extrait d'une discussion entre Anne et Ellen.

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:17:32:13	P1A1Q3 macro	A & E discutent de ce qui ne change pas au niveau macro	A : et après ce qui a changé E : non ce qui ne change pas A : ouais qui n'a pas changé (3s) E : il y a toujours la même quantité d'air A : non ça c'est microscopique E : ah ben oui A : c'est le doigt (2s) que le le que le la seringue E : que le bout et toujours bouché A : voilà	A Q = <i>micro</i>

Le tableau 7.12 montre que, pour Anne, la quantité dépend toujours du niveau microscopique. Nous pensons qu'Anne réutilise l'idée *macro = perceptible avec les sens*, et compte tenu du fait que la quantité n'est pas perceptible directement avec les sens, elle considère qu'elle relève du niveau microscopique. L'extrait suivant présente la discussion entre l'enseignante et les élèves durant la correction de la question 3 (tableau 7.13).

Tableau 7.13 : Extrait de la correction de la question 3

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:55:18:01	Correction A1 Q3 macro	Prof discute la correction avec	Prof : alors on est encore au niveau macroscopique	

Ce qui ne change pas	la classe	A à E : ben c'qu'on voit Prof à un élève : autre proposition Patrick Autre : la quantité d'air reste la même Prof à la classe : la quantité d'air reste la même A : ouais Prof à la classe : est-ce que vous êtes d'accord (?) A à Prof : oui Prof à la classe : ça on le voit pas A à E : c'est au niveau macroscopique hein (?) E : hm	<i>A macro =voir</i> <i>A Qid niveau macro</i>
----------------------	-----------	---	---

Ce dernier extrait montre qu'Anne définit toujours le niveau macroscopique par ce que l'on voit, mais elle semble accepter que la quantité d'air relève de ce niveau. Suite à ce premier TP, il ne nous est pas possible de déterminer si l'une de ces idées (*macro = voir* ou *macro = perceptible par les sens*) s'est stabilisée pour Anne et pour Ellen. Cependant, il apparaît que durant l'activité 1, elles ont utilisé la seconde idée, ce qui témoigne d'un élargissement du sens donné au mot macroscopique. De plus, il semble que cet élargissement soit lié à l'intervention de l'enseignante ainsi qu'à la manipulation de la seringue par Anne et Ellen. Ces éléments du milieu sont notés : Professeur, Expérience (seringue).

En regardant les vidéos de classes des autres dyades d'élèves que nous avons filmées durant la récolte de nos données, nous avons observé que toutes les dyades (6 élèves en tout) donnent la même définition : macroscopique c'est ce que l'on voit. Durant l'activité 1, seulement une dyade d'élèves se limite strictement à cette définition en rédigeant une réponse ne faisant appel qu'à la vue :

«

l'air a moins de place

». Les autres dyades (4 élèves) élargissent cette définition à ce qui est perceptible et donnent des réponses faisant appel au toucher, comme par exemple :

«

la pression de l'air exerce une résistance

». Cette difficulté est retrouvée chez les élèves que nous avons filmés durant le second recueil de données utilisant la nouvelle séquence d'enseignement, que nous avons améliorée (voir chapitre 3 partie recueil des données), ce qui témoigne qu'elle n'est pas simplement spécifique à deux élèves, mais semble concerner au moins seize élèves.

Avant de décrire les idées d'Anne et Ellen à propos de l'aspect particulaire, nous rappelons quelques précisions à propos du déroulement de la séquence d'enseignement. La première partie de cette séquence vise à introduire le modèle microscopique, afin de pouvoir décrire un gaz à l'échelle microscopique. La seconde partie a pour but de faire établir aux élèves des relations entre les grandeurs macroscopiques pour rendre compte de l'état d'un gaz, ainsi que de donner une interprétation microscopique de ces grandeurs. Nous présentons les idées d'Anne et Ellen à propos des aspects particuliers des gaz durant la première partie de la séquence, puis durant la seconde.

Avant de reconstruire les idées d'Anne et Ellen à propos de l'aspect particulaire des gaz, nous avons d'abord repéré tous les moments où les mots faisant référence au niveau microscopique étaient prononcés. Concrètement, nous avons regardé chaque fois où les mots molécule, particule ou atome, ont été prononcés. Le graphique Kronos intitulé

«

TP1 utilisation du mot molécule

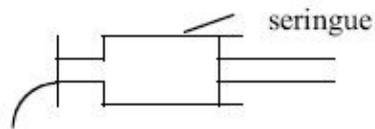
» (voir dans l'annexe de l'analyse fine pendant, partie graphique Kronos) donne l'utilisation de ces différents mots (regroupés dans la catégorie Molécule/particule). Ce mot est prononcé au début par l'enseignante durant la présentation du TP, ainsi qu'une autre fois pour expliquer le niveau microscopique durant la question 3 de l'activité 1 (voir tableau 7.10 partie difficultés liées au sens du mot macroscopique). Le graphique Kronos montre qu'Anne et Ellen utilisent le mot molécule à partir de l'activité 2 jusqu'à la fin de ce TP. Ce travail préalable a permis de cibler les moments à analyser pour comprendre le comportement qu'Anne et Ellen attribuent aux molécules. Nous présentons maintenant, l'analyse de ces différents moments.

Durant l'activité 1 (question 1 et 2), il est demandé de représenter l'air contenu dans une seringue. Dans ces questions, les élèves ont le choix de représenter l'air au niveau macroscopique ou microscopique. Le tableau 7.14 montre les réponses d'Anne et Ellen à ces deux questions.

Tableau 7.14 : Réponses écrites d'Anne et Ellen (P1A1Q1&2)

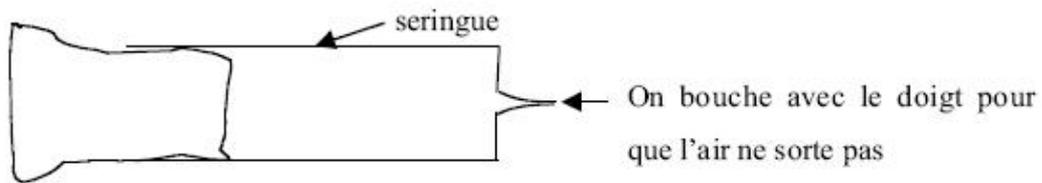
Réponses écrites à la question 1 :

A :



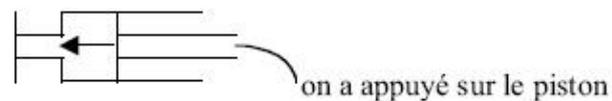
On bouche avec le doigt pour enfermer de l'air

E :

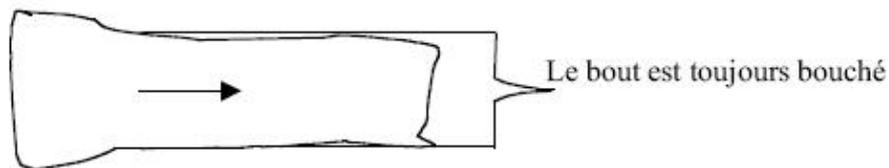


Réponses écrites à la question 2 :

A :



E :



Ces dessins montrent qu'Anne et Ellen n'utilisent pas les molécules pour représenter l'air. De plus, dans la question suivante demandant de décrire ces deux situations au niveau microscopique, puis au niveau macroscopique, Anne définit ces niveaux comme :

«

macroscopique/ c'est euh tu vois/ micro c'est petit et macro/ c'est/ en gros

». À travers cette définition, Anne n'utilise pas les molécules. Durant les discussions entre Anne et Ellen pour répondre à la question se plaçant au niveau microscopique, il apparaît que les molécules ne sont jamais employées pour décrire l'air. Comme nous l'avons montré dans l'analyse du sens attribué au mot macroscopique (voir plus haut), il semble que les éléments du niveau microscopique sont essentiellement ce que l'on ne voit pas, on trouve notamment la quantité d'air, qui n'est pas visible. Le tableau 7.15 donne les réponses écrites d'Anne et Ellen.

Tableau 7.15 : Réponses écrites d'Anne et Ellen (P1A1Q3)

Réponses écrites à la question 3 microscopique :

A :

“-Au niveau microscopique, ce qui a changé :
-le volume de l’air occupé dans la seringue
Ceux qui n’a pas change est la quantité d’air.”

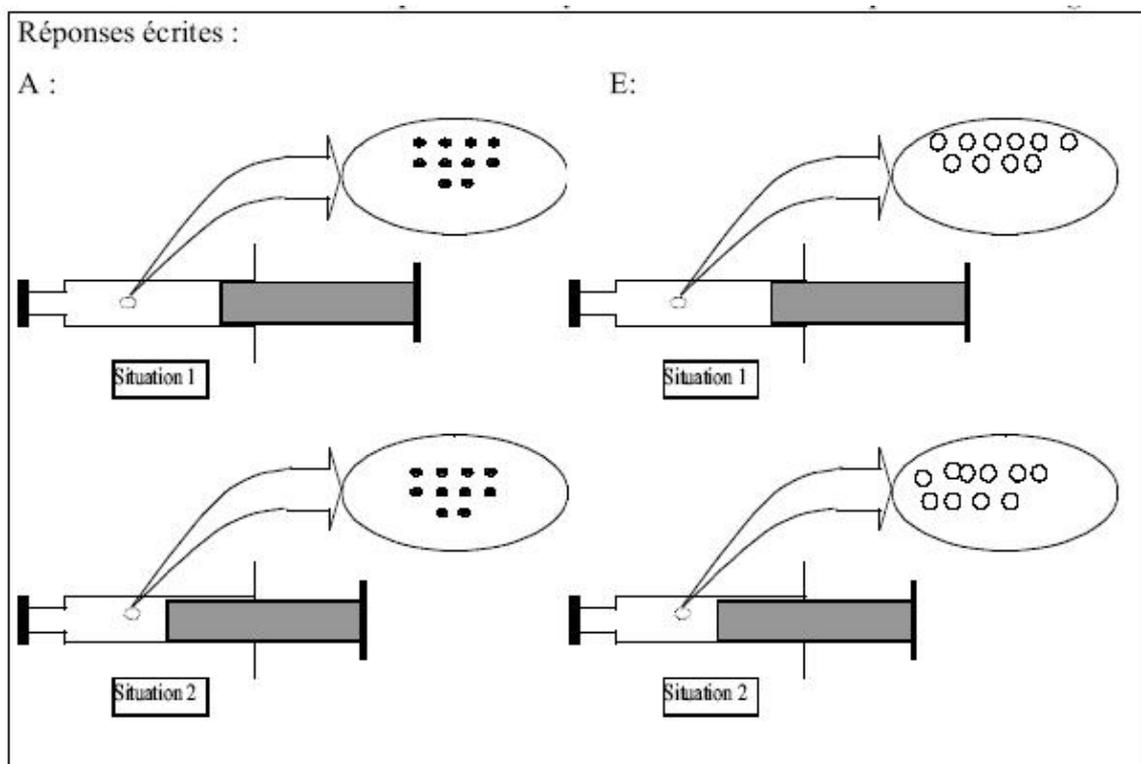
E :

“Au niveau microscopique : ce qui a changé
- le volume d’air occupé
: ce qui n'a pas changé :
-la quantité d’air”

Les réponses ci-dessus montrent que l'air au niveau microscopique est décrit à l'aide de la quantité et du volume, ce qui signifie qu'Anne et Ellen ne font pas appel aux molécules pour représenter ce niveau.

L'activité 2 demande d'isoler par la pensée une petite partie de l'air contenu dans la seringue et de représenter les molécules d'air dans cette partie. Pour cette question Anne et Ellen pensent que, si on isole des petites parties d'air de même volume, il y aura la même quantité dedans. La tableau 7.16 illustre les réponses d'Anne et Ellen pour cette question.

Tableau 7.16 : Réponses écrites d'Anne et Ellen (P1A2Q1)



Ce tableau montre que, conformément à l'énoncé, Anne et Ellen représentent l'air par des molécules. Cependant, leurs représentations montrent que les molécules ne se répartissent pas partout et qu'elles n'arrivent pas encore à faire l'opération mentale qui consiste à isoler une partie d'air de même volume et de représenter les molécules dans les deux situations. Cette abstraction les aurait conduites à considérer qu'il y a plus de molécules dans la deuxième situation.

Au cours de cette activité, Anne relie la quantité au nombre de molécules. L'émergence de ce lien, ainsi que sa stabilisation au cours de la séquence sera décrite plus en détail dans la partie «

» de ce chapitre. Anne considère que les molécules sont plus compressées lorsque l'on appuie sur le piston de la seringue remplie d'air. Cette idée est retrouvée à plusieurs reprises au cours de ce TP (voir le graphique

«

TP1 utilisation de l'idée les molécules sont compressées

» dans l'annexe de l'analyse fine pendant, partie graphique Kronos).

Suite à la lecture du modèle, Anne et Ellen représentent les molécules partout. De plus, pour Anne, les molécules sont collées aux parois. La répartition des molécules est décrite plus en détail dans la partie

«

Répartition

» de ce chapitre.

Comme le montre le tableau 7.16 ci-dessus, Anne et Ellen n'arrivent pas à faire

«

l'abstraction

» mentale d'une petite partie d'air, puisque le nombre de molécules ne varie pas entre les deux situations. Durant la correction de cette question, une discussion s'établit dans la classe, entre d'un côté les élèves qui pensent qu'il y aura plus de molécules dans l'échantillon de la situation 2 et de l'autre ceux qui disent que le nombre de molécules sera identique. Au cours de cette discussion, l'enseignante explique à la classe

«

l'abstraction

» qui consiste à isoler par la pensée une petite partie d'air et à imaginer comment varie le nombre de molécules dans deux situations différentes. Comme le montre cet extrait, il semble que, suite à cette explication, Anne comprend cette expérience de pensée (tableau 7.17).

Tableau 7.17 : Extrait de la correction de la question 1 de l'activité 2

Temps	Question	Description	Transcriptions	Idées
00:49:22:18	Correction P1A2Q1	Prof discute avec la classe s'il faut mettre la même quantité dans des échantillons de même volume	Prof : au moment où j'ai poussé les molécules qui sont dans l'air/ qui sont là/ sont plus resserrées puisqu'elles ont moins de place lorsque je regarde le volume global/ maintenant comme j'ai pris un échantillon de même volume/ une petite partie/ de même volume/ lorsque je regarde/ j'ai pris deux petites parties qui ont la même taille (1s) dans l'une des petites parties les molécules seront plus espacées que dans l'autre/ ça veut dire	

que dans l'autre il y'en aura plus
A : ah ben ouais/ c'est vrai ça/ dans la
**quantité il y'en a plus/ mais quand
tu prends la quantité elles sont plus
serrées**

E : j'sais pas

A ?

Dans cet extrait, il semble qu'Anne comprend l'abstraction (qui est une expérience de pensée consistant à prendre un échantillon de même volume et à évaluer le nombre de molécules pour les deux situations) expliquée par l'enseignante, ce qui ne semble pas être le cas pour Ellen. En effet, Anne dit

«

ah ben ouais/ c'est vrai ça

». De plus, elle ajoute que

«

dans la quantité

(isolée par un petit volume

) il y'en a plus/ mais quand tu prends la quantité

(dans toute la seringue

) elles

(les molécules

) sont plus serrées

». Nous avons mis entre parenthèses les précisions que nous déduisons de ce qui vient d'être dit juste avant. Anne semble adhérer à ce que dit l'enseignante, mais compte tenu du manque de clarté dans son explication, nous pensons que le meilleur moyen de savoir si elle a vraiment compris ou non est de regarder si elle réutilise cette abstraction dans d'autres activités de la séquence d'enseignement. L'extrait suivant montre qu'Anne la réutilise pour la question 1 de l'activité 3 (tableau 7.18).

Tableau 7.18 : Extrait d'une discussion entre Anne et Ellen (P1A3Q1)

Question 1. Pour représenter des petites parties de même **volume** dans les situations 1 et 2, des élèves ont proposé les schémas ci-dessous.

Ces représentations vous paraissent-elles convenir ?

	Situation 1	Situation 2	La représentation	Pourquoi ?
Elève A			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève B			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève C			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	

01:00:21:00	P1A3Q1	A & E discutent des réponses qui conviennent	<p>E : et là ça va pas y'en a trop A : donc là il convient pas là (?) E : moi j'ai mis qu'il convenait A : pourquoi (?) E : ben c'est c'qu'on a mis attends (1s) non A : non moi j'dis c'est la dernière si on prend une partie/ y'en a plus de molécules E : (3s) A : que là le volume il sera (inaud) (2s) là pourquoi y'aurai pas la même quantité (5s) E : euh j'sais pas (10s) A : on met des croix et après on dira pourquoi E : t'as mis quoi pour la dernière convient (?)</p>	
-------------	--------	--	---	--

Cet extrait montre qu'Anne et Ellen discutent afin de définir quelle réponse convient. Au cours de cette discussion Anne utilise la même expérience de pensée (que nous nommons abstraction) pour expliquer à Ellen, pourquoi c'est la dernière question qui convient (mis en noir dans le texte). Le silence (3s) et les hésitations d'Ellen (

«

euh j'sais pas

») nous font penser que cette dernière n'a pas encore compris cette

«

abstraction

». En revanche, le fait qu'Anne réutilise ce raisonnement dans son explication à Ellen témoigne d'une bonne compréhension de cette

«

abstraction

». Pour répondre aux questions de l'activité 3, Anne et Ellen utilisent certaines règles du modèle, notamment que les molécules ne se coupent pas et qu'elles ne se déforment pas.

Il apparaît qu'Anne n'utilise pas

«

l'abstraction

» pour répondre aux questions de l'activité 2 et que ce n'est qu'à la suite de l'explication donnée par l'enseignante lors de la correction de cette activité, qu'elle semble la comprendre. Par la suite, Anne réutilise cette abstraction pour répondre aux questions de l'activité 3, ce qui témoigne d'une certaine compréhension. Il semble que cette évolution soit due essentiellement à l'intervention de l'enseignante au cours de la correction. Nous pensons que l'élément du milieu responsable de cette évolution est le Professeur.

Durant toute la première partie de la séquence d'enseignement sur les gaz, Anne et Ellen ne parlent jamais explicitement du mouvement des molécules, même pendant la partie 1.2 demandant de décrire le mélange de deux gaz. En effet, Anne explique que les gaz se mélangent grâce à la propriété du modèle

«

les gaz se répartissent dans tout le récipient qui les contient

» et n'utilise pas le fait que les molécules qui composent un gaz sont en mouvement incessant et désordonné. Ellen rédige la même réponse qu'Anne concernant la répartition des molécules.

La seconde partie de la séquence d'enseignement sur les gaz a pour but de décrire l'état d'un gaz à l'aide de grandeurs macroscopiques et de donner une interprétation microscopique de ces grandeurs. Ceci se traduit par le fait que la plupart des questions de cette partie proposent de décrire les situations à l'aide des grandeurs macroscopiques et qu'un petit nombre de questions demande d'utiliser les molécules pour interpréter ces situations. Nous avons essayé de déterminer les moments où Anne et Ellen utilisent les molécules durant la seconde partie en étudiant si cette utilisation est spontanée ou non, c'est-à-dire si les énoncés des questions demandent de faire appel explicitement aux molécules ou non. Le tableau 7.19 donne les questions dans lesquelles Anne et Ellen utilisent les molécules.

Tableau 7.19 : Utilisation des molécules en fonction des questions (les questions en gras ne demandent pas d'utiliser les molécules et pour les autres questions, nous précisons entre parenthèses les propriétés des molécules souhaitées par l'énoncé)

Questions où Anne utilise les molécules

Questions où Ellen utilise les molécules

P2A1Ex2Qc
(répartition des molécules)

P2A2Qa

P2A2Qd
(action du gaz chocs des molécules)

P2A2Qf
(chocs des molécules)

P2.2 A1Qa

P2.2A2Qc
(pression chocs des molécules)

P2.2A2Qd
(température vitesse des molécules)

Ce tableau montre qu'Anne et Ellen utilisent les molécules dans toutes les questions qui demandent de les employer. De plus, il apparaît qu'Anne les mobilise

P2A1Ex2Qc
(répartition des molécules)

P2A2Qd
(action du gaz chocs des molécules)

P2A2Qf
(chocs des molécules)

P2.2A2Qc
(pression chocs des molécules)

P2.2A2Qd
(température vitesse des molécules)

«

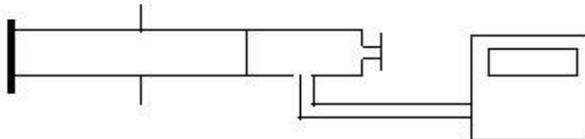
spontanément

» dans deux questions (en gras dans le tableau) ne demandant pas de les utiliser. Dans un premier temps, nous présentons la manière dont Anne utilise les molécules dans ces deux questions, pour dans un second temps observer les idées d'Anne et Ellen à propos des molécules dans les questions demandant explicitement de les utiliser.

Le tableau 7.20 donne la réponse écrite d'Anne à la question a. Nous rappelons que cette réponse a été rédigée durant le cours 1, faisant travailler les élèves par groupes de quatre.

Tableau 7.20 : Réponse écrite d'Anne P2A2Qa

Question a. En utilisant le paragraphe 1 du modèle macroscopique des gaz, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



Réponse écrite :

A "a. La valeur de la pression sera la même que précédemment c'est à dire 1028 Pa. En effet, grâce au modèle nous pouvons affirmer que la pression est identique à celle d'avant : - "les grandeurs température et pression st les mêmes partout dans le recipient fermé, de plus, la pression du gaz rend compte de l'action de ce gaz sur ttes les parois du recipient". On en conclut que même si le pressiomètre se situe sur le côté, il aura tjrs la m(ême) pression a cause que les molécules st dispersés de partout ainsi que la pression."

Anne explique que la pression est la même partout en s'appuyant sur le modèle macroscopique des gaz. De plus, elle relie cette propriété au fait que les molécules sont dispersées partout (idée notée *molécules se*

répartissent partout pression est la même). Anne établit un nouveau lien entre les molécules et la pression et elle est la seule élève de son groupe à utiliser les molécules dans son explication écrite. De plus, les discussions entre les quatre élèves du groupe (Anne, Ellen, Marie, Adèle), pour résoudre cette question se centrent sur l'utilisation du modèle macroscopique pour décrire la pression, et les molécules ne sont jamais employées dans aucune de leurs explications (voir la transcription du cours 1 de 9m18s à 12m15s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). C'est pourquoi, nous n'avons pas réussi à identifier le ou les éléments du milieu responsable(s) de cette évolution.

Pour répondre à cette question, Anne utilise les molécules durant les discussions au sein du groupe, ainsi que dans sa réponse écrite (tableau 7.21).

Tableau 7.21 : Utilisation des molécules durant l'explication et la réponse écrite d'Anne (le «++» signifie une causalité simple de type plus-plus).

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:14:03:21	P2.2A1Qa	A propose une solution au groupe	A : non mais moi je pense c'est parce que quand t'as un plus grand volume/ quand t'as un plus grand volume les molécules elles euh elles euh/ y'en a plus donc elles occupent une plus grande place M : ouais mais alors pourquoi y'aurait la même pression A : j'sais pas	A V aug ++ nbre molécule aug ++ molécules occupent plus de place

Réponse écrite :

A «-a- Lorsque son volume augmente, la pression du gaz augmente **car les molécules prennent plus de place**». (noté Vaug++Paug++molécules occupent plus de place)

Anne utilise les molécules pour traiter une situation visant à faire établir un lien entre les grandeurs macroscopiques pression et volume. Dans sa réponse écrite, l'augmentation de la pression semble être reliée à la place occupée par les molécules. En observant, la discussion qui s'est déroulée entre Anne et Marie avant la rédaction de cette réponse, il apparaît qu'Anne explique que les molécules occupent plus de places par l'idée que leur nombre augmente lorsque l'on augmente le volume (*V aug ++ nbre molécules aug*). Anne établit un nouveau lien entre l'augmentation du volume et l'augmentation du nombre de molécules. De plus, elle ne reprend pas les termes du modèle microscopique. C'est pourquoi, nous n'avons identifié aucun élément responsable de cette évolution.

Les deux extraits où Anne utilise les molécules, dans des questions ne nécessitant pas de les employer, témoignent de la pertinence qu'elle accorde aux molécules pour traiter ces situations.

La question P2A1Ex2Qc, demande de décrire à l'aide du modèle microscopique pourquoi il est possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air et pourquoi il est impossible de rajouter de l'eau dans une bouteille pleine d'eau. Au cours de la correction faite par l'enseignante à cette question, Ellen établit que les molécules d'eau se touchent entre-elles (voir la transcription du TP2 de 52m36s jusqu'à 54m54s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). Il semble que pour cette nouvelle idée Ellen ne s'appuie sur aucun élément du milieu.

Anne et Ellen utilisent les chocs des molécules uniquement dans les questions qui demandent de les utiliser (P2A2Qd, P2A2Qf & P2.2A2Qc). De plus, pour chacune de ces questions, les chocs des molécules ont été mentionnés au préalable soit par l'enseignante soit par un autre élève interrogé par l'enseignante. Nous donnons à titre d'exemple un extrait issu du cours 1, montrant comment des idées survenues lors de la correction de la question P2A2Qd sont réutilisées dans la rédaction des réponses d'Anne et Ellen (tableau 7.22).

Tableau 7.22 : discussion en aparté d'Anne, Ellen et Marie pour répondre à la question d, pendant que l'enseignante fait la correction avec la classe.

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
Partie 2 00:29:39:00	Activité 2 Question d : Correc P2A2Qd	Proposer une interprétation microscopique de l'action du gaz sur les parois Prof discute de la correction avec la classe	[...] Prof : elles (les molécules) se sont rapprochées/ elles sont plus regroupées/ mais par rapport à la paroi Autre élève : y'en plus sur la paroi (inaudible) Prof : Y'en a plus qui viennent taper la paroi/ y'a plus de chocs sur la paroi	Autre: molécules sont concentrées sur les parois Prof : plus de chocs sur la paroi
00:30:24:00		Prof discute de la correction avec la classe	[...]	
00:31:36:06		Prof discute de la correction avec la classe Groupe discute de l'interprétation microscopique lorsque l'action du gaz augmente sur les parois	E : t'as marqué quoi à la d (3s) A : que les <u>que les</u> (<i>rapproche les deux mains</i>) (3s) ouais c'est-à-dire <u>que les molécul-</u> (<i>écarte les deux mains et lâche son stylo</i>) merde/ y'a beaucoup plus de molécules sur les parois <u>donc ça les</u> (<i>écarte les deux mains en ouvrant les doigts</i>) M : y'en a pas plus elles sont plus serrées (<i>rapproche les doigts de sa main</i>)	A molécules sont concentrées sur les parois M molécules sont compressées

Réponses écrites à la question d :

A :

«

l'action du gaz sur une paroi est liée au fait que les
molécules sont plus nombreuses
et s'entrechocs

.»
E :

«

l'action du gaz sur une partie est liée
aux chocs des molécules sur cette paroi
. Les molécules s'entrechocs

.»

Cet extrait montre, dans un premier temps (29m 39s), une discussion entre des élèves de la classe et l'enseignante. Au cours de cette discussion, un élève dit qu'il y a plus de molécules sur les parois (idée notée *molécules se concentrent sur les parois*), et l'enseignante parle des chocs des molécules sur les parois. Dans un second temps (31m 36s), au cours de la discussion entre les élèves du groupe, nous voyons qu'Anne réutilise l'idée *les molécules se concentrent sur les parois*, alors que Marie défend l'idée *les molécules sont plus compressées*. Suite à la rédaction des réponses écrites, il apparaît qu'Ellen utilise explicitement les chocs des molécules, alors qu'Anne utilise le fait que les molécules sont plus nombreuses sur les parois. Compte tenu de l'explication qu'elle donne lors de la discussion

«

y'a beaucoup plus de molécules sur les parois

», nous interprétons sa réponse écrite comme voulant dire que les molécules sont plus nombreuses sur les parois et donc que l'action du gaz est reliée au fait que les molécules se concentrent sur les parois (noté *molécules concentrent sur les parois action du gaz*). Les réponses écrites montrent qu'Anne réutilise l'idée émise par un autre élève, alors qu'Ellen reprend l'explication de l'enseignante utilisant les chocs des molécules. Cette question est la première de la séquence qui nécessite d'utiliser les chocs des molécules. Le fait qu'Anne et Ellen ne répondent pas directement à cette question et reprennent les idées d'autres personnes pour la traiter, semble témoigner qu'une nouvelle idée (concentration des molécules pour Anne et chocs des molécules pour Ellen) pour interpréter l'action de l'air dans une seringue est en cours d'acquisition. Nous modélisons cette évolution par un lien entre une nouvelle idée et une situation (voir la partie sur l'évolution des idées dans le chapitre cadre théorique). Ce lien est dû à l'intervention d'un autre élève.

Dans la question P2.2A2Qc issue du TP4, Anne et Ellen réutilisent encore une idée émise par un autre élève, cependant cette réutilisation semble beaucoup plus rapide dans le temps (tableau 7.23).

Tableau 7.23 : Réutilisation d'une idée émise par un autre élève.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:21:43:00	P2.2A2Qc			

Prof discute
avec la classe

Prof à la classe : essayez de vous rappeler
c'qu'on avait dit/ au lieu de chercher dans
le modèle/ qu'est-ce qu'on avait dit sur
l'interprétation microscopique de la
pression (4s) essayer de vous en rappeler la
pression elle est liée à quoi (?)

Autre élève : **au nombre de chocs**

A à prof : ah oui **au nombre de chocs**/
c'est tout

(A & E rédigent)

Autre P = nbre
chocs
A P nbre chocs

Réponses écrites :

A

«

c- L'augmentation de la pression est liée aux chocs des molécules sur la paroi

»

E

«

c) L'augmentation de la pression est liée aux chocs des molécules sur la paroi

»

Cet extrait montre qu'après l'intervention d'un élève, reliant la pression au nombre de chocs, Anne et Ellen réutilisent cette idée dans leurs réponses écrites (idée *pression* <-> *nombre de chocs*). Nous modélisons cette évolution par la mise en relation de deux idées. De plus, nous considérons que l'élément du milieu responsable de ce nouveau lien est l'intervention d'une autre l'élève.

Anne et Ellen utilisent

«

spontanément

» les chocs des molécules pour répondre à la question demandant de donner une interprétation microscopique de la température (tableau 7.24).

Tableau 7.24 : Discussion pour interpréter microscopiquement la température durant le TP4

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
-------	----------	-------------	---------------	-------

Partie 2.2 Activité 2 Question d :

Utiliser la réponse de la question b. et l'interprétation microscopique de la pression pour proposer une interprétation microscopique de la température.

00:23:48:01	P2.2A2Qd	A & E discutent	A : attends <u>l'augmentation de la pression/ elle est liée aux chocs des parois</u> (A lit sa feuille de TP)/ ben lorsque sa température augmente/ c'est liée donc
-------------	----------	-----------------	---

E : ben oui c'est lié

A : nan quand **sa température**

A *T aug +de chocs sur les*

augmente/ les molécules sont/ deviennent plus nombreuses au niveau du choc/ non (?) (1s) ça accélère	<i>parois</i> <i>A T aug mol accélère</i>
E : ben ouais A : elles deviennent plus nombreuses (?) (5s)	<i>A T aug + de molécule</i>
E : j'sais pas si c'est ça (E lit sa feuille de TP) E : oh si/ si la température augmente il y'a plus de chocs (2s) donc la pression augmente [...]	<i>E T aug + de chocs P aug</i>

00:24:50:13

A & E rédigent

Réponses écrites :

A

«

Lorsque la température augmente, le nbre de chocs des molécules sur les paroi devient plus important de la pression augmente

.»

E

«

Si la température augmente, le nombre de choc augmente donc la pression augmente.

»

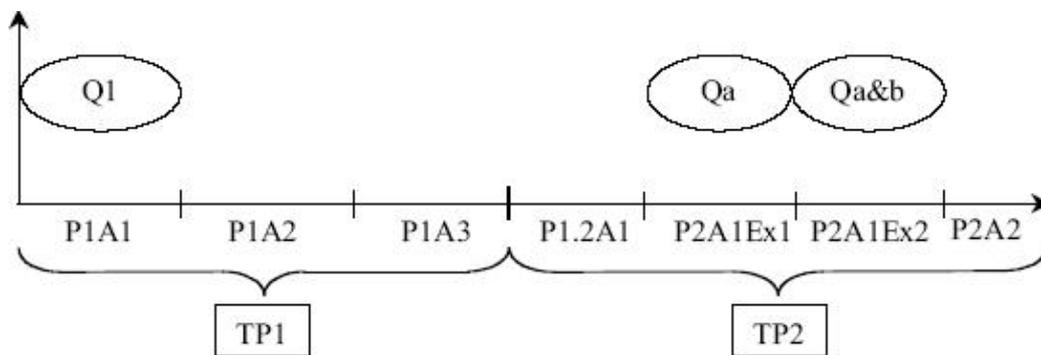
Anne utilise deux idées pour répondre à la question. La première est que lorsqu'on augmente la température les molécules deviennent plus nombreuses (idée *T aug plus de molécules*) et la seconde relie l'augmentation de la température au fait que les molécules accélèrent (*T aug molécules accélèrent*). Cependant cette idée n'est employée qu'une seule fois durant ses explications et à la fin de cette question Anne et Ellen n'utilisent que les chocs dans leur réponse écrite.

En conclusion, il apparaît que, pour répondre aux premières questions de la partie 1, Anne et Ellen n'utilisent pas les molécules spontanément ; ce n'est que lorsque les questions demandent explicitement de les utiliser, qu'elles commencent à établir certaines relations, notamment entre la quantité et le nombre de molécules et que les molécules se répartissent partout et qu'elles ne se coupent pas. De plus, après l'intervention de l'enseignante, Anne arrive à isoler une petite quantité d'air et à décrire le comportement des molécules au sein de cette quantité. Durant la seconde partie de la séquence d'enseignement, Anne utilise les molécules pour répondre à des questions ne demandant pas explicitement de les utiliser. Cependant, les données vidéo ne permettent pas de déterminer le ou les facteurs de cette évolution. Nous avons aussi constaté qu'Anne et Ellen reliaient la pression aux chocs des molécules, et qu'au début cette idée provenait des autres élèves ou de l'enseignante, pour finalement être utilisée spontanément dans la dernière question de la séquence. Cette évolution est liée aux autres élèves et à l'enseignante.

Il est nécessaire d'avoir au préalable construit l'idée de la présence d'un gaz dans un volume délimité (comme un récipient) avant d'utiliser les grandeurs volume, masse ou quantité pour décrire ce gaz. De plus, ces grandeurs permettent de décrire beaucoup plus précisément l'état d'un gaz. Nous présentons l'évolution des idées d'Anne et Ellen sur la présence d'un gaz dans un récipient, puis sur la notion de quantité, particulièrement ses liens avec le volume et le nombre de molécules.

Au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz, nous avons constaté une évolution des idées d'Ellen sur la présence de l'air dans une enceinte, alors que les idées d'Anne sur ce point semblent stables. Pour Ellen, cette évolution s'est faite en plusieurs étapes à travers certaines questions du TP1 et du TP2 (figure 7.2).

Figure 7.2 : Questions donnant des indications sur les idées d'Ellen à propos de la présence de l'air dans une enceinte.



La figure 7.2 montre les différentes questions permettant de reconstruire les idées d'Ellen sur la présence de l'air dans une enceinte. Ces questions utilisent des situations différentes : enfermer de l'air dans une seringue (P1A1Q1), chauffer une bouteille sur laquelle est posé un ballon (P2A1Ex1Qa) et ajouter de l'air dans une bouteille à l'aide d'une seringue (P2A1Ex2Qa&b). L'évolution des idées d'Ellen semble dépendre en partie des objets qu'elle manipule. C'est pourquoi, nous présentons nos résultats pour chacune de ces situations.

Au cours de la première question de la séquence d'enseignement se déroulant durant le TP1, nous avons identifié deux passages dans lesquels Anne et Ellen discutent de la présence de l'air. Pour des raisons de commodité, nous avons divisé le premier passage en deux extraits (tableaux 7.25 et 7.26).

Tableau 7.25 : 1er Extrait montrant une discussion entre Anne et Ellen pour enfermer de l'air (Anne manipule la seringue)

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:05:23:01	P1A1Q1	A & E lisent l'énoncé		

Partie 1 activité 1 question 1 :

Enfermer de l'air dans la seringue (situation 1). Faire un schema

00:05:32:23

A & E parlent d'enfermer de l'air	A : on pose la même question en fait/ faut faire comme ça pour enfermer de l'air/ hein/ pour enfermer de l'air on bouche / attends tu fais comme ça/ tu bouche (A bouche la seringue) et tu tires (A tire sur le piston)	<i>Abouche = enferme de l'air</i>
A manipule la seringue	E : j'sais pas A : ben si/ t'enfermes de l'air/ si t'ouvres t'enfermes pas de l'air	<i>Abouche + tire = enferme de l'air</i> <i>Aouvert = enferme pas air</i>

Dans ce premier extrait, Anne propose deux idées pour enfermer de l'air, la première consiste à boucher la seringue (idée *bouche = enferme de l'air*) et la seconde à boucher et à tirer le piston (idée *bouche + tire = enferme de l'air*). Dans la suite de l'extrait, on retrouve la première idée, mais Anne utilise sa réciproque : si on ouvre l'air n'est pas enfermé. Face à ces deux idées, Ellen ne donne pas d'opinion. Il est intéressant de remarquer que, pendant cette discussion, Anne a la seringue dans les mains et la manipule. Nous pensons qu'Ellen attend d'avoir la seringue pour avoir un point de vue, c'est ce qui se passe dans l'extrait suivant durant lequel Ellen manipule la seringue (tableau 7.26).

Tableau 7.26 : 2ème extrait montrant une discussion entre Anne et Ellen pour enfermer de l'air (Ellen manipule puis Anne manipule).

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:05:54:06	P1A1Q1	A & E parlent d'enfermer de l'air E manipule la seringue	(E bouche et tire sur le piston de la seringue) A : regarde là y'a de l'air là (A montre la seringue) E : ouais (E bouche, tire sur le piston de la seringue) (E lache le piston et il revient) E : et si tu fais ça (E tire sur le piston sans boucher la seringue) t'en enfermes pas de l'air(?) A : ben non/ regarde/ t'en enfermes pas/ c'est pas enfermé là y'a le contact de l'air avec le dehors E : ouais A : que là si tu enfermes là/ tu tires/ 'tend	<i>Al'air est présent dans la seringue</i> <i>Etire = enferme de l'air</i> <i>Aouvert = enferme pas air</i>
00:06:28:00	P1A1Q1	A & E parlent d'enfermer de l'air A manipule la seringue	A : là juste en faisant ça (A bouche la seringue)/ là t'enfermes de l'air là dedans/ t'es d'accord (?) E : ouais [...]	<i>Abouche = enferme de l'air</i>

Ellen refait la manipulation faite par Anne dans l'extrait précédent, c'est-à-dire qu'elle bouche l'entrée de la seringue puis tire sur le piston. Ellen semble considérer que pour attraper de l'air, il suffit de l'aspirer en tirant sur le piston (idée *tire = enferme de l'air*). Elle propose d'ailleurs cette idée à Anne qui la rejette. Les actions mises en oeuvre pour enfermer de l'air ne sont pas les mêmes pour Anne et Ellen. En effet, il suffit de boucher la seringue pour Anne alors qu'il faut tirer sur le piston pour Ellen. Ceci semble montrer que pour Anne, l'air est partout, et donc qu'il y en a dans la seringue, elle le précise d'ailleurs à Ellen :

«

regarde là il y a de l'air

là

(A montre la seringue

)». En revanche, pour Ellen, il semble qu'il n'y a pas d'air dans la seringue, puisqu'il faut l'aspirer. Cependant, elle ne le dit pas explicitement, c'est pourquoi, nous ne pouvons pas reconstruire d'idée sur la présence de l'air, mais simplement supposer que pour Ellen il n'y a pas d'air dans la seringue. Ellen semble accepter l'explication d'Anne montrant qu'il suffit de boucher la seringue pour enfermer de l'air. Cependant, comme le montre le tableau 7.27, il semble qu'un doute persiste.

Tableau 7.27 : Discussion entre Anne et Ellen pour enfermer de l'air

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:08:22:00	P1A1Q1	A & E parlent d'attraper de l'air E manipule la seringue	E : mais je sais pas si c'est ça où on enferme de l'air (E tire sur le piston) (on ne voit pas si la seringue est bouchée) A : si si c'est ça/	E <i>tire</i> = <i>enferme de l'air</i>
00:08:27:00		A & E parlent parlent d'attraper de l'air A manipule la seringue	A : mais si parc'qu'attends/ si t'es comme ça (la seringue est ouverte)/ y'a de l'air mais tu l'enfermes pas/ si t'es comme ça/ tu bouches (A bouche et tire sur le piston)/ tu <u>tires</u> (A tire le piston) par exemple et <u>tu bouches (A bouche la seringue)/ au moment où tu bouches là t'enfermes un un une quantité d'air</u> E : (2s) ouais	A <i>bouche</i> = <i>enferme</i> Q

Sur la vidéo, nous n'arrivons pas à voir si la seringue est bouchée ou non. Cependant, nous voyons avec certitude qu'Ellen tire sur le piston de la seringue. Ceci signifie que, malgré les explications d'Anne, Ellen continue de tirer sur le piston pour enfermer de l'air (idée *tire* = *enfermer de l'air*). Anne explique à nouveau qu'il suffit de boucher la seringue, cependant comme le piston est complètement rentré à l'intérieur de la seringue, elle est obligée de tirer dessus. Nous ne savons pas si le

«

ouais

» d'Ellen est pour le fait de boucher la seringue ou pour le fait de tirer sur le piston. Dans la suite de ce TP, nous ne trouvons aucune discussion permettant de trancher sur ce sujet.

L'expérience 1 demande de comparer le comportement de l'air avec celui de l'eau lorsqu'ils sont chauffés. Anne et Ellen ont fait cette expérience au cours du TP2. Lors de la préparation du matériel, Ellen enfile le ballon sur la bouteille (tableau 7.28).

Tableau 7.28 : Préparation du matériel par Ellen.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
Partie 1 Activité 1 Expérience 1				
On cherche à comparer l'évolution du volume d'un gaz et d'un liquide, chauffés dans les mêmes conditions.				
Mettre 500 mL d'eau dans un bécher de 600 mL et chauffer cette eau à 60°C. Pendant que l'eau chauffe, lire la suite.				
Adapter sur une fiole pleine d'air un ballon de baudruche dégonflé.				
a. Prévoir ce qu'il se passerait si on plongeait cette fiole d'air dans l'eau à 60 °C du bécher.				
Faire l'expérience décrite dans la question a. et observer. Comparer votre observation avec votre prévision.				
00:15:34:10	P2A1Ex1Ex2	A & E discutent E ajuste le ballon sur la bouteille	E : c'est bon A il n'est pas gonflé hein (RIRE) A : je sais (5s) (<i>E ajuste le ballon sur la bouteille</i>) E : voilà (<i>E appuie trois fois sur le ballon</i>) A : tu regardes quand même	

Cet extrait montre qu'après avoir ajusté le ballon sur la bouteille, Ellen appuie à plusieurs reprises dessus. Nous pensons qu'en appuyant sur le ballon, Ellen perçoit l'air qui est enfermé dedans. Le fait qu'elle appuie plusieurs fois dessus, nous laisse penser qu'elle ne s'attendait pas percevoir une résistance de l'air et nous interprétons la répétition de ce geste comme une prise d'information pour vérifier qu'il y a bien de l'air dans le ballon.

Dans la suite de cette expérience, Ellen appuie sur le ballon à plusieurs reprises (voir la transcription du TP2 de 15m 34s jusqu'à 20m 21s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). Nous avons regroupé dans un graphique Kronos les différents moments où Ellen appuie sur le ballon (voir le graphique Kronos

«

TP2 Ellen appuie sur le ballon

», dans l'annexe de l'analyse fine pendant) et il apparaît que ce geste est répété à quatre moments distincts au cours de cette expérience. Nous pensons qu'Ellen est en train de construire, en passant par le toucher, la présence de l'air dans un récipient (constitué ici par le ballon posé sur la bouteille). Ellen ne fait aucune verbalisation durant ces moments, c'est pourquoi nous ne pouvons faire que des suppositions sur ce geste. Néanmoins, nous supposons qu'initialement il n'y a pas d'air pour Ellen dans le ballon et dans la bouteille, et que ce geste est une prise d'information pour vérifier qu'il y en a. L'utilisation de ce geste à plusieurs reprises semble témoigner de la construction de l'idée que l'air est présent dans le ballon posé sur la bouteille.

L'expérience 2, demandant de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air, apporte des éléments sur les idées d'Ellen à propos la présence de l'air. Tout d'abord, Ellen explique qu'il n'est pas possible de rajouter de l'air avec la seringue, puisque pour attraper de l'air, il faut boucher la seringue puis tirer sur le piston. Ellen interprète le bruit que, l'on entend (ça fait

«

pshh

») lorsque l'on enlève le doigt du bout de la seringue, comme étant le fait que l'air qui sort de la seringue, alors que du point de vue de la physique l'air rentre à l'intérieur de la seringue. Comme l'air s'échappe de la seringue, il n'est pas possible de le mettre dans le récipient (voir la transcription du TP2 de 43m 57s à 44m 19s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant).

Suite à cette explication d'Ellen, Anne lui montre qu'il est possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air en mettant la seringue sur la bouteille et en appuyant sur le piston (tableau 7.29)

Tableau 7.29 : démonstration d'Anne montrant qu'il est possible de rajouter de l'air.

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
Partie 2 Activité 1 Expérience 2				
Prendre deux bouteilles, l'une remplie d'eau, l'autre d'air, les boucher.				
a. On veut rajouter de l'air dans la bouteille d'air et de l'eau dans la bouteille d'eau avec le matériel dont vous disposez. Pensez-vous que c'est possible pour l'air ? pour l'eau ?				
Proposer un ou des modes opératoires et les réaliser afin de vérifier vos réponses.				
b. Conclusion : est-il possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air ? de l'eau dans une bouteille pleine d'eau ?				
00:44:19:01	P2A1Ex2Qa	A explique à E que l'on peut rajouter de l'air A manipule	A : mais si tu fais ça (A mets la seringue sur la bouteille) E : ben vas-y essaye (8s, E vide l'eau de la bouteille) tiens voilà (A met la seringue sur la bouteille/ appuie sur le piston et enlève la seringue/ ça fait pshh) (3s) A : t'es d'accord regarde E : ouais mets là t'as pas d'air (E montre la bouteille ouverte)	E l'air n'est pas présent dans une bouteille ouverte

Cet extrait montre Anne en train de démontrer expérimentalement que l'on peut rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air. Durant cette

«

démonstration

», Ellen dit explicitement qu'il n'y a pas d'air dans la bouteille ouverte (idée *air n'est pas présente dans une bouteille ouverte*), ce qui confirme les interprétations, que nous avons faites dans la situation de la seringue et celle du ballon posé sur une bouteille (voir ci-dessus). Suite à l'affirmation d'Ellen, Anne va s'appuyer sur l'expérience pour prouver qu'il y a de l'air dans la bouteille (tableau 7.30).

Tableau 7.30 : Les preuves d'Anne pour convaincre Ellen

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:44:37:01	P2A1Ex2Qa	A explique à E que l'on peut rajouter de l'air et le prouve en manipant	(A met la seringue et appuie/ le piston remonte) A : la preuve y'a d'air ça	

remonte	<i>A le piston</i>
(A appuie sur le piston et il remonte)	<i>remonte = l'air est présent dans la bouteille</i>
E : ouais	
A : la preuve qu'il y a de l'air et que là je le pousse (A pousse sur le piston) pour en mettre dedans/	
parc'que regarde (le piston remonte) (3s)	<i>A le piston remonte = l'air est présent dans la bouteille</i>
(A enlève la seringue et ça fait pshhh) tu vois y'a de l'air/ que j'en est mis	
E : ouais	<i>A ça fait pshhh = l'air est présent dans la bouteille</i>

Cet extrait montre qu'Anne utilise le fait que le piston remonte (perceptible grâce à la vue) et celui que l'on entend

«

pshh

» (perceptible grâce à l'ouïe), pour convaincre Ellen qu'il y a de l'air dans la bouteille. Ellen semble adhérer aux arguments d'Anne puisqu'elle répond de manière positive, en disant

«

ouais

». Cependant, ce

«

ouais

» peut-être interprété de deux façons différentes. La première interprétation possible est qu'Ellen est d'accord avec Anne et la seconde est que ce

«

ouais

» est un feedback pour maintenir l'interaction entre les deux élèves, signifiant qu'Ellen écoute ce qu'on lui dit. Pour nous le seul moyen de savoir si Ellen a changé d'avis est de voir si elle réutilise cette idée dans la suite de la séquence.

Au cours d'une discussion ultérieure, toujours pour savoir si l'on peut rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air, c'est Ellen qui défend l'idée que l'on peut rajouter de l'air (tableau 7.31).

Tableau 7.31 : Discussion entre Anne et Ellen sur la possibilité de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:48:10:00	P2A1Ex2Qb	A&E discutent du fait que l'on peut rajouter de l'air	[...] A: mais de l'air on peut par contre/ l'air on y arrivera toujours/ mais pas l'eau E : ouais/ ben ouais A : ben non E : ben si A : du moment où t'as de l'air de partout tu peux plus après E : mais si tu peux toujours/ tu peux toujours (3s)	<i>A air partout = peut pas en rajouter</i> <i>E on peut rajouter de l'air</i>

Cet extrait montre qu'Anne soutient que l'on ne peut pas rajouter de l'air, car s'il y a de l'air partout, il n'est pas possible d'en rajouter. Il est intéressant de voir que c'est Ellen qui soutient maintenant l'idée que l'on peut rajouter de l'air. Cependant, dans son explication, elle ne parle pas de la présence de l'air. Nous pensons que ce changement provient des arguments (visuels et auditifs) d'Anne s'appuyant sur l'expérience lors de la précédente discussion (tableau 7.30).

Suite à cette discussion, Ellen va vérifier expérimentalement que l'on peut rajouter de l'air (tableau 7.32).

Tableau 7.32 : Vérification expérimentale que l'on peut rajouter de l'air

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:48:36:01		E essaie la manip	E à elle même: j'vais essayer (E mets la seringue sur la bouteille et appuie sur le piston/ le piston remonte/ elle appuie/ ça remonte/ puis elle enlève la seringue et ça fait pshhh) (E reappuie sur le piston, il remonte et ça fait pshhh)	

Cet extrait montre les gestes manipulateurs qu'effectue Ellen pour vérifier que l'on peut rajouter de l'air dans une bouteille remplie d'air. Il est intéressant de voir, qu'Ellen observe le fait que le piston remonte et que l'on entend

«

pshhh

».

En conclusion, nous avons vu qu'au début de la séquence, Ellen considère qu'il n'y a pas d'air dans une seringue et qu'il faut l'aspirer pour pouvoir en attraper. Au cours de l'expérience 1 du TP 2, Ellen appuie à plusieurs reprises sur le ballon de baudruche qui est posé sur une bouteille. Nous pensons que l'élément du milieu

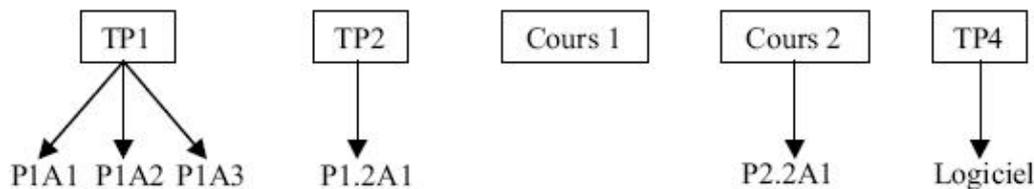
«

expérience

» a joué un rôle dans la construction de l'idée *l'air est présent dans un récipient*. Au cours de l'expérience 2 du TP2, Ellen change d'avis et considère qu'il est possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air. Ellen établit un nouveau lien entre cette idée et la situation. Nous pensons que cette dernière évolution provient de la démonstration d'Anne qui s'appuie sur certains éléments perceptibles de l'expérience. Ces éléments du milieu sont notés Expérience (seringue bouteille) et élève A.

Les différentes explications d'Anne dans l'analyse précédente (voir ci-dessus) semblent montrer qu'elle a déjà construit le fait que l'air est présent partout, notamment dans des enceintes ouvertes. La présence d'un gaz dans un récipient fait appel à la notion de quantité. Nous proposons d'étudier comment cette notion est utilisée par Anne et Ellen au cours de la séquence d'enseignement. La figure ci-dessous donne les activités dans lesquelles elles utilisent cette notion.

Figure 7.3 : Activités dans lesquelles les idées sur la quantité apparaissent



La notion de quantité évolue essentiellement au cours du TP1, c'est pourquoi, nous proposons dans un premier temps de regarder l'évolution du lien entre la quantité et le volume, ainsi que d'étudier comment s'établit le lien entre la quantité et le nombre de molécules. Nous observons dans un second temps ce que deviennent ces liens dans le reste de la séquence d'enseignement, notamment le lien entre la quantité et le nombre de molécules dans le TP2 et le lien entre la quantité et le volume dans le cours 2 et le TP4.

Au cours de l'activité 1, qui demande de manipuler une seringue, Anne utilise à plusieurs reprises, que la quantité varie lorsque le volume varie, c'est-à-dire que si on augmente le volume d'une seringue bouchée la quantité d'air contenu dedans va augmenter (Vaug Qaug). Nous donnons à titre d'exemple, un extrait dans lequel Anne utilise ce raisonnement (tableau 7.33)

Tableau 7.33 : Extrait d'une discussion dans la quelle Anne utilise l'idée *V aug Q aug*

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
Partie 1 Activité 1 question 1.				
Enfermer de l'air dans la seringue (situation 1). Faire un schéma				
00:06:28:00	P1A1Q1	A & E parlent d'enfermer de l'air A manipule la	A : là juste en faisant ça (A bouche la seringue)/ là t'enfermes de l'air là dedans/ t'es d'accord E : ouais	<i>Abouche = enfermer de l'air</i>

seringue A : donc **en tirant/** après (*A tire sur le piston en bouchant la seringue*)
 c'est juste une question de pression je pense/ et t'sais là **la quantité elle sera plus grande** AVaug Qaug

Anne utilise le mot quantité dans son explication et il nous semble important de s'interroger sur le sens qu'elle lui donne. En effet, si elle considère ce mot comme un synonyme du volume, il est tout à fait normal que la quantité d'air augmente lorsque le volume de la seringue augmente, puisque ces deux mots désignent la même chose. L'explication qu'Anne donne dans l'extrait est trop courte pour pouvoir attribuer une quelconque signification au mot quantité. Cependant, dans la suite de la question 1 (voir la transcription du TP1 de 8m 27s jusqu'à 8m 46s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant), Anne explique que

«
 au moment où tu bouches
 (la seringue
) là t'enfermes un un une quantité d'air

», cette utilisation du mot quantité est relativement proche de la définition de la physique. De plus, comme nous le verrons par la suite Anne fait clairement la différence entre la quantité et le volume (voir tableau 7.34).

Dans l'extrait ci-dessus, Anne explique que lorsque l'on tire sur le piston d'une seringue bouchée la quantité d'air augmente. Dans cette explication Anne établit un lien entre l'augmentation du volume de la seringue et l'augmentation de la quantité (idée *Vaug Qaug*). Ce lien n'est pas correct du point de vue du savoir enseigné. En effet, lorsque l'on fait varier le volume d'une seringue bouchée la quantité d'air ne varie pas. L'utilisation de l'idée *Vaug Qaug* peut être interprétée de plusieurs façons : soit Anne n'a pas encore construit le fait qu'une seringue bouchée est étanche et elle considère que l'air peut traverser les parois, soit elle applique à l'air une propriété qui n'est valable que pour les solides, c'est-à-dire que si son volume augmente, sa quantité augmente aussi. L'explication d'Anne ne nous permet pas de savoir laquelle de ces interprétations est la plus proche de ce qu'elle veut dire.

Au cours de la question 3, Anne utilise un lien similaire entre la quantité et le volume. En effet, elle explique que lorsque l'on appuie sur le piston d'une seringue bouchée, la quantité d'air diminue (idée *Vdim Qdim*). Au cours de cette question, Anne utilise ce lien à plusieurs reprises.

Comme nous l'avons déjà signalé, Anne considère que la quantité d'air relève du niveau microscopique, puisqu'on ne peut pas la voir directement (voir notre analyse sur l'évolution du sens donné au mot macroscopique), et qu'elle diminue lorsque le volume de la seringue diminue. C'est précisément, en essayant de répondre à la question 3 en se plaçant au niveau microscopique, que le lien entre la quantité et le volume va évoluer (tableau 7.33).

Tableau 7.34 : Discussion entre Anne et Ellen à propos de la question 3

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
-------	----------	-------------	---------------	-------

Partie 1 Activité 1 Question

1. Enfermer de l'air dans la seringue (situation 1). Faire un schéma
2. En gardant l'air enfermé, appuyer sur le piston (situation 2). Faire un nouveau schéma.
3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas

changé, entre les deux situations.

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

00:13:51:00	P1A1 Q3 micro	A & E discutent de ce qui change micro	A : microscopique/ y'a déjà la/ y'a y'a moins lon- une plus petite quantité d'air E : ouais A : t'es d'accord E : ouais j'pense A : (5s) c'est ça qu'a changé/	A <i>Vdim Qdim</i>
00:14:05:06		A & E discutent de ce qui change pas micro A manipule la seringue	A : et ce qui a pas changé/ bah(1s) j'pense que E : ben c'qui n'a pas changé/ ben y'a toujours l'air dedans (<i>E montre la seringue</i>)/ l'air est toujours dedans (<i>E montre la seringue</i>) A : ouais/ mais/ on peut pas dire qu'y a une qu- (1s) y'a pas une plus petite non regardes y'a pas une plus petite pression(1s) une plus petite quantité on en sait rien ça/ l'air/ non/ c'qu'on voit	

La première partie (13m 51s) de cet extrait montre qu'Anne considère que la quantité d'air contenu dans la seringue est plus petite lorsque l'on appuie sur le piston de la seringue. Dans la seconde partie (14 m 05s) de cet extrait, Ellen dit que lorsque l'on appuie sur le piston l'air est toujours dans la seringue, c'est-à-dire que sa quantité ne varie pas. Cette remarque semble faire changer d'avis Anne, qui malgré de nombreuses hésitations dans la construction de ses phrases va finalement réussir à dire que la quantité d'air n'est pas plus petite. Ces nombreuses hésitations semblent témoigner qu'Anne est en pleine réflexion. Nous pensons que c'est au cours de cette réflexion qu'elle commence à construire un nouveau lien entre la quantité et le volume. Son explication est interrompue par l'enseignante qui définit à la classe le niveau macroscopique et le niveau microscopique (Tableau 7.35).

Tableau 7.35 : Évolution du lien entre la quantité et le volume.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:14:32:00		Prof parle à la classe	Prof à la classe : pour thomas et compagnie le niveau macroscopique c'est le niveau qui est à notre échelle/ c'est des choses que vous pouvez percevoir directement/ voir sentir toucher/ d'accord/ le niveau microscopique/ c'est le niveau qui concerne les molécules	
00:14:49:00		A & E discutent de ce qui change pas micro A manipule la seringue	A : et ben que les molécules/ ben regarde/ si j'fais ça (A pousse sur le piston en bouchant la seringue)/ et là il y a toujours la même quantité d'air sauf qu'elle est plus compressée	A <i>Vdim Q id</i> A <i>Air compressée</i>

Cet extrait montre que suite à l'explication de l'enseignante à la classe, Anne établit que la quantité reste identique lorsque l'on diminue le volume de la seringue fermée (idée *Vdim Q id*). Anne ne parle pas explicitement du volume, cependant le fait d'appuyer sur le piston d'une seringue bouchée, revient à diminuer

«

A: V varie Q varie

» signifie que pour Anne lorsque le volume varie la quantité varie aussi (ce qui est équivalent à l'idée $V_{dim}Q_{dim}$),

«

E: V varie Q identique

» signifie que pour Ellen lorsque la volume varie la quantité reste identique (équivalent à l'idée $V_{dim}Q_{id}$) et

«

E: V identique

» signifie que pour Ellen le volume ne change pas (ce moment est décrit dans le Tableau 7.36). Ce graphique montre que suite à l'intervention d'Ellen, le lien entre la quantité et le volume va changer pour Anne de l'idée $V_{dim}Q_{dim}$ à l'idée $V_{dim}Q_{id}$. Il est intéressant de remarquer qu'au début, Anne utilise cette idée ($V_{dim}Q_{id}$) uniquement lorsqu'elle manipule la seringue et qu'elle va progressivement l'utiliser sans faire de manipulation. Cette nouvelle idée est réutilisée pour traiter de nouvelles situations, ce qui traduit l'augmentation de son domaine d'application.

Anne et Ellen vont réutiliser cette idée durant l'activité 2, qui demande d'isoler par la pensée une petite partie d'air contenu dans une seringue bouchée (situation 1) et dans une seringue bouchée lorsque l'on appuie sur le piston (situation 2). Au début de cette activité, elles n'arrivent pas à comprendre l'énoncé et elles demandent à l'enseignante de leur expliquer la question. Durant l'explication de l'enseignante, Anne utilise l'idée $V_{dim}Q_{id}$ (tableau 7.37).

Tableau 7.37 : L'enseignante explique l'activité 2 à Anne et Ellen durant le TP1

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:25:22:01	P1A2Q1S	Prof explique à A & E l'énoncé	[...] Prof : qu'est-ce qui est arrivé aux molécules qui sont là dedans entre le moment où la seringue était comme ça et le moment où la seringue était comme ça (2s) alors le volume A : ben/ c'est pas le même volume là/ y'a pas le même volume/ mais la même quantité Prof : alors y'a pas le même volume/ y'a pas la même quantité A : ah bon/ y'a pas la même quantité (?) Prof : si si/ t'as raison y'a la même quantité bien sûr/ mais ce que tu me dis là c'est vrai pour toute la seringue/ c'est à dire c'est vrai pour ça et pour ça/ là effectivement ce volume il est plus petit que celui-là/ mais moi je	$A V change Q id$

prends pas ce volume là/ je prends un
tout petit bout et ce tout petit bout je
choisi de prendre un tout petit bout de
même volume après

A : **ben ça sera le même**

E : **c'est pareil**

A & E *même V*
même Q

Cet extrait montre qu'Anne

«

teste

» son idée (*Q change Q id*) auprès de l'enseignante, qui lui confirme qu'elle fonctionne pour la totalité d'une seringue. Il est intéressant de voir qu'Anne et Ellen réutilisent cette idée, lorsqu'il faut isoler une petite partie d'air contenu dans la seringue. En effet, elles considèrent qu'il y a la même quantité lorsque l'on prend des parties d'air de même volume dans les situations 1 et 2 (voir séquence P1A2Q1). Cette idée (*même V même Q*) est correcte du point de vue du savoir à enseigner pour la totalité de l'air contenu dans une seringue, mais elle ne convient pas lorsque l'on isole des petites parties d'air dans des situations différentes. Nous pensons que cette idée empêche Anne et Ellen de traiter correctement la question et notamment de réussir à faire l'abstraction (voir partie ci-dessus aspects particuliers).

En conclusion, il apparaît qu'au début de l'activité 1 de la partie 1, Anne pense que la quantité d'air contenu dans une seringue bouchée, varie comme le volume. Au cours de la question 3 de cette activité, Anne réalise que le volume change, mais que la quantité reste la même suite à la remarque d'Ellen. Nous interprétons cette évolution par l'établissement d'un nouveau lien entre la quantité et le volume. Le principal élément du milieu responsable de cette évolution est l'intervention d'Ellen (noté élève E). Dans la suite de cette question, Ellen va faire la distinction entre la quantité et le volume grâce à l'explication d'Anne. Cette évolution correspond à la distinction de deux idées (voir cadre théorique). Nous considérons que l'explication d'Anne est l'élément du milieu qui est responsable de cette évolution. Durant cette question, Anne et Ellen se sont mutuellement aidées pour construire de nouveau lien entre leurs idées. Elles vont réutiliser leurs idées sur les liens entre la quantité et le volume dans l'activité 2. Cependant, ces idées sont correctes du point de vue du savoir à enseigné pour la totalité de l'air contenu dans une seringue, mais pas lorsque l'on isole une petite partie d'air de cette seringue. Nous pensons que ces idées vont les empêcher de traiter correctement les questions de l'activité 2 en les empêchant de faire l'abstraction. Ce phénomène correspond à l'utilisation d'une idée hors de son domaine de validité (voir cadre théorique), c'est-à-dire que l'élève ignore les situations dans lesquelles son idée n'est pas valable du point de vue de la physique.

Durant le TP1, la notion de quantité évolue pour Anne. En effet, Anne établit à plusieurs reprises un lien entre la quantité et le nombre de molécules (idée $Q = \text{nbre de molécule}$). Anne établit ce lien pour la première dans la question P1A2Q1S. Cette question demande de représenter au niveau microscopique deux parties d'air de même volume, l'une contenue dans une seringue bouchée et l'autre dans une seringue bouchée lorsque l'on appuie sur le piston. Pour pouvoir répondre à cette question les élèves doivent représenter une petite partie d'air par un certain nombre de molécules, ce qui revient à établir un lien entre la quantité et le nombre de molécules. Anne établit ce lien au cours d'une discussion avec l'enseignante, qui essaie d'expliquer comment il faut remplir les schémas (tableau 7.38)

Tableau 7.38 : Anne établit un lien entre la quantité et le nombre de molécules.

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:25:22:01	P1A2Q1S	Prof explique comment remplir les schémas à A & E	[...] A : oui mais euh (1s) en fait ça va dépendre si on met la même quantité et tout entre les deux non c'est ça (?) parc'qu'on est quand même obligé d'en mettre au pif Prof à A & E : ah ben tu choisis un nombre effectivement là t'en t'en mets pas au pif mais tu fais un choix tu dis j'en mets [...] A : ouais ouais faut marquer en fait/ si / faut voir si y'a la même quantité en fait/ si y'a à peu près le même nombre de Prof : effectivement c'est la question qu'il faut se poser	$A Q = \text{nbre de molécules}$ $A Q = \text{nbre de molécules}$

Au cours de cet extrait, Anne utilise à deux reprises l'idée $Q = \text{nbre de molécules}$. Nous pensons que cette idée est déduite des explications de l'enseignante. De plus, ce lien est nécessaire pour pouvoir répondre à cette question, c'est pourquoi, nous pensons que l'énoncé de la question a joué aussi un rôle. Cette idée n'est jamais utilisée dans les questions qui précèdent la question P1A2Q1S, c'est pourquoi nous supposons qu'Anne établit un nouveau lien entre cette nouvelle idée et la situation (voir partie évolution des idées dans le cadre théorique).

Dans la suite du TP, Anne utilise cette idée dans d'autres situations. On trouve notamment qu'elle l'associe à d'autres idées pour répondre à la question 2 (tableau 7.39).

Tableau 7.39 : Illustration de la mise en lien de plusieurs idées.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:30:23:00	P1A2Q2S	A & E parlent de l'énoncé	[...] A : mais attends/ on a dit là (A montre la seringue)/ c'est la même quantité/ euh c'est le même volume/ le volume est réduit/ mais la quantité c'est la même/ si c'est la même/ ça voudra dire que ce sera exactement le même nombre d'at/ euh de molécules/ logiquement parc'qu'autrement si tu dis que là il y a moins de nombre de molécule d'accord il y'en aura moins/ (inaudible)/ [...]	$A V \dim Q id = \text{nbre de molécules id}$

Dans cet extrait Anne met en relation l'idée $Vdim Qid$ avec l'idée $Q = \text{nbre de molécules}$, ce qui donne le réseau d'idées $Vdim Qid = \text{nbre de molécules id}$, qui traduit que si le volume diminue, la quantité reste identique et le nombre de molécules aussi.

Nous avons regroupé dans un graphique Kronos, tous les moments où Anne utilise l'idée $Q = \text{nbre de molécules}$ (voir le graphique Kronos

«

TP1 lien entre la quantité et le nombre de molécule

», dans l'annexe de l'analyse fine pendant). Ce graphique montre qu'Anne établit cette relation au cours de la question P1A2Q1S pendant que l'enseignante lui explique l'énoncé, et qu'elle va l'utiliser pour répondre dans d'autres situations élargissant ainsi son domaine d'application.

Ellen utilise explicitement cette idée ($Q = \text{nbre de molécules}$) une seule fois au cours de la réponse écrite à la question P1A2Q1, elle écrit :

«

oui, j'ai dessiné

le même nombre de molecules

car

la quantité est la même

». Il est intéressant de voir qu'elle rédige cette réponse suite à la remarque d'Anne (voir transcription du TP1 de 32m 12s à 33m 15s). Dans la suite du TP 1, Ellen n'utilise plus explicitement cette idée.

En conclusion, il apparaît qu'Anne établit un lien entre la quantité et le nombre de molécules à la suite de l'explication de l'enseignante. Nous pensons que les éléments responsables de cette évolution sont l'explication de l'enseignante, mais surtout l'énoncé de la question qui nécessite d'établir ce lien. Dans la suite de ce TP, Anne réutilise à plusieurs reprises cette idée, augmentant son domaine d'application. En revanche, Ellen utilise une seule fois ce lien au cours du TP1, pour répondre par écrit à la question P1A2Q1. Ce lien sera établi suite à une remarque d'Anne.

Nous avons vu qu'Anne et Ellen utilisent les idées $Q = \text{nbre de molécules}$ et $V \text{ dim } Q \text{ id}$ au cours du TP1. Dans le reste de la séquence, Ellen ne réutilise aucune de ces deux idées. En revanche, Anne réutilise une fois l'idée $Q = \text{nbre de molécules}$ pour répondre à la question P1.2A1 traitant du mélange de deux gaz (voir la transcription du TP2 de 5m 36s à 6m 15s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). Concernant le lien entre la quantité et le volume, il apparaît qu'Anne utilise que le nombre de molécules augmente lorsque le volume de la seringue augmente (idée $V \text{ aug } Q \text{ aug}$) durant la question P2.2A1Qa (voir la transcription du cours 2 de 14m 03s à 14m 22s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant) et que la quantité diminue lorsque le volume diminue (idée $V \text{ dim } Q \text{ dim}$) durant la question A1Q1 du logiciel (voir la transcription du TP4 de 43m 00s à 44m 42s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). L'utilisation de ces idées montre qu'Anne ne réutilise pas le lien entre la quantité et le volume qu'elle a établi durant le TP 1. Nous n'avons pas d'explication à cette

«

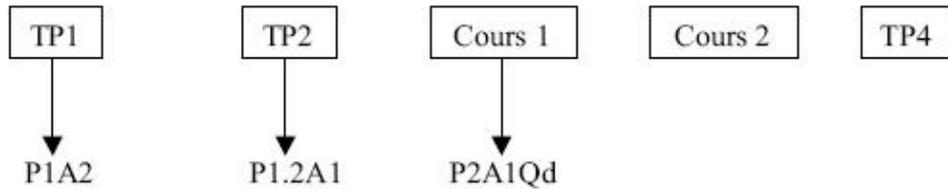
régression

»

du point de vue de la physique.

La répartition des molécules est abordée par Anne et Ellen à différents moments de la séquence d'enseignement sur les gaz (figure ci-dessous).

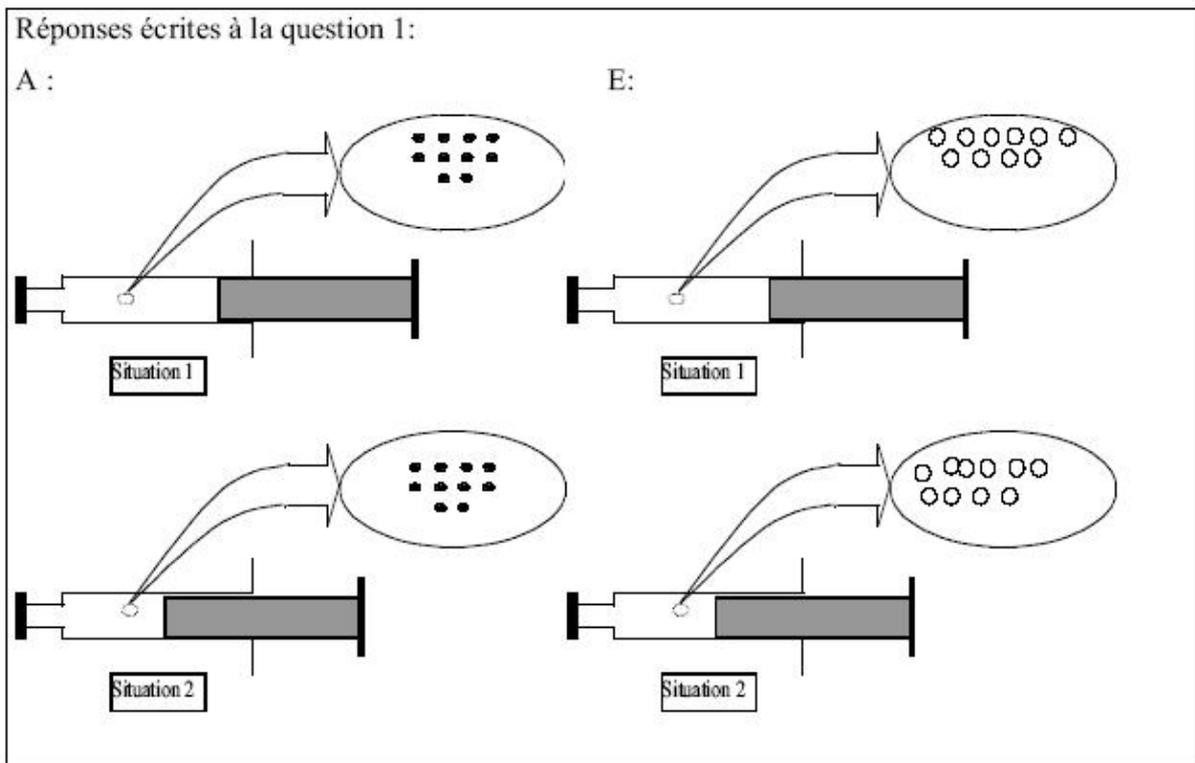
Figure 7.4 : Activités dans lesquelles Anne et Ellen traitent de la répartition des molécules



Les idées sur la répartition des molécules évoluent essentiellement durant l'activité 2 se déroulant pendant le TP1. Cette activité utilise des questions de différentes natures. En effet, les questions P1A2Q1 et P1A2Q2 demandent d'isoler une petite partie d'air contenu dans une seringue et d'en représenter les molécules (voir la séquence d'enseignement, dans l'annexe de l'analyse a priori). La question P1A2Q3 demande aux élèves d'utiliser le modèle microscopique pour corriger leurs représentations. Nous proposons de présenter l'évolution des idées d'Anne et Ellen sur la répartition des molécules au cours de cette activité, puis de regarder comment ces idées sont réutilisées lorsque l'on mélange deux gaz (P1.2A1). Pour finir, nous présentons l'idée *les molécules sont collées aux parois* développée par Anne suite à la lecture du modèle.

Anne et Ellen répondent aux questions 1 et 2 en dessinant les molécules regroupées à un endroit spécifique, nous présentons à titre d'exemple leurs réponses écrites à la question 1 (tableau 7.40).

Tableau 7.40 : Réponses écrites d'Anne et Ellen (P1A2Q1)



Dans les représentations d'Anne et Ellen, les molécules ne sont pas réparties partout, mais regroupées à un endroit spécifique (idée *molécules se répartissent à un endroit*). De plus, elles en ont dessiné le même nombre dans les deux situations de la question 1, ce qui n'est pas correct du point de vue du savoir à enseigner, car elles auraient dû en dessiner plus dans la seconde situation. On trouve la même idée dans les représentations de la question 2 (voir transcription TP1 de 34m 05s à 36m 40s).

La question 3 demande de corriger les dessins à l'aide du modèle microscopique des gaz. Suite à la lecture du modèle, Ellen propose d'éloigner les molécules entre elles de les dessiner partout (idée *les molécules se répartissent partout*) (tableau 7.41).

Tableau 7.41: Discussion sur la répartition des molécules dans les schémas de la question 1

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:40:11:01	P1A2Q3 (Q1)	A & E discutent leur correction	E : j'sais pas si on a juste ou on a faux (3s) A : on a faux/ regarde là (<i>A montre une phrase du modèle</i>) E : ouais A : elles sont pas aussi près E : donc il faut les faire plus éloignées [...] E : vas-y on en fait de partout	<i>E molécules se répartissent partout</i>

Au cours de cette discussion, il semble qu'Anne et Ellen s'appuient sur la propriété G2 du modèle :

Les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides

»

. Suite à cette discussion, Ellen propose de dessiner des molécules partout. Comme le montre le tableau 7.42, elles vont finalement dessiner des molécules partout, mais en gardant le même nombre de molécules pour les deux situations.

Tableau 7.42 : Anne et Ellen dessinent des molécules partout

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:43:25:01	P1A2Q3 (Q1)	A & E parlent	E : bon on en fait de partout A : non mais tu dois en garder la même quantité quand même E : ouais ouais	E <i>molécules se répartissent partout</i>
00:43:32:00		A & E dessinent		

Corrections :

A & E dessinent des molécules réparties partout dans les deux bulles, ainsi que le même nombre de molécules dans les deux bulles.

00:44:34:01	P1A2 Q3 (Q2)	A & E discutent et corrigent	A : donc/ là ça serait la même chose E : ouais j'aurai dit partout pareil (A dessine)	E <i>molécules se répartissent partout</i>
-------------	-----------------	------------------------------	--	--

Nous n'avons pas mis les dessins d'Anne et Ellen, car elles les ont modifiés, suite à la correction de l'enseignante au tableau, en dessinant un nombre plus important de molécules pour la situation 2. Cependant, il reste les traces des anciens dessins montrant que les molécules sont réparties partout et qu'il y en a le même nombre. Comme le montre le court passage ci-dessus (44m 34s), Anne et Ellen ont aussi représenté les molécules partout dans la question 2.

En résumé, Anne et Ellen représentent les molécules comme étant réparties à un endroit particulier dans les questions 1 et 2. Suite à la lecture du modèle, elles vont changer leurs représentations en dessinant les molécules réparties partout. Nous pensons que cette évolution est due à la propriété G2 du modèle :

«

Les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides

»

. Pour nous, Anne et Ellen font

«

une sélection entre deux idées contradictoires(

les molécules se répartissent à un endroit

et

les molécules se répartissent partout

t) pour la même situation

»

(voir l'évolution des idées dans le cadre théorique). Nous pensons que l'élément du milieu responsable de cette évolution est le texte du modèle, particulièrement la propriété G2.

Au cours de l'activité 1 de la partie 1.2 demandant de décrire le mélange de deux gaz à l'aide des molécules. Anne et Ellen vont dessiner des molécules réparties partout (tableau 7.43).

Tableau 7.43 : Dessin d'Anne et Ellen montrant des molécules réparties partout

Réponses écrites à la question 2

2. À partir de vos observations, représenter sur le schéma du dessous, une petite partie du gaz de chaque flacon (les deux flacons ont le même volume).

(Même dessin pour A & E, il semblerait que E est copié la réponse sur A)

Ce dessin montre qu'Anne utilise l'idée *les molécules se répartissent partout* pour décrire le mélange de deux gaz. De plus, Anne explique à la classe au cours de la correction de cette question que les molécules se répartissent dans les deux flacons à cause de la propriété G2 du modèle (voir la transcription du TP2 de 5m 36s à 6m 15s, dans l'annexe de l'analyse fine pendant). L'utilisation de cette idée dans une situation différente de celle de la question P1A2Q1&2 (utilisant une seringue), montre que le domaine d'application de cette idée augmente. Il est beaucoup plus difficile de se prononcer pour Ellen, car il semble qu'elle ait copié le dessin sur la feuille d'Anne, ce qui ne nous donne aucune information sur ce que pense Ellen de la répartition des molécules.

En résumé, il apparaît qu'Anne réutilise l'idée *les molécules se répartissent partout* pour représenter les molécules lors du mélange de deux gaz. Anne justifie sa représentation en utilisant la propriété G2 du modèle :

«

Les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides

».

Notre analyse ci-dessus, montre que suite à la lecture du modèle et particulièrement de la propriété G2, Anne représente correctement du point de vue du savoir enseigné les molécules qui se répartissent partout. Cependant, durant la même lecture de la propriété G2, Anne va développer l'idée *les molécules sont collées aux parois* (tableau 7.44).

Tableau 7.44 : construction de l'idée *les molécules sont collées aux parois* suite à la lecture du modèle

Temps	Question	Description	Transcription	Idées
00:40:11:01	P1A2Q3 (Q1)	A & E discutent la correction à l'aide du modèle	[...] A : elles sont pas aussi près E : donc il faut les faire plus éloignées A : et collées aux parois	<i>A molécules collées parois</i>
00:42:14:00		A & E lisent le modèle		
00:42:27:00		A & E parlent de la répartition des molécules	A : donc les molécules elles seront plus espacées/ non (?) trois/ quatre parce qu'elles sont/ regarde (3s, A lit le modèle) tu vois ce volume est limité par les parois ah non/ les molécules peuvent être en collision entre elles et avec les parois/ ça veut dire qu'elles sont collées aux parois (?) E : non elles sont pas collées aux parois/ il peut y en avoir (inaudible)	A molécules collées aux parois E molécules ne sont pas collées aux parois

Cet extrait montre que suite à la lecture du modèle disant que les molécules sont très éloignées les unes des autres, Anne émet l'idée que les molécules sont collées aux parois. Dans la suite de cet extrait (42m 27s), Anne va déduire en lisant que les molécules peuvent rentrer en collision avec les parois (propriété G3 du modèle), que les molécules sont collées aux parois, ce qui semble être en contradiction avec le fait que les molécules sont en mouvement et qu'elles se répartissent dans tout le volume qui leur est offert (propriété G1 et G2 du modèle). Durant le TP1, Anne utilise cette idée (*molécules collées aux parois*) seulement deux fois. Cependant, on retrouve cette idée durant la question P2A2Qd se déroulant pendant le cours 1. Nous avons déjà analysé ce passage dans la partie aspect particulière concernant les chocs des molécules (voir tableau 7.22). Nous redonnons néanmoins l'explication d'Anne avec cette fois les gestes.

A : ouais c'est-à-dire que les molécu- (*écarte les deux mains et lâche son stylo*) merdel



A : y'a beaucoup plus de molécules sur les parois donc ça les (*écarte les deux mains en ouvrant les doigts*).



Dans cet extrait Anne explique qu'il y a plus de molécules sur les parois, ce qui rejoint l'idée que les molécules sont collées aux parois. Il est intéressant de voir que cette idée provient de la réponse d'un élève interrogé par l'enseignante juste avant.

En conclusion, suite à la lecture de la propriété G2 modèle, Anne pense que les molécules sont collées aux parois. Cette idée est utilisée pour la première fois durant la question P1A2Q3. Nous interprétons cette évolution par l'établissement d'un lien entre une nouvelle idée et une situation. L'élément du milieu responsable de cette évolution est le texte du modèle, particulièrement la propriété G2. Cette idée est réutilisée à deux reprises dans le reste de la séquence sur les gaz.

Cette partie présente les idées d'Anne et Ellen sur l'action de l'air, sur le lien entre cette action et la pression, puis sur les différents aspects de la pression.

Anne et Ellen considèrent que l'air agit, essentiellement pour deux types de situation, utilisant à chaque fois une seringue sans appareil de mesure. Comme nous l'avons montré durant l'analyse du sens du mot pression (voir plus haut), Anne et Ellen décrivent l'action de l'air durant les questions de l'activité 1 (partie 1). On trouve notamment que pour Anne, lorsque l'on appuie sur le piston d'une seringue bouchée

«

y'a une pression/ oui/ quand on appuie/ on peut dire quand on appuie

y'a une pression/ qui fait qu'on peut pas arriver jusqu'au bout

en fait/ on peut dire qu'on

sent une pression de l'air

». Durant la situation demandant de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air (P2A1EX2Qa), Anne utilise l'action de l'air sur le piston de la seringue, pour convaincre Ellen de la présence de l'air dans la bouteille (voir analyse d'Ellen sur la présence de l'air dans un récipient). Elle dit notamment :

«

la preuve qu'il y a de l'air et que là je le pousse (A pousse sur le piston) pour en mettre dedans/

pasque regarde (le piston remonte

)

»

(idée *air agit*)

En revanche, dans la situation où l'on chauffe une bouteille avec un ballon de baudruche posé dessus, Anne et Ellen se contentent d'écrire que

«

le ballon s'est gonflé

», et ne parlent pas de l'action de l'air. Il en est de même pour toutes les questions utilisant un pressiomètre, excepté la question P2A2Qb qui demande explicitement de décrire l'action du gaz. Anne et Ellen ne parlent jamais du fait que l'air agit dans les situations utilisant un pressiomètre et elles vont plutôt se centrer sur la description de la mesure de la pression.

La séquence d'enseignement sur les gaz vise à faire établir le lien entre l'action du gaz et sa pression. Cependant, ce lien n'est demandé que dans la question P2A2Qb. Comme nous l'avons vu durant l'analyse du mot pression (voir ci-dessus), Anne et Ellen établissent ce lien, notamment à travers leurs réponses écrites :

Anne et Ellen considèrent que lorsque la pression augmente, l'air exerce une action plus forte sur les parois (idée *P aug action air aug*). Cependant, elles utilisent le même mot pour désigner la mesure de la pression et l'action de l'air, ce qui peut être une source de confusion dans la suite de la séquence sur les gaz. Cette idée est d'abord émise par Marie, avant d'être reprise à son tour par Anne puis Ellen (voir transcription cours 1 de 14m 26s 16m 31s). Nous pensons que l'élément du milieu responsable de ce nouveau lien entre la pression et l'action est l'intervention de Marie.

La séquence d'enseignement sur les gaz propose différents aspects de la pression. C'est pourquoi, nous proposons de faire une présentation des idées d'Anne et Ellen en fonction de ces aspects.

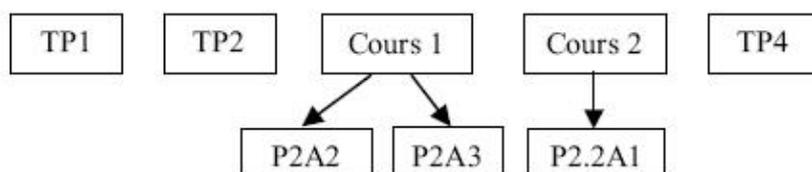
Au cours de la question P2A2Qa, Anne et Ellen vont établir, en s'appuyant sur le modèle macroscopique, que la pression est la même dans les récipients fermés. Elles écriront en guise de réponse :

Pour Anne et Ellen, la pression est homogène à l'intérieur de la seringue. De plus, Anne explique que c'est à cause de la dispersion des molécules, c'est-à-dire qu'elle interprète la pression à partir de la répartition des molécules.

La question P2A2EX1 demande de mesurer la pression de l'air contenu dans une seringue, lorsque aucune action est exercée sur le piston. Cette question fait naître un désaccord au sein des quatre élèves du groupe. D'un côté Marie et Adèle veulent pousser sur le piston pour avoir de la pression et de l'autre Anne pense qu'il n'y a pas besoin d'appuyer sur le piston pour avoir de la pression (voir transcription du cours 1 de 6m 01s à 8m 32s). Finalement pour régler ce désaccord, le groupe demande à une autre élève de la classe, qui explique qu'il n'y a pas besoin de pousser sur le piston pour avoir de la pression. Cette discussion montre que pour Marie et Adèle, il n'y a de pression que lorsqu'il y a une action sur l'enceinte, retrouvant ainsi la conception trouvée par Séré (1985). En revanche, pour Anne et Ellen, il y a de la pression, même lorsqu'il n'y a pas d'action.

Nous proposons de présenter l'évolution des idées sur la pression et le volume d'Anne et Ellen durant l'enseignement sur les gaz. Cette évolution s'est déroulée à travers certaines activités du cours 1 et du cours 2 (figure 7.6)

Figure 7.6 : Activités de la séquence ayant contribué à l'évolution des idées d'Anne et Ellen



La question P2A2EX2 demande d'observer expérimentalement comment la pression varie lorsque l'on diminue le volume d'une seringue reliée à un pressiomètre. Anne et Ellen établissent que la pression augmente lorsque le volume diminue (idée *Paug Vdim*), comme en témoignent leurs réponses écrites :

Ce lien entre la pression et le volume a été établi grâce à l'expérience mettant en jeu une seringue et un pressiomètre, nous proposons de regarder ce qu'elle devient dans les activités suivantes.

L'activité 3 demande de comparer la poussée effectuée sur des seringues de tailles différentes pour atteindre la même pression. Au cours de cette activité Anne établit un nouveau lien entre la pression et le volume (tableau 7.45).

Tableau 7.45 : Nouveau lien entre la pression et le volume

Question b.

À votre avis, qu'est-ce qui, au niveau des seringues, est responsable de cette différence de poussée sur chacun des pistons ?

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:43:22:02	P2A3Qb	A explique sa réponse aux autres élèves du groupe	A : ben c'est parc'que regarde c'est logique (1s) t'as un volume vachement plus important là que dans la petite donc la pression est vachement plus grande dans la grande que dans la petite Ad (rires) A : nan c'était pour faire mon explication	$A \uparrow P \uparrow V \uparrow$

Réponses écrites :

E

«

b) Il faudra pousser plus fort avec la grosse car pour la grosse seringue, il y aura un plus gros volume d'a

ir»

A

«

b- Ce qui est responsable de cette différence est que :

La grosse a un volume d'air plus important que la petite donc la pression sera plus forte chez la grosse seringue

»

Dans cet extrait, Anne établit un nouveau lien entre la pression et le volume. En effet, pour elle plus le volume est grand et plus la pression sera importante (idée *Paug Vaug*). Anne utilise ici le mot pression avec la signification de l'action de pousser, alors que dans la question précédente (P2A2EX2), le mot pression correspondait à une mesure et donc sa signification était proche de celle d'une grandeur. Ellen n'utilise pas le mot pression dans sa réponse écrite, nous ne savons donc pas si le lien entre la pression et le volume a évolué pour elle au cours de cette question.

Anne et Ellen utilisent un lien entre la pression et le volume (tableau 7.46).

Tableau 7.46 : Anne et Ellen utilisent un lien entre la pression et le volume

Activité 1 : Compression d'un gaz

a. A partir des observations de l'activité 2 du paragraphe I, indiquer par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume augmente.

On cherche ici à déterminer expérimentalement la relation entre cette pression et le volume correspondant.

00:10:03:21	P2.2A1Qa	Discussion du groupe sur P varie comme V	[...] A : alors c'est quand son volume augmente comment évolue la pression du gaz (1s) tu sais on l'a fait c'est le truc là M : on la fait E : ben elle augmente (A lit sa copie) E V aug P aug A : <u>sa pression augmente/ l'air se compense exerce une forte pression sur les parois de la seringue</u> (A lit sa feuille de TP) ah non c'est pas ça E : ben ça augmente (5s) A : ben oui elle augmente E V aug P aug parc'que comme la pression/ attends regarde vous me dite si vous êtes d'accord/ comme la pression est la même dans tous le récipient fermé/ si le volume augmente/ elle sera/ la pression sera plus grande A V aug P aug M : ouais
-------------	----------	--	---

Dans cet extrait, Ellen propose que la pression augmente lorsque le volume augmente (idée *Paug Vaug*). Cette idée sera reprise par Anne, qui donne une explication se basant sur la propriété du modèle macroscopique : la pression est la même à l'intérieur des récipients fermés. Cette idée est reprise par les quatre élèves du groupe tout au long de la discussion pour se mettre d'accord sur la réponse à rédiger (voir transcription du cours 2 de 11m 50s à 14m 22s). La question suivante (P2.2A1EX) demande de mesurer la pression lorsque l'on fait varier le volume de la seringue (tableau 7.47).

Tableau 7.47 : Évolution du lien entre la pression et le volume

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:20:20:01	P1.2A1EX	Groupe prend les	A : 1031/ à 30 c'est 1031	

mesures en M : y'avait sept colonnes/ hein les
augmentant V et A amies
réalise que P A : ouais/ 1031 j'recule
diminue quand V Ad : Aaaaaah
augmente M : Y'en avait sept (rires)
A : eh **la pression elle diminue/** A *Pdim Vaug*
c'est pas pour vous faire chier
hein
M : c'est vrai
A : merde 35/ ça ra'p'tissit ou pas
(?)
E: **ouais** E *Pdim Vaug*
A : 35/ 92 virgule 9
E : hein
A : euh/ 923 j'veux dire (2s) eh la
la (inaudible) elle (rires)
M : ouais

Au cours de la prise de mesure, Anne réalise que la pression diminue lorsque l'on augmente le volume (idée *Pdim Vaug*), réutilisant l'idée de la question (P2A2EX2). Nous interprétons cette évolution comme une augmentation du domaine d'application de l'idée *Pdim Vaug* et plus particulièrement par la sélection entre deux idées contradictoires (*PdimVaug* et *PaugVaug*) utilisées pour la même situation (voir cadre théorique des idées). L'élément du milieu responsable de cette évolution est l'expérience, qui utilise une seringue et un pressiomètre (noté expérience (seringue pressiomètre)).

En résumé, Anne et Ellen utilisent l'idée *Paug Vdim* durant la question (P2A2EX2). Dans l'activité suivante Anne utilise l'idée *PaugVaug*. Cette nouvelle idée va être réutilisée par Ellen puis par Anne dans la question P2.2A1Qa, avant d'évoluer dans la question P2.2A1EX pour laquelle elles utilisent l'idée *Pdim Vaug*. Cette évolution correspond à la sélection entre deux idées contradictoires et l'élément du milieu responsable de cette évolution est l'expérience (seringue et pressiomètre).

La question P3A2Qb demande de déterminer expérimentalement comment évolue la pression de l'air contenu dans une seringue lorsque sa température augmente. Au cours de l'expérience Anne et Ellen établissent que la pression augmente lorsque la température du gaz augmente (idée *PaugTaug*). Il semble que ce lien entre la pression et la température a été établi à partir de l'expérience.

Comme nous l'avons montré dans l'analyse des aspects particuliers des gaz (voir plus haut), Anne et Ellen n'utilisent pas spontanément les chocs des molécules pour décrire la pression (idée $P = \text{chocs des molécules}$). En effet, à chaque fois qu'elles l'utilisent cette idée a été au préalable employée soit par un autre élève soit par l'enseignante. En conclusion, nous donnons cette idée avec son domaine d'application $P = \text{chocs des molécules}$ (P2A2Qd, P2A2Qf, P2.2A2Qc).

Il apparaît qu'elles décrivent l'action de l'air essentiellement dans les situations de compression, ne faisant intervenir aucun appareil de mesure. De plus, elles établissent un lien entre l'action de l'air et la pression. Cependant, elles utilisent le mot pression, pour décrire à la fois la mesure de la pression et l'action du gaz.

Dans la suite de la séquence, Anne et Ellen vont construire différents aspects de la pression, notamment :

Anne et Ellen vont corriger le lien qu'elles avaient établi entre la pression et le volume (*Paug Vaug*) afin qu'il soit en accord avec l'expérience utilisant un pressiomètre. L'élément du milieu responsable de cette sélection entre deux idées contradictoires est l'expérience et particulièrement le pressiomètre.

Durant toute la séquence d'enseignement, seulement deux questions traitent de la masse du gaz. En effet, la question P1A2Q2S demande de représenter des petites parties d'air ayant la même masse et la question P1A2Q3Q2S demande de corriger ces représentations à l'aide du modèle. Durant la question P1A2Q2S Anne puis Ellen relie la masse au nombre de molécules (idée *masse = nbre de molécules*). En effet, elles représentent des parties de même masse, par le même nombre de molécules (voir transcription TP1 de 33m 15s, 36m 40s). Ce nouveau lien est nécessaire pour répondre à la question. Cependant nous n'avons pas réussi à identifier parmi les éléments du milieu, celui (ou ceux) qui serai(en)t responsables de ce nouveau lien. Au début de cette question Anne s'interroge sur la masse (tableau 7.48)

Tableau 7.48 : Anne semble relier la masse au volume

Temps	Question	Description	Transcription	Idee
00:35:23:18	P1A2Q2S	A & E parlent de la définition de la masse	A : la masse/ alors la masse on avait dit que c'était quoi (?) E : égale A : qu'est-ce qu'est égale/ la masse c'est comme le poids/ non (?) E : ouais A : le volume non (?) E : non j'crois pas le volume	A masse = poids A masse = V E masse diff V

Au cours de cet extrait, Anne essaie d'associer la masse au volume. Cependant, Ellen ne semble pas d'accord avec cette association. Durant la correction de cette question à l'aide du modèle, Anne demande à Ellen

«
euh qu'est-ce que j'veux dire/ là
le volume est plus petit
/ t'es sûr que
la masse sera la même
(?)
»

Cette question sous-entend, que si le volume est plus petit alors la masse doit diminuer aussi (idée *masse = V*). Le reste de la séquence ne traite pas de la masse, c'est pourquoi, nous ne savons pas si cette idée évolue ou non.

En résumé, Anne et Ellen relient la masse au nombre de molécules (idée *masse = nbre de molécules*) durant les questions P1A2Q2S et P1A2Q3Q2S, sans que nous ayons pu identifier le ou les éléments responsables de ce lien. Anne semble relier la masse au volume en considérant que la masse varie comme le volume.

En guise de conclusion, nous proposons de rappeler l'évolution des idées d'Anne et Ellen au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz. Pour chacune de nos catégories sur les gaz, nous donnons sous forme de tableau les idées d'Anne et Ellen, en précisant :

Avant de commencer cette présentation, nous tenons à rappeler que, le type d'évolution appelé

«

nouvelle idée

» consiste soit à établir un lien entre une nouvelle idée et une situation, soit entre une nouvelle idée et une idée déjà acquise par l'élève (voir cadre théorique). Le terme

«

nouvelle idée

» est utilisé pour désigner la première fois qu'une idée est reconstruite durant le déroulement de la séquence d'enseignement. Compte tenu des hypothèses que nous adoptons sur l'apprentissage, cette idée ne surgit pas de nulle part, mais elle est construite à partir des connaissances initiales de l'élève, ainsi que des différents éléments du milieu. Comme nous l'avons montré durant cette analyse, chaque idée est utilisée pour un type particulier de situations proposées par l'enseignement. Ceci montre que les questions conditionnent en grande partie l'utilisation des idées d'Anne et Ellen durant la séquence sur les gaz.

Il apparaît que l'évolution des idées sur le sens des mots ne dépend pas toujours d'un élément du milieu en particulier et que la plupart du temps elle semble provenir de plusieurs éléments. Nous avons présenté dans des tableaux différents l'évolution des idées d'Anne et Ellen pour chacun des mots suivants : macroscopique, pression et gaz.

Le tableau 7.49 présente l'évolution des idées sur le mot macroscopique.

Tableau 7.49 : Évolution des idées sur le mot macroscopique

Anne et/ou Ellen	Idée (domaine d'application)	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A	<i>Macroscopique = ce qu'on voit</i> (P1A1Q3)	Nouvelle idée	
E	<i>Macroscopique = ce qu'on voit</i> (P1A1Q3)	Nouvelle idée	Élève A
A	<i>Macroscopique = ce qu'on voit</i> (P1A1Q3, Correc P1A1Q3)	Augmentation du domaine d'application	
E & A	<i>Macroscopique = ce que l'on perçoit avec les sens</i> (P1A1Q3)	Nouvelle idée	Professeur, Expérience (seringue)

Anne utilise le mot macroscopique, avec la signification de «

ce que l'on voit

» dans la question P1A1Q3 et sa correction. Lorsqu'elle utilise cette idée, il semble qu'Anne ne s'appuie sur aucun des éléments du milieu. C'est pourquoi, nous supposons que cette idée fait partie de ses connaissances antérieurs. En revanche, Ellen n'utilise cette idée qu'après l'explication d'Anne lui donnant la définition du mot macroscopique. Nous supposons donc que l'apparition de cette nouvelle idée chez Ellen est due à la définition que lui donne Anne. Au cours de la question P1A1Q3, le sens donné au mot macroscopique par Anne et Ellen évolue (idée *macroscopique = ce que l'on perçoit avec les sens*). Il semble que cette évolution provienne essentiellement de deux éléments du milieu. Le premier élément semble être la définition donnée par l'enseignante, définition qu'Anne et Ellen réutilisent par la suite. Le second élément semble venir de l'expérience, et particulièrement de la manipulation de la seringue, qui permet, en passant par le toucher, de sentir indirectement l'action de l'air. Nous pensons que ces deux éléments ont contribué à l'émergence de cette nouvelle idée chez Anne et Ellen.

Le tableau 7.50 présente l'évolution des idées sur le mot pression.

Tableau 7.50 : Évolution des idées sur le mot pression

Anne et/ou Ellen	Idée (domaine d'application)	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>pression = action de pousser</i> (P1A1Q2)	Nouvelle idée	Expérience (Seringue)
A & E	<i>pression = action de pousser</i> (P1A1Q2&3, P2A2Qb)	Augmentation du domaine d'application	Expérience (compression air dans une seringue)
A & E	<i>pression = grandeur</i> (P2A2Ex1)	Nouvelle idée	Feuille de TP, Expérience (pressiomètre)
A & E	<i>pression = grandeur</i> (P2A2Ex1&2, Qa, &c, P2A2Qb,	Augmentation du domaine d'application	Expérience (seringue + pressiomètre)

Anne et Ellen donnent au mot pression une signification proche de l'action de pousser pour décrire l'action de l'air comprimé dans une seringue. Il semble que la manipulation de la seringue joue un rôle dans la construction de cette idée et particulièrement le fait de pouvoir sentir l'action de l'air à travers le piston de la seringue. Cette idée sera réutilisée dans deux autres questions, augmentant ainsi son domaine d'application. Nous pensons que l'augmentation du domaine d'application provient du fait que ces situations ont des traits de surfaces très proches. En effet, elles utilisent les mêmes objets (air contenu dans une seringue) et les mêmes événements (on comprime de l'air en appuyant sur le piston de la seringue).

Dans la question P2A2Ex1, Anne et Ellen donnent une autre signification au mot pression (idée *pression = grandeur*). Nous pensons que cette nouvelle idée est due essentiellement à deux éléments du milieu. Le premier est l'énoncé de cette question qui demande de mesurer la pression et le second est l'utilisation d'un pressiomètre permettant d'effectuer cette mesure. Anne et Ellen vont réutiliser cette idée dans plusieurs questions, augmentant ainsi son domaine d'application. Toutes les situations dans lesquelles cette idée est réutilisée utilisent un pressiomètre et l'énoncé demande de mesurer la pression. Nous pensons que ces deux éléments sont responsables en grande partie de l'augmentation du domaine d'application de cette idée.

Il est intéressant de remarquer que les idées (1) *pression = action de pousser* et (2) *pression = grandeur* ne semblent pas être contradictoires pour Anne et Ellen. En effet, la première idée est utilisée pour décrire l'action de l'air et la seconde pour décrire la mesure de la pression. Ces deux idées sont d'ailleurs utilisées simultanément pour répondre à la question (P2A2Qb), qui demande de décrire la manière dont évolue l'action du gaz contenu dans une seringue lorsque la pression augmente.

Le tableau 7.51 présente l'évolution des idées d'Anne sur le mot gaz.

Tableau 7.51 : idée sur le mot pression

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idée (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A	<i>air = gaz (P2A2Qb)</i>	Nouvelle idée	Autres élèves, Feuille TP (énoncé de la question)

Dans la question P2A2Qb, Anne utilise les mots gaz et air avec le même sens. Cette nouvelle idée est d'abord utilisée par une autre élève (Marie) de son groupe. Nous pensons que l'apparition de cette nouvelle idée est due à l'explication donnée par Marie, ainsi qu'à l'énoncé de la question qui utilise les mots air et gaz.

Cette partie présente, tout d'abord, le rôle que joue l'énoncé dans l'utilisation des molécules, puis les idées sur les molécules qu'Anne et Ellen ont établies lors de l'élaboration de leurs réponses à certaines questions.

Tableau 7.52 : Évolution des idées sur l'utilisation des molécules (les questions en gras ne demandant pas explicitement d'utiliser les molécules).

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idee (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>air est composé de molécule</i> (P1A2Q1)	Nouvelle idée	Feuille de TP (énoncé)
A & E	<i>air est composé de molécule</i> (P1A2Q1&2&3, P1A3Q1&2&3, P1.2A1Q1&2&3, P2A1Ex2Qc, P2A2Qd&f, P2.2A2Qc&d)	Augmentation du domaine d'application	Feuille de TP (énoncé)
A	<i>air est composé de molécule</i> (P1A2Q1&2&3, P1A3Q1&2&3, P1.2A1Q1&2&3, P2A1Ex2Qc, P2A2Qd&f, P2.2A2Qc&d, P2A2Qa, P2.2 A1Qa)	Augmentation du domaine d'application	
A	<i>molécules se répartissent partout</i> <i>pression est la même</i> (P2A2Qa)	Nouveau lien entre deux idées	
A	<i>V aug++ nbre molécules aug</i> (P2.2A1Qa)	Nouveau lien entre deux idées	

Les premières questions de la séquence laissent le choix aux élèves de représenter l'air dans une seringue en se plaçant soit au niveau macroscopique, soit au niveau microscopique. La question suivante demande de représenter de décrire ce qui change pour l'air, en se plaçant au niveau macroscopique puis au niveau microscopique. Dans aucune de ces questions Anne et Ellen n'utilisent les molécules. Comme le montre le tableau 7.52, ce n'est qu'à partir de la question P1A2Q1, qu'elles utilisent pour la première fois l'idée *l'air est composé de molécules*. Nous pensons que l'apparition de cette nouvelle idée est due à l'énoncé de la question qui demande explicitement d'utiliser les molécules. Dans la suite de la séquence, Anne et Ellen réutilisent cette idée dans un nombre important de questions. Nous pensons que l'augmentation du domaine d'application de cette idée est due aux énoncés des questions, qui demandent explicitement de les utiliser.

Il est intéressant de voir que seule Anne utilise les molécules dans deux questions (P2A2Qa et P2.2A1Qa) qui ne l'exigent pas. De plus, dans ces questions, elle va établir des liens avec des grandeurs macroscopiques. Cependant, nos données ne nous permettent pas de faire de suppositions sur les éléments du milieu responsables de ces liens.

Tableau 7.53 : Évolution des idées sur les molécules

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idee (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>chocs des molécules</i> <i>pression</i> (correc P2A2Qd)	Nouveau lien entre deux idées	Autres élèves, Professeur
A & E	<i>chocs des molécules</i> <i>pression</i> (correc P2A2Qd, P2.2A2Qc&d)	Augmentation du domaine d'application	Autres élèves, Professeur
A	<i>T augmolécules accélèrent</i> (P2.2A2Qd)	Nouveau lien entre deux idées	
E	<i>molécules d'eau se touchent</i> (correcP2A1Ex2Qc)	Nouvelle idée	

Anne et Ellen utilisent le lien entre la pression et les molécules uniquement dans les questions qui le demandent (P2A2Qd, P2.2A2Qc&d). Il semble qu'elles établissent ce lien à partir des discussions entre les

élèves et l'enseignante au cours de la correction. C'est pourquoi, nous pensons que les éléments du milieu responsables de cette évolution sont les autres élèves et l'enseignante. De plus, Anne établit un lien entre la variation de la température et la vitesse des molécules dans la question P2.2A2Qd dont le but est de faire établir ce lien aux élèves. Durant la correction de la question P2A1Ex2Qc, Ellen établit que les molécules d'eau se touchent entre elles. Il semble qu'elle ne s'appuie sur aucun des éléments du milieu pour construire cette nouvelle idée.

Dans cette partie, nous présentons l'évolution des idées d'Anne et Ellen sur la présence de l'air dans une enceinte, puis sur le lien entre la quantité et le volume. Nous finirons par la présentation des idées sur le lien entre la quantité et le nombre de molécules.

Tableau 7.54 : Évolution des idées sur la présence de l'air dans une enceinte

Anne et/ou Ellen	Idée (domaine d'application)	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A	<i>air est présent dans une enceinte (P1A1Q1)</i>	Nouvelle idée	
E	<i>air n'est pas présent dans une enceinte (P2A1Ex2Qa)</i>	Nouvelle idée	
A	<i>air est présent dans une enceinte (P1A1Q1, P2A1Ex2Qa)</i>	Augmentation du domaine d'application	
E	<i>air est présent dans une enceinte (P2A1Ex2Qa)</i>	Sélection entre deux idées contradictoires	Expérience (seringue bouteille), Élève A (arguments perceptibles : piston remonte (vue) et ça fait pshhh (ouïe))
E	<i>air est présent dans une enceinte (P2A1Ex2Qa&b)</i>	Augmentation du domaine d'application	

Dans la question P1A1Q1, Anne considère qu'il y a de l'air dans une seringue ouverte. Il semble qu'elle utilise cette nouvelle idée sans s'appuyer sur les éléments du milieu. C'est pourquoi, nous supposons que cette idée fait partie de ses connaissances préalables. Dans une nouvelle question (P2A1Ex2Qa) demandant de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air, Ellen considère qu'il n'y a pas d'air dans la bouteille ouverte. Nous pensons que cette idée provient aussi de ses connaissances antérieures, puisqu'elle ne semble pas s'appuyer sur les éléments du milieu. À la suite de cette remarque, Anne va essayer de convaincre Ellen, qu'il y a de l'air dans la bouteille en s'appuyant sur certains éléments perceptibles de l'expérience (le piston de la seringue qui remonte (vue) et lorsque l'on enlève la seringue de la bouteille ça fait

«

pshhhh

» (ouïe)). À la suite de cette explication, Ellen utilise l'idée qu'il y a de l'air dans la bouteille. Nous interprétons cette évolution par la sélection entre deux idées contradictoires pour une même situation (voir cadre théorique sur les idées). Nous pensons que les éléments responsables de cette évolution sont

l'explication d'Anne et les éléments perceptibles de l'expérience. Dans la question suivante, Ellen réutilise cette idée, ce que nous interprétons par une augmentation du domaine d'application de cette idée.

Tableau 7.55 : Évolution des idées sur le lien entre la quantité et le volume

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idée (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A	<i>Vaug Qaug</i> (P1A1Q1)	Nouveau lien entre deux idées	
A	<i>Vaug Qaug</i> (P1A1Q1, P1A1Q3macro, P2.2A1Qa, A1Q1 logiciel)	Augmentation du domaine d'application	Expériences
A	<i>Vdim Qid</i> (P1A1Q3micro)	Nouveau lien entre deux idées	Élève E et Expérience (seringue)
E	$V=Q$ (P1A1Q3micro)	Nouvelle idée	
E	$V \text{ diff } Q$ (P1A1Q3micro)	Distinction entre deux idées	Élève A
A&E	<i>VdimQid</i> (P1A2Q1S, P1A2Q1Q, P1A2Q2S, correcP1A2Q1)	Augmentation du domaine d'application	

Dans la question P1A1Q1, Anne utilise l'idée que la quantité varie comme le volume (*VaugQaug*). Elle va ensuite utiliser cette idée dans plusieurs situations de la séquence d'enseignement, ce que nous interprétons par une augmentation de son domaine d'application. Cependant, dans la question P1A1Q3micro, Anne va établir un nouveau lien entre la quantité et le volume (*VdimQid*). Nous supposons que cette évolution est due à deux éléments du milieu. Le premier est Ellen, qui lui signale que l'air à l'intérieur ne change pas lorsque l'on appuie sur le piston. Le second semble être l'expérience, puisqu'Anne est en train de comprimer de l'air dans une seringue. Toujours dans la question P1A1Q3micro, Ellen semble ne pas faire la différence entre le volume et la quantité. Au cours d'une discussion, Anne lui explique cette différence et il semble qu'à la suite de cette explication, Ellen fasse la distinction entre la quantité et le volume. Nous interprétons l'évolution d'Ellen par une distinction entre deux idées (voir cadre théorique) et nous pensons que cette évolution est due à l'explication d'Anne. Dans la suite de la séquence d'enseignement, Anne et Ellen utilisent l'idée *Vdim Qid* dans plusieurs situations, ce qui correspond à une augmentation de son domaine d'application. Cependant, nos données ne permettent pas d'identifier les éléments du milieu responsables de cette augmentation.

Tableau 7.56 : Évolution des idées sur le lien entre la quantité et le nombre de molécules

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idée (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A	$Q = \text{nbre de molécules}$ (P1A2Q1)	Nouveau lien entre deux idées	Feuille de TP (énoncé)
E	$Q = \text{nbre de molécules}$ (P1A2Q1)	Nouveau lien entre deux idées	Élève A

A	<i>Q</i> = <i>nbre de molécules</i> (P1A2Q1, P1A2Q1schéma, P1A2Q2schéma, P1A2Q3Q1schéma, correc P1A2Q1schéma, correc P1A1Q3micro, P1.2A1)	Augmentation du domaine d'application	Feuille de TP (énoncé)
A & E	Pas d'abstraction (P1A2Q1&2)		
A	Abstraction (Correction P1A2Q1, P1A3Q1&2, P1.2A1Q2)	augmentation domaine d'application	Professeur

Au cours de la question P1A2Q1 Anne établit un lien entre la quantité et le nombre de molécules. Nous pensons que cette évolution provient de l'énoncé qui demande de représenter avec des molécules une petite partie d'air. Au cours de cette question, Ellen établit aussi ce lien et nous pensons que cela provient de l'explication donnée par Anne. Par la suite, seule Anne va réutiliser cette idée dans plusieurs situations. Nous pensons que l'augmentation du domaine d'application de cette idée est due au fait que les énoncés des différentes questions demandent tous de représenter de l'air à l'aide des molécules sur un schéma. Outre le fait de représenter l'air par des molécules, Anne va réussir à faire une

«

abstraction

», qui consiste à isoler une petite partie d'air contenu dans une seringue et à évaluer le nombre de molécules présent dans cette partie lorsque l'on bouge la piston de la seringue. Cette

«

abstraction

» a été effectuée durant la correction de la question P1A2Q1, et il semble que l'explication de l'enseignante soit responsable de cette évolution. Anne va réutiliser ce raisonnement dans plusieurs questions de la séquence d'enseignement, augmentant son domaine d'application. Nous pensons que cette augmentation provient de la

«

ressemblance

» des situations proposées par ces questions.

Tableau 7.57 : Évolution des idées sur la répartition des gaz

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idee</i> (domaine d'application)	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>molécules se répartissent à un endroit</i> (P1A2Q1&2)	Augmentation du domaine d'application	Feuille de TP (dessin)
A & E	<i>molécules se répartissent partout</i> (P1A2Q3)	Nouvelle idée	Texte du modèle micro (Propriété G2)
A & E	<i>molécules se répartissent partout</i> (P1A2Q3,	Augmentation du	Feuille de TP (dessin)

	P1.2A1)	domaine d'application	
A	<i>molécules collées aux parois</i> (P1A2Q3)	Nouvelle idée	Texte du modèle micro (Propriété G2)
A	<i>molécules collées aux parois</i> (P1A2Q3, P2A2Qd)	Augmentation du domaine d'application	Autre élève

Dans la question P1A2Q1, Anne et Ellen représentent de manière spontanée les molécules regroupées à un endroit. Nous supposons que cette idée fait partie de leurs connaissances préalables, car elles ne semblent pas utiliser les éléments du milieu. Cette idée va être réutilisée dans une situation ayant des traits de surface très proches (représenter un schéma au niveau microscopique de l'air contenu dans une seringue). Il semble que l'augmentation du domaine d'application de cette idée soit due à la ressemblance des énoncés. La question P1A2Q3 demande de corriger les représentations en utilisant le modèle microscopique des gaz. Dans cette question Anne et Ellen représentent les molécules réparties partout. Nous pensons que l'utilisation de cette nouvelle idée semble provenir du texte du modèle, particulièrement de la propriété G2, qui précise que

«

les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert

». Cette idée est réutilisée dans une autre question, qui demande cette fois de représenter à l'aide des molécules le mélange de deux gaz.

Il est intéressant de voir qu'à partir de la même propriété G2 du modèle, il semble qu'Anne élabore l'idée *les molécules sont collées aux parois*. En effet, il semble qu'elle s'appuie sur la phrase du modèle «

les molécules sont très éloignées les unes des autres

», pour en déduire qu'elles sont collées aux parois. Anne va réutiliser cette idée dans une autre question, ce qui correspond à une augmentation de son domaine d'application. Il semble qu'Anne réutilise l'idée qui vient d'être employée par un autre élève au cours de la correction qui s'est déroulée juste auparavant. Nous pensons que l'augmentation du domaine d'application est due à l'intervention de cet autre élève.

Cette partie présente, dans un premier temps, les idées d'Anne et Ellen sur le lien entre la pression et le volume et dans un second temps différentes idées sur la pression.

Tableau 7.58 : Évolution du lien entre la pression et le volume

<u>Anne</u> et/ou <u>Ellen</u>	<i>Idée (domaine d'application)</i>	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>PdimVaug</i> (P2A2Qa)	Nouveau lien entre deux idées	Expérience (Seringue+ pressiomètre)
A	<i>PaugVaug</i> (P2A3Qb)	Nouveau lien entre deux idées	
A & E	<i>PaugVaug</i> (P2A3Qb, P2.2A1Qa)	Augmentation du domaine d'application	Élève E
A & E	<i>PdimVaug</i> (P2.2A1Ex1)		

Sélection entre deux idées contradictoires Expérience (Seringue+pressiomètre)

Au cours de la question P2A2Qa, qui demande la manière dont évolue la pression de l'air dans une seringue lorsque son volume augmente, Anne et Ellen établissent le lien entre l'augmentation du volume et la diminution de la pression (*PdimVaug*). Nous pensons que ce nouveau lien a été établi à partir de l'expérience mettant en jeu une seringue reliée à un pressiomètre. Dans la question P2A3Qb utilisant deux seringues de tailles différentes, Anne établit un nouveau lien entre la pression et le volume (*PaugVaug*). Ce nouveau lien sera proposé ensuite par Ellen au cours de la question P2.2A1Qa. Ce lien sera réutilisé par Anne, ce qui témoigne d'une augmentation de son domaine d'application. Nous pensons que cette augmentation provient essentiellement de la proposition d'Ellen. Au cours de la question P2.2A1Ex1, demandant de mesurer expérimentalement la pression de l'air contenu dans une seringue lorsque l'on fait varier son volume, Anne réalise que la pression diminue lorsque l'on augmente le volume d'une seringue. Nous interprétons cette évolution par une sélection entre deux idées contradictoires pour une même situation (voir l'évolution des idées dans notre cadre théorique). En effet, à la suite des mesures effectuées à l'aide du pressiomètre, Anne va choisir d'utiliser le lien *PdimVaug* à la place de *PaugVaug* utilisé précédemment. Nous pensons que cette évolution est due l'expérience et particulièrement à l'utilisation du pressiomètre et de la seringue.

Tableau 7.59 : Évolution des idées sur la pression

Anne et/ou Ellen	Idée (domaine d'application)	Type d'évolution	Éléments du milieu considérés comme responsables de l'évolution
A & E	<i>air agit</i> (P1A1Q2&3, P2A1Ex2Qa)	Nouvelle idée et augmentation du domaine d'application	Expérience (seringue)
A & E	<i>P aug action air aug</i> (P2A2Qb)	Nouveau lien entre deux idées	Modèle macro
A & E	<i>pression est homogène</i> (P2A2Qa)	Nouvelle idée	Modèle macro
A & E	<i>P sans action sur l'enceinte</i> (P2A2Ex1)	Nouvelle idée	Professeur
A & E	<i>PaugTaug</i> (P3A2Qb)	Nouveau lien entre deux idées	Expérience (seringue + pressiomètre)
A & E	<i>P chocs des molécules</i> (P2A2Qd, P2A2Qf, P2.2A2Qc)	nouvelle idée et augmentation du domaine d'application	Autres élèves et professeur

Au cours de la séquence, Anne et Ellen vont utiliser un certain nombre de nouvelles idées sur la pression. Tout d'abord, elles semblent établir que l'air agit dans plusieurs situations faisant appel uniquement à la seringue. Nous pensons que le fait de sentir (en passant par le toucher) l'action du gaz à travers le piston de la seringue, favorise la construction de cette nouvelle idée. De plus, Anne et Ellen établissent un nouveau lien entre la pression et l'action du gaz. En nous fondant sur leurs discussions, nous pensons que ce lien est établi à partir du modèle macroscopique, particulièrement à partir de la phrase

«

la

pression

du gaz rend compte de

l'action

de ce gaz sur toutes les parois du récipient

». À partir de leurs discussions durant la question P2A2Qa, nous pensons que la nouvelle idée sur

«

l'homogénéité

» de la pression provient du modèle macroscopique, et particulièrement de la phrase

«

les grandeurs température et

pression sont les mêmes partout

dans le récipient fermé

». Il semble que les idées qu'il y a une pression dans une seringue sans action dessus et que la pression est reliée aux chocs des molécules proviennent des remarques de l'enseignante. C'est pourquoi, nous supposons que l'élément du milieu responsable de ces nouvelles idées est l'enseignante. Pour terminer, il apparaît qu'Anne et Ellen établissent un lien entre la pression et la température à partir de l'expérience, notamment en chauffant avec un sèche cheveux une seringue reliée à un pressiomètre. Nous pensons que l'élément du milieu responsable de ce nouveau lien est cette expérience.

Cette partie propose de conclure sur le rôle que jouent les éléments du milieu dans l'évolution des idées des élèves. Compte tenu de nos hypothèses adoptées sur l'apprentissage, nous considérons que l'évolution des idées dépend des connaissances initiales des élèves et des éléments du milieu avec lesquels ils interagissent. Il est évident que l'apprentissage est beaucoup plus complexe que le modèle que nous proposons et qu'il dépend d'un nombre de facteurs plus importants. Néanmoins, nous proposons de conclure sur le rôle des éléments du milieu en gardant à l'esprit que d'autres facteurs sont probablement intervenus. Nous présentons séparément les rôles des échanges entre les individus, des expériences et des supports didactiques. Cependant, nous considérons que plusieurs éléments peuvent jouer simultanément un rôle sur l'évolution des idées des élèves.

Nous présentons l'analyse du rôle des échanges entre les individus en faisant la distinction entre le rôle des élèves travaillant en groupe, celui des interventions du professeur et celui des autres élèves de la classe.

Au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz, Anne et Ellen ont été amenées à travailler ensemble durant les TP et par groupe de quatre avec Marie et Adèle durant les cours en classe entière. Durant l'enseignement, les échanges entre ces élèves ont été très nombreux. À ce propos, il semble que les explications d'Anne aient permis à Ellen de construire un certain nombre d'idées

«

correctes

» du point de vue de la physique, notamment d'établir le lien entre la quantité et le nombre de molécules, de construire la présence de l'air dans une enceinte ouverte, ainsi que de faire la distinction entre le volume et la quantité. Cependant, toujours à la suite des explications d'Anne, Ellen a adopté une définition du mot macroscopique

«

erronée

» du point de vue de la physique, entraînant certaines difficultés pour répondre à quelques questions. Dans l'ensemble, l'apport d'Anne a été bénéfique pour Ellen, précisons qu'il a été, la plupart du temps, simultanément conforté par les expériences. L'apport d'Ellen au niveau des idées d'Anne semble moins important, cependant elle est à la base du nouveau lien entre la quantité et le volume. Il est intéressant d'observer que, pour ce lien, Anne et Ellen se sont aidées mutuellement. Ellen a aussi contribué à ce qu'Anne réutilise le lien

«

erroné

» du point de vue de la physique, qui relie l'augmentation de la pression avec celle du volume. Cependant ce lien a été

«

corrigé

» au cours d'une expérience utilisant un pressiomètre. Durant le travail en groupe de quatre, il semble que Marie ait contribué à ce qu'Anne emploie les mots gaz et air pour désigner la même chose (l'air contenu dans une seringue). En conclusion, il apparaît que les échanges entre les élèves ont eu un rôle important et le plus souvent bénéfique sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen durant l'enseignement.

Durant l'enseignement Anne et Ellen vont réutiliser certaines idées de l'enseignante, notamment, le lien reliant la pression avec les chocs des molécules, ainsi que la définition du mot macroscopique. De plus, Anne reprendra

«

l'abstraction

» expliquée par l'enseignante (voir l'analyse des aspects particuliers). Il est intéressant d'observer que ces idées sont apparues lorsque l'enseignante s'adressait à toute la classe : soit au cours de la correction au tableau pour l'abstraction et le lien entre la pression et les chocs des molécules, soit après qu'elle ait constaté une difficulté en passant dans les différents groupes d'élèves, pour la définition du mot macroscopique.

La correction est faite par l'enseignante en interrogeant certains élèves, puis en discutant les réponses avec le reste de la classe. Il apparaît qu'Anne et Ellen vont réutiliser certaines idées émises par les élèves interrogés durant la correction, notamment le lien entre la pression et les chocs des molécules et qu'Anne reprend l'idée des molécules concentrées sur les parois.

Durant l'enseignement, les élèves sont amenés à réaliser différentes expériences sur les gaz, nous présentons le rôle des expériences

«

simples

» (c'est-à-dire sans appareil de mesure) et celui des expériences utilisant le pressiomètre.

Il semble que les expériences utilisant la seringue sans le pressiomètre ont contribué à l'évolution de plusieurs idées d'Anne et Ellen. En effet, nous pensons que le fait de pouvoir percevoir indirectement l'air contenu dans la seringue en passant par le toucher a joué un rôle dans l'élargissement de la définition du mot macroscopique ainsi que dans la construction de l'idée que l'air agit. Cependant, il est apparu que cette expérience favorise aussi l'utilisation du mot pression comme l'action de pousser, ce qui ne correspond pas à la définition de la grandeur pression en physique. Il semble que la seringue a aussi joué un rôle lorsqu'Anne et Ellen ont établi la relation entre le volume et la quantité. Cependant, nous ne pouvons pas préciser les éléments perceptibles qui ont joué. Nous pensons que l'expérience, utilisant une seringue et une bouteille remplie d'air, a joué un rôle important pour Ellen lors de la construction de la présence de l'air dans une enceinte. En effet, pour convaincre Ellen de la présence de l'air dans la bouteille, Anne s'est appuyée sur des éléments perceptibles, notamment sur le fait que le piston remonte (vue) et que lorsque l'on enlève la seringue on entend un bruit :

«

pshhhh

» (ouïe). En conclusion, il semble que les expériences

«

simples

» de la séquence ont permis à Anne et Ellen de construire, à partir d'éléments perceptibles, plusieurs idées correctes du point de vue de la physique. Cependant, l'expérience de la seringue semble aussi favoriser l'utilisation du mot pression avec la signification de l'action de pousser.

Les expériences utilisant un pressiomètre semblent favoriser pour Anne et Ellen l'utilisation du mot pression avec le sens d'une grandeur. De plus, ces expériences ont permis d'établir des liens entre la pression et le volume d'une part, et entre la pression et la température d'autre part. Il est particulièrement intéressant de voir

que l'expérience quantitative utilisant une seringue et un pressiomètre a permis à Anne et Ellen de modifier un lien

«

erroné

» du point de vue de la physique, entre la pression et le volume. En conclusion, les expériences utilisant le pressiomètre et bien sûr les questions associées (comme nous le verrons ci-dessous), semblent favoriser, chez ces élèves, l'émergence d'idées correctes du point de vue de la physique

Durant l'enseignement, les élèves sont amenés à utiliser différents supports didactiques. Nous présentons l'influence de ces différents supports sur l'évolution des idées, notamment le rôle que jouent la feuille de TP, le texte du modèle, la correction au tableau et le simulateur.

Il semble que les énoncés des feuilles de TP jouent un rôle sur le sens qu'Anne et Ellen donnent à certains mots. En effet, il apparaît que les énoncés demandant de mesurer la pression semblent favoriser l'utilisation du mot pression avec la signification d'une grandeur mesurable. De même, les énoncés utilisant simultanément les mots air et gaz semblent favoriser le fait qu'Anne attribue à ces deux mots le même sens. De plus, Anne et Ellen utilisent les molécules presque uniquement dans les questions demandant explicitement de les employer. C'est pourquoi, nous supposons que les énoncés conditionnent, en grande partie, l'utilisation d'Anne et Ellen des idées sur les molécules au cours de l'enseignement. Il semble que l'énoncé de la question P1A2Q1, utilisant deux registres sémiotiques, a permis à Anne d'établir le lien entre la quantité et le nombre de molécules.

De nombreuses questions de l'enseignement utilisent des registres sémiotiques différents (langue naturelle, schéma, formule, tableau de valeur...), nous avons pu notamment observer les difficultés d'Anne et Ellen lors de l'utilisation des valeurs de la pression et du volume dans un tableau, afin de déterminer parmi plusieurs formules, celle qui permet de rendre compte de ces deux grandeurs (voir question P2.2A1Qc). À travers les productions écrites d'Anne et Ellen, nous avons observé qu'elles établissaient certains liens entre des représentations appartenant à des registres sémiotiques différents. Cependant, nous n'avons jamais réussi à établir de lien entre l'évolution des idées d'Anne et Ellen et la mise en relation de registres sémiotiques différents.

La séquence d'enseignement utilise deux modèles différents, le premier donne une interprétation microscopique des gaz et le second s'appuie sur des grandeurs macroscopiques pour rendre compte de l'état d'un gaz. Nous présentons le rôle de ces modèles dans l'évolution des idées d'Anne et Ellen.

Au cours de l'enseignement Anne et Ellen construisent l'idée que la répartition des molécules est homogène. Il semble que le modèle microscopique a joué un rôle important dans cette construction, particulièrement la propriété G2, spécifiant que

«

les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides

». Nous avons aussi observé qu'Anne utilise l'idée que les molécules sont concentrées sur les parois. Il semble qu'Anne a élaboré cette idée en s'appuyant sur la propriété G2 du modèle microscopique des gaz. Il est intéressant de voir qu'à partir de la même propriété de ce modèle, Anne va construire deux idées différentes, l'une sera correcte du point de vue de la physique, l'autre pas.

Au cours de l'enseignement, Anne et Ellen utilisent notamment que la pression est homogène et qu'elle est reliée à l'action du gaz. Il semble que ces deux idées proviennent du modèle macroscopique des gaz. Ceci montre l'influence de ce modèle sur les idées d'Anne et Ellen à propos de la pression.

Au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz, l'enseignante fait surtout des corrections orales, en discutant les réponses de certains élèves avec le reste de la classe. Cependant, quelques corrections sont faites au tableau, elle envoie notamment des élèves écrire leurs réponses au tableau. Il ne semble pas que les corrections écrites au tableau jouent un rôle sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen. En effet, Anne et Ellen ne semblent pas réutiliser des éléments provenant de la correction au tableau.

Au cours de la séquence d'enseignement, les élèves ont utilisé un logiciel de simulation des gaz, qui permet en agissant sur les grandeurs macroscopiques de voir les effets au niveau microscopique. Cette partie s'est déroulée à la fin de la séquence pendant une dizaine de minutes. Durant l'utilisation de ce logiciel, il semble qu'Anne et Ellen ne parlent que des grandeurs macroscopiques et qu'elles n'utilisent à aucun moment les éléments microscopiques du modèle (mouvement, chocs...). Durant son utilisation, il semble que le logiciel n'influence pas les idées sur le comportement des molécules. En revanche, il semble contribuer en partie au lien établi par Anne entre la quantité et le volume. Compte tenu du temps d'utilisation par les élèves de ce logiciel, il nous est impossible de conclure sur son influence.

Dans cette partie, nous avons présenté l'influence que pouvaient avoir les différents éléments du milieu sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen. Il apparaît que les mêmes éléments du milieu peuvent avoir des rôles très différents dans l'évolution des idées d'Anne et Ellen. De plus, le même élément du milieu peut donner lieu à l'évolution d'idées différentes chez la même élève (voir rôle du modèle pour Anne). Nous tenons à conclure sur le fait que la plupart des évolutions importantes au niveau des idées d'Anne et Ellen (comme l'évolution du lien entre la quantité et le volume ou de la présence de l'air dans une enceinte), semble dépendre simultanément de plusieurs éléments du milieu. Comme, par exemple, lors de l'évolution de l'idée d'Ellen sur la présence de l'air dans une enceinte, nous avons vu que ce sont les explications d'Anne et l'expérience, qui semblent être responsables de cette évolution.

Conclusion

Notre étude s'est intéressée au rôle que joue un enseignement à propos des gaz sur l'apprentissage des élèves de Seconde. Notre travail a adopté un certain nombre d'hypothèses sur l'apprentissage, qui sont issues de travaux en psychologie se situant dans le courant du socio-constructiviste. En partant de travaux sur le fonctionnement du savoir en physique, nous avons adopté l'hypothèse qu'apprendre revient à établir des liens, qui peuvent être de différentes natures. Parmi les nombreux liens qui peuvent être établis, deux nous semblent importants dans le cadre de l'apprentissage de la physique : le premier consiste à établir des relations entre les connaissances du monde des objets et des événements, et celles du monde des théories et des modèles et le second consiste à établir des relations entre les représentations d'un concept provenant de registres sémiotiques différents. De plus, nous avons adopté plusieurs hypothèses sur les raisonnements des élèves, à partir de travaux didactiques sur la causalité et sur les conceptions des élèves sur les gaz. Après avoir défini les différentes hypothèses que nous avons adoptées sur l'apprentissage, nous nous sommes intéressés à plusieurs travaux didactiques proposant des modélisations de l'apprentissage. En nous inspirant des travaux de Minstrell (1992) et de Balacheff (1999), nous avons développé un modèle *les idées*, que nous avons caractérisée en précisant : la manière de les reconstruire, le grain d'analyse auxquels elles correspondent, leurs fonctionnements (caractère contradictoire et domaine d'application), ainsi que leurs stabilités dans le temps et à travers les situations. De plus, nous avons envisagé différents types d'évolutions en termes de liens. Après avoir défini un modèle permettant de rendre compte de certaines formes de l'apprentissage, nous avons décidé d'adopter la notion de milieu pour modéliser les situations d'enseignement. Parmi les différents éléments présents dans les situations d'enseignement, nous avons sélectionné d'après nos hypothèses, les éléments susceptibles de jouer un rôle dans l'apprentissage des élèves. Pour apprendre, l'élève interagit avec les éléments du milieu, qui sont les autres individus (binôme, professeur, autres élèves), les expériences et les supports didactiques (feuille de TP, texte du modèle, logiciel...).

L'utilisation *des idées* pour décrire l'apprentissage et *du milieu* pour rendre compte des situations d'enseignement, nous a permis de préciser notre problématique, qui se centre sur le rôle des éléments du milieu dans l'évolution des idées des élèves. Cette problématique nous a permis de formuler un certain nombre de questions sur la manière dont évoluent les idées des élèves durant l'enseignement, ainsi que sur les différents facteurs responsables de cette évolution. Parmi les nombreux facteurs, nous nous sommes interrogés sur le rôle des situations d'enseignement, particulièrement sur l'influence des échanges entre les individus, des expériences et des supports didactiques.

Afin de répondre à nos interrogations sur le rôle des éléments du milieu, nous avons fait le choix d'étudier

«

finement

» dans une classe réelle certains élèves en train de suivre un enseignement sur les gaz. Nous supposons que l'évolution des connaissances à long terme dépend de microchangements intervenus à court terme, c'est pourquoi, nous avons décidé de suivre l'évolution des idées des élèves pendant l'enseignement, mais aussi d'étudier l'évolution de leurs idées avant et après l'enseignement. Par ailleurs, nous avons essayé de situer l'évolution de ces élèves par rapport aux autres élèves de leur classe, puis nous avons étudié

«

globalement

» l'évolution cette classe par rapport à deux autres classes ayant suivi quasiment le même enseignement. Concrètement, pour l'étude

«

globale

», nous avons fait passer un questionnaire de trente minutes, dans trois classes de Seconde, ce qui représente en tout **95** élèves interrogés avant l'enseignement et **86** élèves interrogés après. Pour l'étude

«

fine

», nous avons fait passer un entretien filmé de trente minutes à **8** élèves de la même classe, avant et après l'enseignement sur les gaz. Nous avons filmé et recueilli les productions écrites des **8** élèves, ayant passé l'entretien, durant la totalité de l'enseignement sur les gaz. Nous avons analysé la totalité des questionnaires recueillies dans les trois classes. Pour des raisons de temps, nous avons fait le choix de nous limiter à l'analyse de deux d'élèves. Le choix de ce groupe d'élèves s'est fondé sur leur forte participation au cours de l'enseignement, ainsi que sur leur niveau moyen en physique (selon l'enseignante) les situant au même niveau que la plupart des élèves de leur classe. L'analyse des réponses des élèves sur les trois classes s'est basée sur des catégories définies à partir des travaux sur les conceptions. Pour chacune de ces catégories, nous avons défini des critères lexicaux, qui nous ont permis de reproduire à moins de 5 % près cette analyse sur la plupart des situations proposées par le questionnaire. L'analyse des données recueillies sur les deux élèves s'est fondée sur la reconstruction des idées à partir des unités de sens en contexte. L'utilisation des idées nous a permis d'analyser chaque donnée de manière indépendante. Nous avons, dans un premier temps, essayé de déterminer la stabilité des idées à travers les situations du questionnaire et de l'entretien proposés avant l'enseignement, puis, dans un second temps, nous avons essayé de déterminer la stabilité des idées à travers les situations du questionnaire et de l'entretien proposés après l'enseignement. Dans un troisième temps, l'étude a porté sur la stabilité de ces idées dans le temps en comparant les idées reconstruites à partir des données recueillies avant l'enseignement avec celles recueillies après. Après cette première analyse, nous avons reconstruit les idées des élèves à partir des données recueillies pendant l'enseignement sur les gaz, en essayant d'identifier les éléments du milieu responsables de l'évolution des idées. Pour finir, dans cette conclusion, nous comparons l'évolution des idées reconstruites à partir des données avant/après, avec l'évolution des idées reconstruites à partir des données recueillies pendant l'enseignement.

Avant de commencer l'analyse de nos données, nous avons fait une analyse a priori des connaissances des élèves et de la séquence d'enseignement, qui a été élaborée au sein d'un groupe de recherche et développement. Nous avons fait une analyse a priori des connaissances préalables des élèves en fonction de différents aspects de l'apprentissage des concepts liés aux gaz. Ces différents aspects (sens des mots, aspect particulière, présence des gaz, répartition des gaz, action des gaz et lourdeur) nous ont servi de base pour définir nos catégories nous permettant d'étudier l'évolution des connaissances des élèves. Nous avons ensuite analysé la séquence d'enseignement de différents points de vue. Les résultats de cette analyse nous serviront de base pour étudier le rôle des éléments du milieu sur l'évolution des idées des élèves.

Nous avons élaboré, à partir des travaux didactiques sur les gaz, un questionnaire mettant en jeu autant que possible des situations de la vie quotidienne. Le grain d'analyse du questionnaire sur les trois classes n'est pas assez fin pour utiliser les idées, néanmoins nous avons utilisé nos catégories sur les différents aspects des gaz. Notre analyse montre, qu'après l'enseignement, environ 70 % des élèves utilisent les molécules pour représenter les gaz. Cependant, il s'avère que seulement 20 % d'élèves les utilisent dans leurs explications. Concernant la répartition des gaz dans une enceinte, on trouve qu'avant l'enseignement environ 30 % des élèves dessinent les gaz avec une répartition non homogène. De plus, nos résultats montrent que cette répartition semble dépendre de l'endroit où agit le gaz. À l'issue de l'enseignement, 70 % des élèves

représentent le gaz réparti de manière homogène sur tout l'espace disponible et seulement 15 % continuent à le dessiner avec une répartition inhomogène. Concernant l'action des gaz, avant l'enseignement, seulement 27 % des élèves considèrent que le gaz agit sur toutes les parois d'une pompe à vélo. Ce résultat passe à 70 % après l'enseignement. Concernant le caractère pesant des gaz, malgré une augmentation du nombre d'explications utilisant le fait que le gaz pèse à la suite de l'enseignement, seulement 35 % des élèves l'utilisent pour la situation du ballon de foot et 50 % pour le verre de coca.

Les réponses des élèves de la classe étudiées finement aux différentes questions sont relativement proches des réponses des élèves des deux autres classes. L'écart des réponses entre cette classe et les deux autres est de 10 % à 20 % suivant les questions.

Dans le cas précis des deux élèves observées, le domaine d'application de la plupart de leurs idées initiales, correct du point de vue de la physique, augmente après l'enseignement. Nos résultats montrent qu'Anne a beaucoup plus d'idées sur les gaz qu'Ellen avant l'enseignement. En outre, Anne construit de nouvelles idées sur le comportement des molécules (chocs, vitesses) qui sont correctes du point de vue de la physique, mais elle les utilisera de manière incorrecte pour interpréter l'action du gaz, notamment à travers les molécules qui se concentrent sur les parois. Par ailleurs, elle continue à utiliser, pour les mêmes situations, certaines idées sur la présence des gaz (notamment l'apparition des gaz dans une enceinte fermée), qui sont erronées du point de vue de la physique. Ellen va développer, à la suite de l'enseignement, l'idée que le gaz chaud se répartit en haut, ce qui est incorrect du point de vue de la physique. Cependant, Ellen construit aussi plusieurs idées adaptées (du point de vue de la physique) pour décrire l'action du gaz. Elle établit notamment le lien entre la variation de la pression et l'action du gaz. En outre, elle utilise les chocs des molécules pour décrire l'action du gaz que l'on comprime dans une pompe à vélo, ainsi que pour différents gaz contenus dans des ballons de baudruche. Ces deux situations ont des traits de surface très différents, ce qui témoigne d'une certaine stabilité de cette idée.

Lorsque l'on compare les réponses d'Anne et Ellen avec celles des autres élèves de leur classe après l'enseignement, il apparaît qu'elles répondent comme la majorité des élèves dans la plupart des situations. En effet, elles représentent les gaz par des traits discontinus qui de surcroît sont répartis partout. Concernant l'action de l'air dans une pompe à vélo, elles répondent comme la majorité des autres élèves de la classe, en expliquant que l'air agit sur toutes les parois dans les deux situations (pompe sans action, pompe avec action). Dans la situation mettant en jeu des balles de ping-pong jetées dans de l'eau chaude, Ellen répond comme la plupart des élèves de sa classe, et en plus elle utilise les molécules. Il est intéressant de remarquer que dans la situation du ballon de baudruche posé sur une bouteille que l'on chauffe, Anne et Ellen ne répondent pas comme la plupart des élèves de la classe. En effet, elles représentent le gaz réparti à un endroit (molécules sur les parois pour Anne et gaz en haut pour Ellen). De plus, Anne explique qu'il y a une apparition de gaz qui va gonfler le ballon et Ellen que de l'air rentre dans le ballon. Anne est la seule à avancer l'explication

«

les molécules sont collées aux parois de la pompe à vélo

». De plus, elle fait partie des rares élèves à interpréter le fait que la balle de ping-pong trouée va retrouver sa forme normale grâce au gaz qui rentre à l'intérieur pour la gonfler.

Nous proposons de conclure sur le rôle que jouent les éléments du milieu sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen durant l'enseignement. Nous présentons séparément le rôle de chacun des éléments (échanges entre les individus, expériences et supports didactiques) ; cependant, comme le montrent nos résultats, il est fréquent que plusieurs éléments jouent simultanément un rôle sur l'évolution des idées des élèves.

Nous présentons nos résultats sur le rôle des échanges entre les individus en faisant la distinction entre les élèves travaillant en groupes, le professeur et les autres élèves de la classe.

Au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz, Anne et Ellen ont eu de nombreux échanges à propos des gaz. Il semble que les explications d'Anne aient permis à Ellen de construire un certain nombre d'idées

«

correctes

» du point de vue de la physique, notamment d'établir le lien entre la quantité et le nombre de molécules, de construire la présence de l'air dans une enceinte ouverte, ainsi que de faire la distinction entre le volume et la quantité. Cependant, toujours à la suite des explications d'Anne, Ellen a adopté une définition du mot macroscopique

«

erronée

» du point de vue de la physique, entraînant des difficultés pour répondre à certaines questions. Dans l'ensemble, l'apport d'Anne a été bénéfique pour Ellen, précisons qu'il a été, la plupart du temps, simultanément conforté par les expériences. L'apport d'Ellen au niveau des idées d'Anne semble moins important, cependant elle est à la base du nouveau lien entre la quantité et le volume. Il est intéressant d'observer que, pour ce lien, Anne et Ellen se sont aidées mutuellement. Ellen a aussi contribué à ce qu'Anne réutilise le lien

«

erroné

» du point de vue de la physique, qui relie l'augmentation de la pression avec celle du volume. Cependant ce lien a été

«

corrigé

» au cours d'une expérience utilisant un pressiomètre. Durant le travail en groupe de quatre, il semble que Marie ait contribué à ce qu'Anne emploie les mots gaz et air pour désigner la même chose (l'air contenu dans

une seringue). En conclusion, il apparaît que les échanges entre les élèves ont eu un rôle important et le plus souvent bénéfique sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen durant l'enseignement.

Durant l'enseignement, Anne et Ellen vont réutiliser certaines idées de l'enseignante, notamment, le lien reliant la pression avec les chocs des molécules, ainsi que la définition du mot macroscopique. De plus, Anne reprendra

«

l'abstraction

» expliquée par l'enseignante (voir l'analyse des aspects particuliers). Il est intéressant d'observer que ces idées sont apparues lorsque l'enseignante s'adressait à toute la classe : soit au cours de la correction au tableau pour l'abstraction, le lien entre la pression et les chocs des molécules, soit après qu'elle a constaté une difficulté en circulant parmi les différents groupes d'élèves, pour la définition du mot macroscopique.

La correction est faite par l'enseignante en interrogeant certains élèves, puis en discutant les réponses avec le reste de la classe. Il apparaît qu'Anne et Ellen vont réutiliser certaines idées émises par les élèves interrogés durant la correction, notamment le lien entre la pression et les chocs des molécules et qu'Anne reprend l'idée des molécules concentrées sur les parois.

Durant l'enseignement, les élèves sont amenés à réaliser différentes expériences sur les gaz, nous présentons le rôle des expériences

«

simples

» (c'est-à-dire sans appareil de mesure) et celui des expériences utilisant le pressiomètre.

Il semble que les expériences utilisant la seringue sans le pressiomètre ont contribué à l'évolution de plusieurs idées d'Anne et Ellen. En effet, nous pensons que le fait de pouvoir percevoir indirectement l'air contenu dans la seringue en passant par le toucher a joué un rôle dans l'élargissement de la définition du mot macroscopique ainsi que dans la construction de l'idée que l'air agit. Cependant, il est apparu que cette expérience favorise aussi l'utilisation du mot pression comme l'action de pousser, ce qui ne correspond pas à la définition de la grandeur pression en physique. Il semble que la seringue a aussi joué un rôle lorsqu'Anne et Ellen ont établi la relation entre le volume et la quantité. Cependant, nous ne pouvons pas préciser les éléments perceptibles qui ont joué. Nous pensons que l'expérience, utilisant une seringue et une bouteille remplie d'air, a joué un rôle important pour Ellen lors de la construction de la présence de l'air dans une enceinte. En effet, pour convaincre Ellen de la présence de l'air dans la bouteille, Anne s'est appuyée sur des éléments perceptibles, notamment sur le fait que le piston remonte (solicitation de la vue) et que lorsque l'on enlève la seringue on entend un bruit :

«

pshhhh

» (solicitation de l'ouïe). En conclusion, il semble que les expériences

«

simples

» de la séquence ont permis à Anne et Ellen de construire, à partir d'éléments perceptibles, plusieurs idées correctes du point de vue de la physique. Cependant, l'expérience de la seringue semble aussi favoriser l'utilisation du mot pression avec la signification de l'action de pousser.

Les expériences utilisant un pressiomètre semblent favoriser pour Anne et Ellen l'utilisation du mot pression avec le sens d'une grandeur. De plus, ces expériences ont permis d'établir des liens entre la pression et le volume d'une part, et entre la pression et la température d'autre part. Il est particulièrement intéressant de voir que l'expérience quantitative utilisant une seringue et un pressiomètre a permis à Anne et Ellen de modifier un lien

«

erroné

» du point de vue de la physique, entre la pression et le volume. En conclusion, les expériences utilisant le pressiomètre et bien sûr les questions associées (comme nous le verrons ci-dessous), semblent favoriser, chez ces élèves, l'émergence d'idées correctes du point de vue de la physique

Durant l'enseignement, les élèves sont amenés à utiliser différents supports didactiques. Nous présentons l'influence de ces différents supports sur l'évolution des idées, notamment le rôle que jouent la feuille de TP, le texte du modèle, la correction au tableau et le simulateur.

Il semble que les énoncés des feuilles de TP jouent un rôle sur le sens qu'Anne et Ellen donnent à certains mots. En effet, il apparaît que les énoncés demandant de mesurer la pression semblent favoriser l'utilisation du mot pression avec la signification d'une grandeur mesurable. De même, les énoncés utilisant simultanément les mots air et gaz semblent favoriser le fait qu'Anne attribue à ces deux mots le même sens. De plus, on remarque aussi qu'Anne et Ellen utilisent les molécules presque uniquement dans les questions demandant explicitement de les employer. C'est pourquoi, nous supposons que les énoncés conditionnent, en grande partie, l'utilisation d'Anne et Ellen des idées sur les molécules au cours de l'enseignement. Il semble que l'énoncé de la question P1A2Q1, utilisant deux registres sémiotiques, a permis à Anne d'établir le lien entre la quantité et le nombre de molécules.

De nombreuses questions de l'enseignement utilisent des registres sémiotiques différents (langue naturelle, schéma, formule, tableau de valeurs...). Lorsqu'il s'agit d'utiliser les valeurs de la pression et du volume dans un tableau, nous avons pu remarquer qu'elles ont du mal à déterminer parmi plusieurs formules, celle qui

permet de rendre compte de la variation de ces deux grandeurs (voir question P2.2A1Qc). À travers les productions écrites d'Anne et Ellen, nous avons observé qu'elles établissaient certains liens entre des représentations appartenant à des registres sémiotiques différents. Cependant, nous n'avons jamais réussi à établir de lien entre l'évolution des idées d'Anne et Ellen et la mise en relation de registres sémiotiques différents.

La séquence d'enseignement utilise deux modèles différents, le premier donne une interprétation microscopique des gaz et le second s'appuie sur des grandeurs macroscopiques pour rendre compte de l'état d'un gaz. Nous présentons le rôle de ces modèles dans l'évolution des idées d'Anne et Ellen.

Au cours de l'enseignement Anne et Ellen construisent l'idée que la répartition des molécules est homogène. Il semble que le modèle microscopique a joué un rôle important dans cette construction, particulièrement la propriété G2, spécifiant que

«

les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides

». Nous avons aussi observé qu'Anne utilise l'idée que les molécules sont concentrées sur les parois. Il semble qu'Anne a élaboré cette idée en s'appuyant sur la propriété G2 du modèle microscopique des gaz. Il est intéressant de voir qu'à partir de la même propriété de ce modèle, Anne va construire deux idées différentes, l'une sera correcte du point de vue de la physique, l'autre pas.

Au cours de l'enseignement, Anne et Ellen utilisent notamment que la pression est homogène et qu'elle est reliée à l'action du gaz. Il semble que ces deux idées proviennent du modèle macroscopique des gaz. Ceci montre l'influence de ce modèle sur les idées d'Anne et Ellen à propos de la pression.

Au cours de la séquence d'enseignement sur les gaz, l'enseignante fait surtout des corrections orales, en discutant les réponses de certains élèves avec le reste de la classe. Cependant, quelques éléments de corrections sont inscrits au tableau, sur lequel elle demande à certains élèves d'aller inscrire leurs réponses. Il ne semble pas que les corrections écrites au tableau jouent un rôle sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen. En effet, Anne et Ellen ne semblent pas réutiliser des éléments provenant de la correction au tableau.

Au cours de la séquence d'enseignement, les élèves ont utilisé un logiciel de simulation des gaz, qui permet en agissant sur les grandeurs macroscopiques de voir les effets au niveau microscopique. Cette partie s'est déroulée à la fin de la séquence pendant une dizaine de minutes. Durant l'utilisation de ce logiciel, il semble qu'Anne et Ellen ne parlent que des grandeurs macroscopiques et qu'elles n'utilisent à aucun moment les éléments microscopiques du modèle (mouvement, chocs...). Durant son utilisation, il semble que le logiciel n'influence pas les idées sur le comportement des molécules. En revanche, il semble contribuer en partie au lien établi par Anne entre la quantité et le volume. Compte tenu du temps d'utilisation par les élèves de ce

logiciel, il nous est impossible de conclure sur son influence.

Pour terminer sur le rôle que jouent les éléments du milieu sur l'évolution des idées d'Anne et Ellen, il apparaît que les mêmes éléments du milieu peuvent avoir des rôles très différents dans l'évolution des idées respectives d'Anne et Ellen. Par ailleurs, le même élément du milieu peut donner lieu à des évolutions différentes des idées pour le même élève (voir rôle du modèle pour Anne). Nous tenons à rappeler que la plupart des évolutions importantes au niveau des idées d'Anne et Ellen (comme l'évolution du lien entre la quantité et le volume ou de la présence de l'air dans une enceinte), semble dépendre simultanément de plusieurs éléments du milieu. Comme, par exemple, lors de l'évolution de l'idée d'Ellen sur la présence de l'air dans une enceinte, nous avons vu que ce sont probablement les explications d'Anne et l'expérience qui ont contribué simultanément à cette évolution.

La comparaison des données (questionnaire et entretien) recueillies avant et après l'enseignement avec les données (vidéo de classe et productions écrites des élèves) recueillies pendant, permet de montrer que certaines évolutions se retrouvent dans l'ensemble de ces données, alors que d'autres n'apparaissent que pour un type de donnée. Pour les évolutions se retrouvant dans l'ensemble des données, nous essaierons de voir s'il est possible de déterminer les éléments du milieu responsables de cette évolution ainsi que le rôle que jouent les connaissances initiales des élèves. Nous présentons cette comparaison en fonction de nos catégories sur les différents aspects des gaz.

L'analyse des données recueillies avant et après l'enseignement montre pour Anne une augmentation du domaine d'application de l'idée (1) *pression = action de pousser* et pour Ellen l'utilisation d'une nouvelle idée (2) *pression = grandeur*. Ces évolutions sont retrouvées dans les données recueillies pendant l'enseignement. En effet, il apparaît qu'Anne et Ellen utilisent ces deux idées et que leur domaine d'application augmente au cours de l'enseignement. Il semble que la seconde idée soit construite par Anne et Ellen grâce à l'utilisation du pressiomètre et de l'énoncé demandant de mesurer la pression. Après l'enseignement, Anne utilise la première idée, alors qu'Ellen utilise la seconde. Nous pensons que l'idée 1 fait partie des connaissances initiales d'Anne, puisqu'elle l'utilise déjà avant l'enseignement. Cette idée possède pour Anne un domaine d'application (si l'on comptabilise les situations avant l'enseignement et pendant l'enseignement) plus important que l'idée 2. En revanche, Ellen n'utilise aucune de ces deux idées avant l'enseignement, donc pour elle, l'idée 2 a un domaine d'application plus important que l'idée 1. Ceci peut expliquer qu'Ellen utilise l'idée 2 après l'enseignement, alors qu'Anne utilise l'idée 1.

Durant l'enseignement Anne et Ellen construisent une nouvelle idée (*macroscopique = ce que l'on perçoit*). L'émergence de cette idée semble provenir de la définition donnée par l'enseignante. De plus, l'idée *macroscopique = ce qu'on voit* semble faire partir des connaissances initiales d'Anne, alors qu'il semble qu'Ellen l'ait construite à partir de la définition qu'Anne lui a donnée durant l'enseignement.

À partir des données recueillies avant et après l'enseignement, il apparaît que pour Anne et Ellen le domaine d'application de l'idée *gaz est composé de molécules* augmente et que de nouvelles idées apparaissent sur le comportement des molécules (chocs des molécules, molécules accélèrent...). L'ensemble de ces évolutions apparaît aussi durant l'enseignement. En effet, on trouve qu'Anne et Ellen augmentent le domaine d'application de l'idée *gaz est composé de molécules* et qu'elles construisent de nouvelles idées sur le comportement des molécules. Il semble que l'augmentation du domaine d'application soit fortement

conditionnée par l'énoncé des questions, qui demande de faire appel aux molécules pour interpréter les situations. Par ailleurs, les nouvelles idées sur le comportement des molécules semblent toutes provenir de la séquence d'enseignement. Cependant, leur construction dépend à chaque fois d'éléments différents du milieu.

À partir des données recueillies avant et après l'enseignement, il apparaît que pour Anne et Ellen le domaine d'application de l'idée *gaz est présent partout* augmente. De plus, les idées reliant la variation de température à l'apparition ou la disparition de gaz dans une enceinte fermée sont utilisées par Anne pratiquement dans les mêmes situations avant et après l'enseignement. De plus, Anne utilise avant l'enseignement, que la quantité varie comme le volume et à la suite de l'enseignement, Anne relie la quantité au nombre de molécules. La plupart de ces évolutions sont retrouvées durant l'enseignement. Il apparaît qu'Ellen construit que l'air est présent dans une bouteille ouverte, ce qui pourrait peut-être expliquer l'évolution du domaine d'application de l'idée *gaz est présent partout* après l'enseignement. Anne va relier la quantité au nombre de molécules durant l'enseignement, ce qui peut expliquer pourquoi cette idée est réutilisée après l'enseignement. En revanche les idées sur l'apparition ou la disparition de l'air n'apparaissent à aucun moment durant la séquence, ce qui explique peut-être le fait qu'elles n'évoluent quasiment pas. De plus, la séquence d'enseignement montre une évolution qui n'apparaît pas dans les données avant/après. En effet, Anne établit un nouveau lien entre la quantité et le volume de l'air contenu dans une seringue fermée. Ce lien sera aussi utilisé par Ellen. Cependant, il n'est pas réutilisé après l'enseignement.

Avant l'enseignement, Anne et Ellen utilisent l'idée (1) *gaz se répartit partout* dans la plupart des situations et l'idée (2) *gaz se répartit à un endroit* pour quelques situations. Après l'enseignement, il apparaît que, pour Ellen, le domaine d'application de l'idée 1 augmente, alors que celui de l'idée 2 reste à peu près le même. En revanche, pour Anne, il apparaît que le domaine d'application de l'idée 1 diminue, alors que celui de l'idée 2 augmente. De plus, Anne utilise une nouvelle idée (*molécules se concentrent sur les parois*) à la suite de l'enseignement. La plupart de ces évolutions peuvent s'expliquer à partir des données recueillies pendant l'enseignement. En effet, Anne et Ellen représentent les molécules réparties plus particulièrement à un endroit dans les premières questions de l'enseignement. À la suite de la distribution du modèle microscopique des gaz, elles vont les représenter partout. Il semble que cette évolution provient d'une des propriétés du modèle. Il est intéressant de voir qu'à partir de cette même propriété, Anne va construire l'idée que les molécules sont collées aux parois. Ces évolutions observées pendant la séquence d'enseignement permettent d'expliquer les variations du domaine d'application des idées d'Ellen, ainsi que l'apparition de la nouvelle idée d'Anne. Cependant, elles ne permettent pas d'expliquer que, pour Anne le domaine d'application de l'idée 1 diminue et le domaine de l'idée 2 augmente.

Avant l'enseignement, Anne explique l'action des gaz dans plusieurs situations par le fait que la quantité d'air varie. Après l'enseignement, elle utilise cette idée quasiment dans les mêmes situations. Cependant, elle utilise une nouvelle idée qui consiste à interpréter l'action du gaz par le fait que les molécules se concentrent sur les parois pour agir. Elle utilise cette idée dans un nombre important de situations. Avant l'enseignement, Ellen utilise aussi l'idée faisant intervenir la variation de quantité. Cependant elle l'utilise uniquement pour quelques situations. À la suite de l'enseignement, cette idée est toujours utilisée à peu près dans les mêmes situations. Cependant, Ellen interprète l'action du gaz à l'aide des chocs des molécules et de la pression. Il est intéressant de remarquer que les idées sur la variation de la quantité n'évoluent quasiment pas pour Anne, ni pour Ellen. Cette

non-évolution

» peut s'expliquer par le fait que, l'enseignement n'a pas offert aux élèves la possibilité de mettre à l'épreuve cette idée dans une variété de situations. Concernant l'idée sur les molécules qui se concentrent sur les parois pour agir, nos données ne permettent pas d'expliquer son apparition au cours de l'enseignement. En revanche, ces données permettent d'expliquer l'évolution des idées d'Ellen sur l'action des gaz. En effet, nous avons observé qu'Ellen établit des liens entre d'une part la pression et l'action du gaz et d'autre part la pression et les chocs des molécules. Nous n'avons pas d'explication pour le premier lien, mais pour le second, il semble qu'il soit dû à l'intervention de l'enseignante. Durant l'enseignement, Anne et Ellen vont construire plusieurs idées sur l'action des gaz qui n'apparaissent pas après l'enseignement. On trouve notamment qu'elles établissent : que la pression est homogène, que la pression existe même lorsqu'il n'y a pas d'action sur l'enceinte qui contient le gaz, que la pression est reliée à la température et au volume.

Anne et Ellen ne semblent pas très claires dans les explications qu'elles donnent sur le caractère pesant des gaz avant l'enseignement et aussi après. Lorsque l'on regarde dans les données recueillies pendant l'enseignement, on trouve aussi que leurs explications sur ce sujet ne sont pas claires. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'enseignement n'a pas offert aux élèves la possibilité de mettre à l'épreuve cette idée dans des situations variées.

Au cours de cette étude nous avons développé un modèle pour essayer de rendre compte de l'apprentissage des élèves. L'analyse des élèves à l'aide de ce modèle permet de reconstruire les idées sans formuler, a priori, d'hypothèses sur leur cohérence ou leur non-cohérence. Ce n'est qu'au cours d'une seconde analyse, se déroulant après cette reconstruction et comparant les idées des élèves avec le point de vue de la physique, que la non-cohérence entre certaines idées peut être soulignée. L'utilisation de ce modèle soulève certaines questions, dont la principale est de déterminer son domaine de validité. Ceci revient à s'interroger si les différents types d'évolution des idées, que nous avons décrits dans ce modèle, sont suffisants pour rendre compte de la plupart des apprentissages. Notre étude ne traite qu'une partie des analyses qui pourraient être menées sur le corpus que nous avons recueilli et nous pensons qu'une analyse des autres élèves que nous avons filmés pourrait permettre de pouvoir éventuellement généraliser certains résultats sur le rôle des éléments du milieu et surtout de mieux cerner le modèle des idées, notamment en essayant de déterminer les apprentissages dont ce modèle ne peut pas rendre compte. De plus, nous pensons que ce modèle mériterait d'être développé afin de pouvoir tenir compte des aspects liés à la motivation, à la métacognition, et l'image que les élèves ont de la science.

Le grain d'analyse que nous avons choisi pour suivre les facteurs responsables de l'évolution des idées se situe à un niveau qui permet d'observer le rôle d'une phrase du modèle, d'une intervention de l'enseignante, d'une discussion entre les élèves ou encore d'un élément perceptible d'une expérience. Parmi les éléments du milieu, il nous semble que les échanges entre les individus pourraient être affinés, notamment en essayant de caractériser les types d'échanges à l'aide de travaux sur l'argumentation (Plantin 1996) ou sur la conversation (Kerbrat-Orrechionni 1996). De plus, le rôle des expériences

«

simples

» pourrait être approfondi en essayant de déterminer le rôle des différents sens (toucher, vue...) dans l'évolution des idées des élèves. Pour cela, il faudrait nous appuyer sur des travaux relatifs à la perception ou

plus généralement à la phénoménologie (Merleau-Ponty 1945). Le rôle du simulateur n'a pas pu être vraiment analysé, car il a été utilisé sur une période trop courte. Néanmoins, nous pensons que l'utilisation d'une représentation dynamique du gaz au niveau microscopique peut jouer un rôle important pour que les élèves acquièrent le mouvement

«

incessant et désordonné

» des molécules.

Les résultats que nous avons obtenus à partir du grain d'analyse des idées montrent que l'acquisition des concepts de la physique sur les gaz proposés par le programme officiel, nécessite pour les élèves de construire un certain nombre de notions qui ne découlent pas directement de ce programme. Par exemple, l'acquisition du concept de pression ne se limite pas à la mesure obtenue à l'aide d'un pressiomètre. Elle nécessite aussi de construire la signification physique du mot pression, de s'appuyer sur des phénomènes perceptibles montrant que le gaz agit, de relier la pression à l'action du gaz et de savoir que la pression est homogène à l'intérieur d'une enceinte fermée. C'est pourquoi, nous proposons dans l'élaboration des séquences d'enseignement de tenir compte d'un certain nombre d'éléments qui n'apparaissent pas directement dans les instructions officielles, particulièrement :

Nous avons tenu compte de ces différents points, ainsi que des résultats de notre étude pour améliorer la séquence d'enseignement sur les gaz. Cette séquence est disponible sur le site francophone Pégase (<http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/pegase/>) et sur le site de l'académie de Lyon (<http://www.ac-lyon.fr>). Ceci permet aux enseignants de pouvoir utiliser cette séquence en profitant de ces améliorations. De plus, le site Pégase offre l'originalité de montrer des vidéos des élèves au cours de l'enseignement. Ces vidéos permettent d'illustrer certains raisonnements des élèves, mais aussi de montrer la manière dont les élèves construisent certaines connaissances. De plus, le site Pégase propose aussi des séquences d'enseignements et des vidéos d'élèves du Maroc et de la Belgique. Une perspective de ce travail pourrait être de confronter les résultats sur l'évolution des élèves dans les séquences d'enseignement des trois Pays (Maroc, Belgique, France) afin d'essayer de déterminer les facteurs communs responsables de cette évolution.

bibliographie

ANNEXES

Les gaz sont constitués de molécules

P1. Une molécule est petite ; l'œil ne peut pas la voir.

P2. En l'absence de réaction chimique, une molécule est insécable, c'est-à-dire ne se coupe pas.

P3. Une molécule garde toujours les mêmes dimensions et ne se déforme pas.

P4. Une molécule a une masse.

P5. Une molécule est électriquement neutre.

G1. Les molécules sont en mouvement incessant et désordonné.

G2. Les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides.

G3. Les molécules peuvent entrer en collision entre elles et avec les parois. Elles ne s'attirent et ne se repoussent pas.

G4. Il n'y a pas de matière entre les molécules : c'est le vide.

Ce modèle concerne un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé.

L'état du gaz est décrit par : sa **température**, son **volume**, sa **pression**, sa **quantité de matière**.

Les grandeurs température et pression sont les mêmes partout dans le récipient fermé.

La température rend compte de l'état thermique (chaud, froid) du gaz.

Elle se mesure en degré celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Le volume rend compte de l'espace occupé par le gaz.

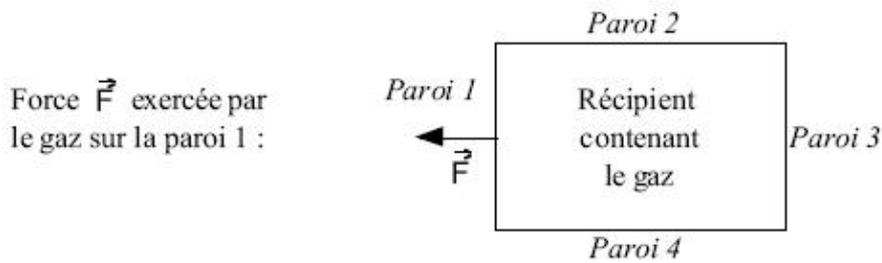
Il se mesure en mètre cube (m^3) mais aussi en litre (L).

La pression du gaz rend compte de l'action de ce gaz sur toutes les parois du récipient.

Elle se mesure en pascal (Pa) mais aussi en bar (b).

On appelle force pressante l'action exercée par le gaz sur une paroi.

Cette force est perpendiculaire à cette paroi.



Il y a une relation entre la pression p du gaz, et l'intensité de la force F exercée par le gaz sur une paroi et l'aire S de cette paroi du récipient :

$$p = F/S \text{ qui s'écrit aussi } F = p.S$$

Unités :

p en pascal (Pa)

F en newton (N)

S en mètre carré (m^2)

La température absolue du gaz s'exprime en kelvin (K). La température absolue et la température en degré celsius du gaz sont liées par la relation $T(K) = 273,15 + (^\circ C)$.

On appelle gaz parfait un gaz dont les grandeurs sont liées par la relation : $pV = nRT$

R s'appelle la constante du gaz parfait.

Tous les gaz à faible pression sont assimilés au gaz parfait.

Unités : p en pascal (Pa) V en mètre cube (m^3) n en mole (mol) T en kelvin (K)

$$R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé

L'action du gaz sur une paroi est liée aux chocs des molécules sur cette paroi.

Pour une durée et une paroi donnée, plus il y a de chocs sur la paroi, plus la pression du gaz est grande.

La température du gaz est liée à l'agitation des molécules. On parle d'agitation thermique.

Plus la vitesse moyenne des molécules est élevée, plus l'agitation thermique est importante et plus la température du gaz est élevée.

Plus la vitesse moyenne des molécules est petite, plus l'agitation thermique faiblit, plus la température du gaz est faible.

L'absence d'agitation thermique correspond au zéro absolu.

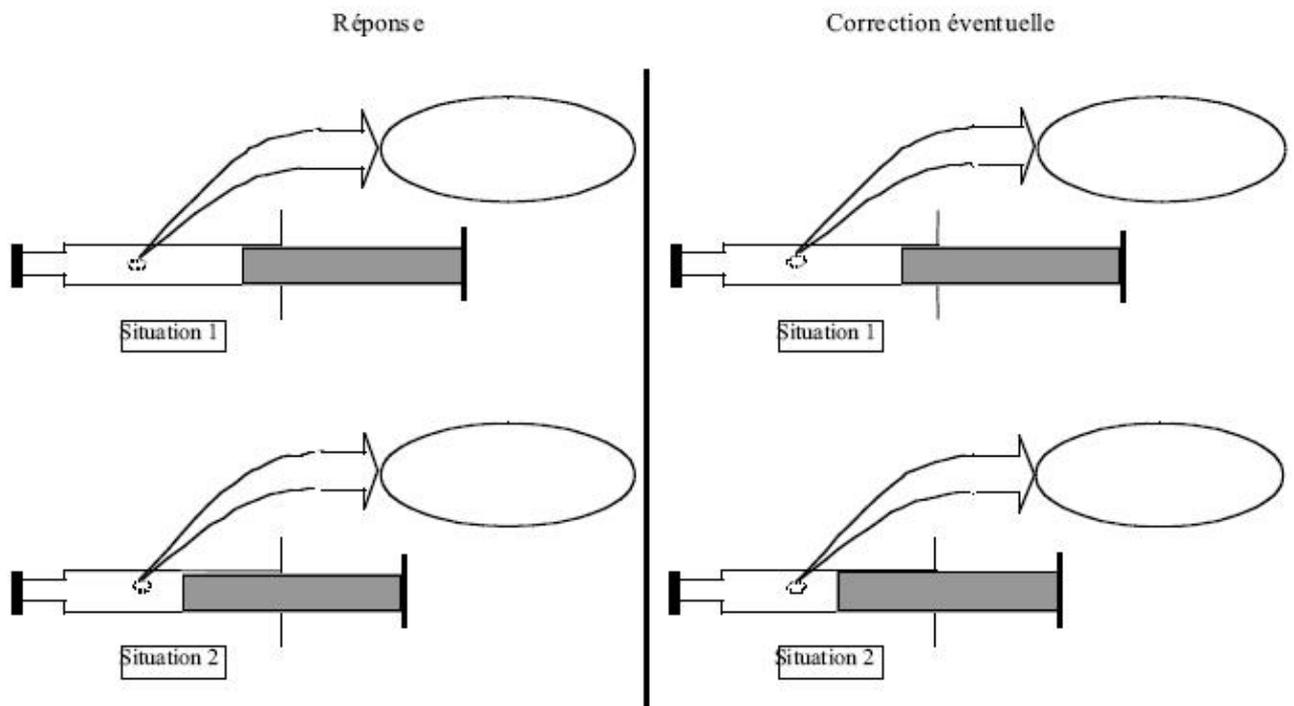
Activité 1 :

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

Activité 2 :

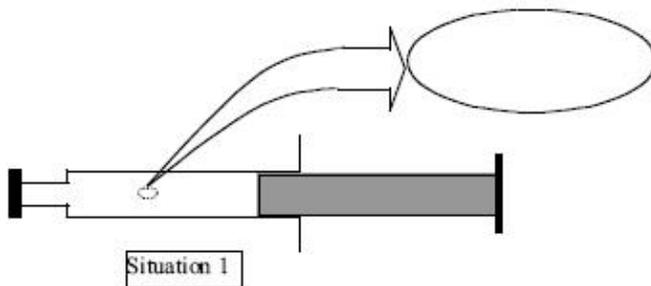
On se place maintenant au niveau microscopique. On rappelle que l'air est un gaz constitué de molécules de dioxygène et de diazote que l'on représentera toutes de la même façon. On isole par la pensée de toutes petites parties de l'air de la seringue.

Dans les situations 1 et 2, représenter sur les schémas de gauche ci-dessous, deux **petites parties** de l'air de la seringue, de **même volume**

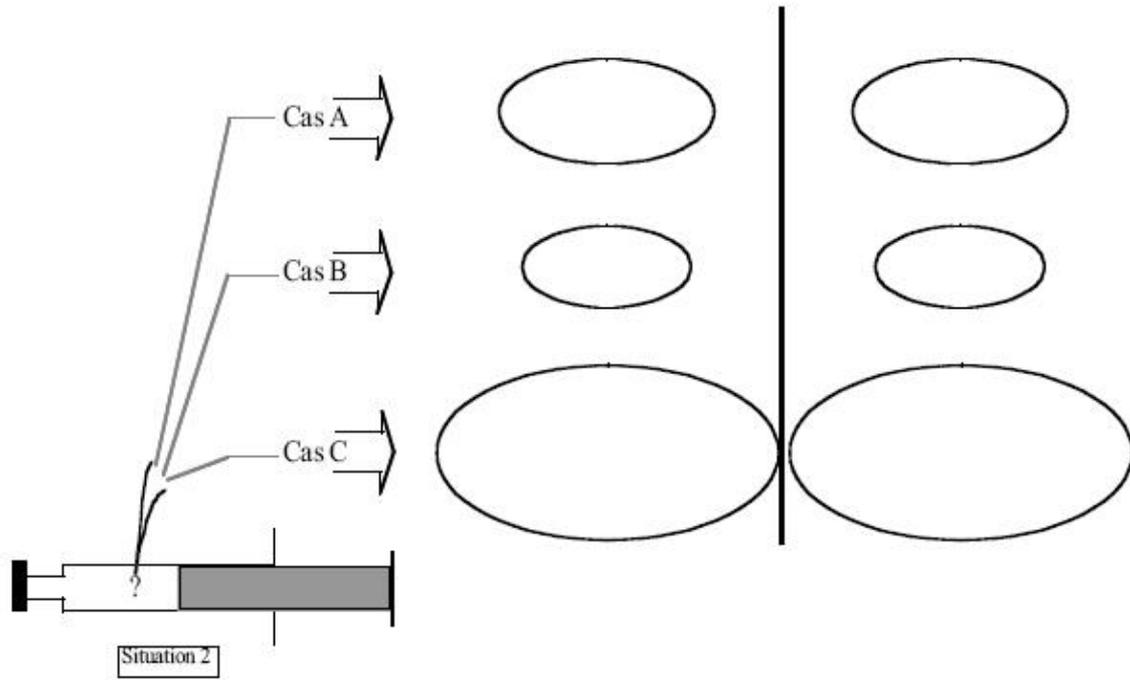


Avez-vous dessiné le même nombre de molécules dans la situation 1 et la situation 2 ? Pourquoi ?

Représenter, comme ci-dessus dans la situation 1, une petite partie de l'air contenu dans la seringue.



On veut représenter une petite partie de **même masse** dans la situation 2. Choisir, parmi les trois cadres proposés à gauche, celui qui vous semble le mieux convenir, et y représenter les molécules.

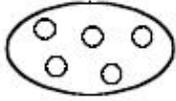
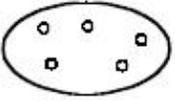
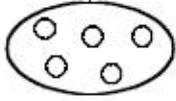
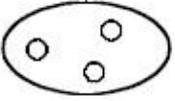
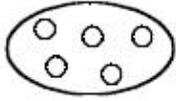
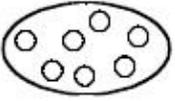


Quel cadre avez-vous choisi ? Pourquoi ?

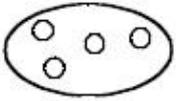
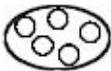
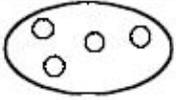
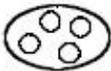
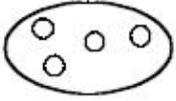
Distribution du modèle microscopique

Activité 3 :

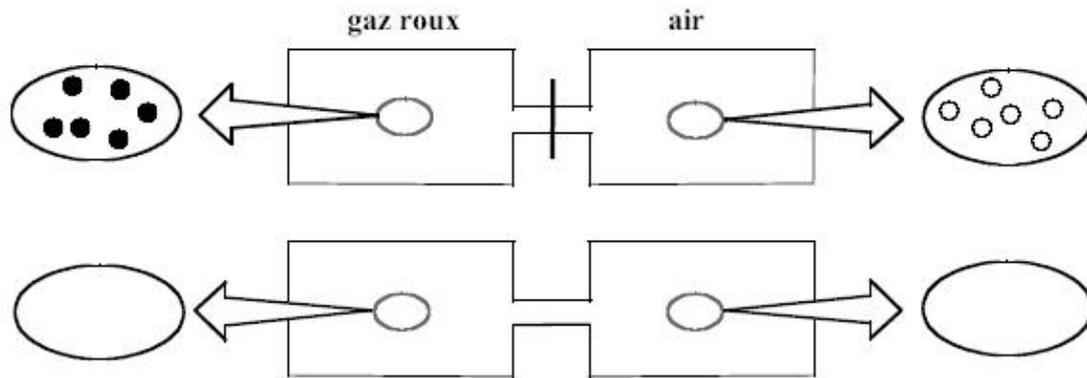
Ces représentations vous paraissent-elles convenir pour traduire que dans la situation 2 :

	Situation 1	Situation 2	La représentation	Pourquoi ?
Elève A			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève B			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève C			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	

Ces représentations vous paraissent-elles convenir pour traduire que dans la situation 2 :

	Situation 1	Situation 2	La représentation	Pourquoi ?
Elève A			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève B			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève C			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	

Activité expérimentale : Comme indiqué sur le schéma ci-dessous, un flacon contenant de l'air est posé à côté d'un flacon contenant un gaz roux. Au départ, les deux flacons sont séparés par une paroi étanche. On retire ensuite cette paroi étanche (schéma du bas).



Expérience 1

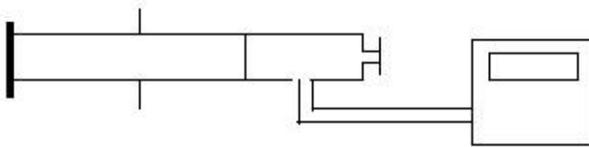
On cherche à comparer l'évolution du volume d'un gaz et d'un liquide, chauffés dans les mêmes conditions.

Expérience 2

Prendre deux bouteilles, l'une remplie d'eau, l'autre d'air, les boucher.

La pression d'un gaz se mesure avec un manomètre (ou pressiomètre).

Relier une seringue sèche (avec le piston à mi-course) au pressiomètre. Noter l'indication du pressiomètre.

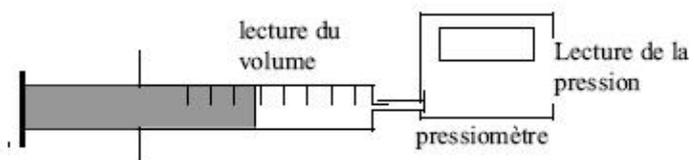
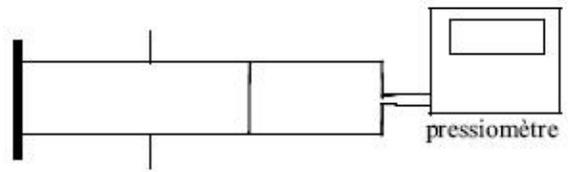
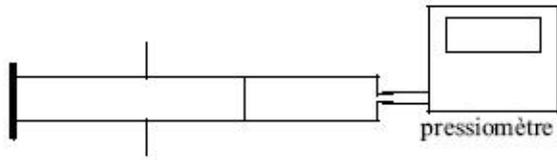


On dispose de deux seringues, une grosse et une petite. Relier la petite seringue au pressiomètre. Pousser le piston jusqu'à ce que la pression de l'air dans la seringue soit de 1500 hPa.

il faudrait pousser de la même façon plus fort moins fort.

Réaliser l'expérience et indiquer si vos prévisions sont confirmées.

Pour chacune des seringues, on admet que la force exercée par le doigt sur le piston est la même que celle exercée par le piston sur l'air enfermé dans la seringue.



Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.

$$p = a.V$$

$$p = a.V^2$$

$$p.V = a$$

$$p.V^2 = a.$$

On cherche à présent à déterminer le lien entre la pression d'un gaz et sa température.

Question	Abréviation
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 1	P1A1Q1
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 2	P1A1Q2
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 3 niveau microscopique	P1A1Q3micro
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 3 niveau macroscopique	P1A1Q3macro
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 1 Schéma	P1A2Q1S
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 1 Explication	P1A2Q1E
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 2 Schéma	P1A2Q2S
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 2 Explication	P1A2Q2E
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 3	P1A2Q3
Partie 1 Activité 3 Correction des dessins d'autres élèves Question 1	P1A3Q1
Partie 1 Activité 3 Correction des dessins d'autres élèves Question 2	P1A3Q2
Partie 1 Activité 3 Comment les molécules se répartissent dans la seringue Question 3	P1A3Q3
Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz Question 1	P1.2A1Q1
Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz Question 2	P1.2A1Q2

Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz	
Question 2	P1.2A1Q3
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question a	P2A1Ex1Qa
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Expérience 1	P2A1Ex1Ex1
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question b	P2A1Ex1Qb
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Expérience 2	P2A1Ex1Ex2
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question c	P2A1Ex1Qc
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question a	P2A1Ex2Qa
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Expérience	P2A1Ex2Ex
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question b	P2A1Ex2Qb
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question c	P2A1Ex2Qc
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question d	P2A1Ex2Qd
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Expérience 1	P2A2Ex1
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Question a	P2A2Qa
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Expérience 2	P2A2Ex2
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Question b	P2A2Qb
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Question c	P2A2Qc
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Question d	P2A2Qd
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante	
Expérience 1	P2A3Ex1
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante	
Question a	P2A3Qa

Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Expérience 2	P2A3Ex2
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question b	P2A3Qb
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question c	P2A3Qc
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question d	P2A3Qd
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question e	P2A3Qe
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question f	P2A3Qf
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question g	P2A3Qg
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question h	P2A3Qh
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question i	P2A3Qi
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question a	P2.2A1Qa
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question b	P2.2A1Qb
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Expérience	P2.2A1Ex
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question c	P2.2A1Qc
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question d	P2.2A1Qd
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question e	P2.2A1Qe
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Question a	P2.2A2Qa
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Expérience	P2.2A2Ex
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Question b	P2.2A2Qb
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Question c	P2.2A2Qc
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Question d	P2.2A2Qd

Question	Objets	événements	Registre sémiotiques	Niveau du savoir	Concept	Relations
PIA1Q1	seringue	Enfermer de l'air	Langage naturel écrit + schéma	Objet+ lien th/obj	Q, V représentation d'une Q d'air	Q air et sa représentation

P1A1Q2	seringue	Appuyer sur le piston de la seringue fermé	Langage naturel écrit + schéma	Objet+ lien th/obj	Q, représentation d'une Q air et P, V	Relation entre Q air compressé et sa représentation. Implicitement il y a un lien entre la P et le V
P1A1Q3 micro	seringue	Libre entre les deux actions précédentes	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Répartition des molécules, Q, V	Lien entre la répartition d'une même Q et le volume
P1A1Q3 macro	seringue	Libre entre les deux actions précédentes	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	P, V, Q	Lien entre P et V pour la même Q
P1A2Q1 schéma	Dessin des 2 seringues	Deux positions du piston	schéma	Lien Th/obj	Q,V, répartition des molécules	Lien entre V et répartition des molécules lié à une petite Q air
P1A2Q1	Dessin des 2 seringues	Deux positions du piston	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Q,V nombre des molécules	Lien entre V et répartition des molécules lié à une petite Q air
P1A2Q2 schéma	Dessin des 2 seringues	Deux positions du piston	schéma	Lien Th/obj	Q, V, masse et répartition des molécules	Lien entre le V et la masse des molécules
P1A2Q2	Dessin des 2 seringues	Deux positions du piston	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Q, V, masse et répartition des molécules	Lien entre le V et la masse des molécules
P1A2Q3 corre	Dessin des 2 seringues + modèle				Q, V, masse et répartition des molécules	
P1A3Q1	Dessin des 2 bulles	Deux situations	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Q,V nombre des molécules	Lien entre V et répartition des molécules lié à une petite Q air
P1A3Q2	Dessin des 2 bulles	Deux situations	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Q, V, masse et répartition des molécules	Lien entre le V et la masse des molécules
P1A3Q3	Seringue	Deux positions du piston	Langage naturel écrit	Lien Th/obj	Q, V Répartition des molécules	Lien entre le V et la répartition des molécules
P1.2A1Q1	Deux flacons contenant de l'air et un gaz roux	On mélange les deux gaz	Langage naturel écrit	Obj / événement	Répartition de deux gaz (gaz occupe toute la place)	
P1.2A1Q2	Deux flacons	On mélange les deux gaz	schéma	Lien Th/obj	Répartition des molécules des	

	contenant de l'air et un gaz roux				deux gaz	
P1.2A1Q3	Deux flacons contenant de l'air et un gaz roux	On mélange les deux gaz	Langage naturel écrit	Th	les molécules sont en mouvement désordonné et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert	
P2A1Exp1Qa	Ballon de baudruche sur une fiole	On chauffe la fiole	Langage naturel écrit prédiction, observation	Obj/ événement	Dilatation de l'air, (T, V, P, Q,)	(Lien entre T aug et V aug lié à la dP, Q reste pareil)
P2A1Exp1Qb	Ballon de baudruche sur une fiole remplie d'eau	On chauffe la fiole	Langage naturel écrit prédiction, observation	Obj/ événement	L'eau ne se dilate quasiment pas	
P2A1Exp1Qc	Ballon de baudruche sur une fiole + Ballon de baudruche sur une fiole remplie d'eau	On chauffe la fiole	Langage naturel écrit	Obj/ événement	L'air se dilate beaucoup plus que l'eau	
P2A1Exp2Qa	Seringue + bouteille	Ajouter de l'air dans la bouteille remplie d'air et ajouter de l'eau dans la bouteille remplie d'eau	Langage naturel écrit Prédiction observation	Obj/ événement	L'air est compressible Et l'eau et incompressible(Q & V)	Lien entre Q V
P2A1Exp2Qb	Seringue + bouteille	Ajouter de l'air dans la bouteille remplie d'air et ajouter de l'eau dans la bouteille remplie d'eau	Langage naturel écrit conclusion	Obj/ événement	L'air est compressible Et l'eau et incompressible(Q & V)	
P2A1Exp2Qc	Seringue + bouteille +modèle	libre	Langage naturel écrit interprétation	Lien Th/obj	Les molécules sont très éloignées V) les unes des autres, donc	(Lien entre Q et V)

						possibilité d'en rajouter
P2A1Exp2Qd	Plusieurs gaz et plusieurs liquides	Même action que précédemment	Langage naturel écrit explication	Lien Th/obj		Les gaz ont les molécules qui ne se touchent pas (compressible)
P2A2Exp1	Seringue reliée à un pressiomètre	Pas d'action	Langage naturel écrit observation	Obj /événement	P	Lien entre la pression est l'absence d'actions
P2A2Qa	Dessin d'une Seringue reliée par un côté au pressiomètre + modèle	Pas d'action	Langage naturel écrit Tri dans le modèle	Lien Th/obj		P est la même sur toutes les parois d'un récipient fermé
P2A2Exp2	Seringue reliée à un pressiomètre	Pousse sur le piston	Langage naturel écrit observation	Obj/ événement	P, V, Q	Lien entre P et V avec la même Q
P2A2Qb	Seringue reliée à un pressiomètre	Pousse sur le piston	Langage naturel écrit	Lien Th/Obj	P, action du gaz	Lien entre la P et l'action du gaz
P2A2Qc	Dessin d'une Seringue reliée par un côté au pressiomètre + modèle	Pousse sur le piston	Langage naturel écrit Tri dans le modèle	Lien Th/obj		P est la même sur toutes les parois d'un récipient fermé
P2A2Qd	Seringue + pressiomètre	libre	Langage naturel écrit interprétation	Lien Th/obj		Choc des molécules sur les parois, action de l'air Lien entre les chocs des molécules et l'action de l'air sur les parois
P2A3Exp1	Petite seringue + pressiomètre	Pousser sur le piston	Langage naturel écrit observation	Obj/ événement		Action de l'air sur le piston
P2A3Qa	Grosse seringue + pressiomètre	Pousser sur le piston avec la force que l'on veut	Langage naturel écrit prédiction	Obj /événement		Action de l'air sur une plus grande surface du piston($F=P.S$)
P2A3Exp2	Grosse seringue + pressiomètre	Pousser sur le piston avec la force que l'on veut	Langage naturel écrit observation	Obj/ événement		Action de l'air plus forte sur une surface plus grande du piston
P2A3Qb	Petite et grosse seringue + pressiomètre	libre	Langage naturel écrit	Obj/ événement		Surface($F=P.S$) (Lien entre la force et la surface)
P2A3Qc	Schéma des	Appuie sur le	Schéma	Lien		Intensité des

	deux seringues reliée au pressiomètre	piston des deux seringue	modélisation	Th/obj		forces exercées par le doigt	
P2A3Qd	Schéma des deux seringues reliée au pressiomètre	Appuie sur le piston des deux seringue	Schéma modélisation	Th		F air = F doigt (principe des interactions)	
P2A3Qe	Schéma des deux seringues reliée au pressiomètre + modèle	Appuie sur le piston des deux seringue	Langage naturel modélisation	Th et lien Th/obj	F=P.S		Lien entre la force et la surface
P2A3Qf	Imagine deux parois de la seringue de longueur différentes		Langage naturel	Th	Chocs des molécules sur une paroi		Lien entre le nbre de choc et la surface de la paroi
			Langage naturel	Th	F, chocs		Lien entre les F et les chocs
P2A3Qg	Imagine deux parois de la seringue de longueur différentes		Langage naturel démonstration	Th	F = P.S		
			Langage naturel	Th	P, chocs		Lien entre P et les chocs sur une paroi donnée
P2A3Qh	Imagine deux parois de la seringue de longueur différentes						
P2A3Qi	Imagine deux parois de la seringue de longueur différentes						
P2.2A1Qa	Seringue reliée à un pressiomètre	On augmente le volume	Langage naturel description	Th	P,V		Lien entre P et V
P2.2A1Qb	Seringue reliée à un pressiomètre		Langage naturel	Th	Q, T		Q et T doivent resté cst
P2.2A1Exp	Seringue reliée à un pressiomètre	Pousser de 5mL en 5mL en notant la P Puis Tirer de de la même	Mesure de pression et du Volume	??? lien Th/obj	P,V		Lien quantitatif entre P et V

P2.2A1Qc	Seringue reliée à un pressiomètre	façon en notant la pression Pousser de 5mL en 5mL en notant la P Puis Tirer de de la même façon en notant la pression	Langage naturel + symbole mathématique	Th	P, V	Lien quantitatif entre P et V
P2.2A1Qd	Seringue reliée à un pressiomètre	Pousser de 5mL en 5mL en notant la P Puis Tirer de de la même façon en notant la pression	symbole mathématique	Th	P, V	$P.V=cst$
P2.2A1Qe	Seringue reliée à un pressiomètre	Pousser de 5mL en 5mL en notant la P Puis Tirer de de la même façon en notant la pression	Langage naturel	Th	T, Q	
P2.2A2Qa	Sèche cheveux + seringue reliée à un pressiomètre		Langage naturel	Th	V, Q	
P2.2A2Qb	Sèche cheveux + seringue reliée à un pressiomètre	On chauffe avec le sèche cheveux la seringue	Langage naturel observation	??? lien th/obj	T, P	Lien qualitatif entre T et P
P2.2A2Qc	Sèche cheveux + seringue reliée à un pressiomètre	On chauffe avec le sèche cheveux la seringue	Langage naturel modèle	Th	P, chocs des molécules	Lien entre P et le nbre de chocs des molécules
P2.2A2Qd	Sèche cheveux + seringue reliée à un pressiomètre	On chauffe avec le sèche cheveux la seringue	Langage naturel interprétation	Lien Th/obj	T, P, nbr chocs, vitesse des molécules	P est lié aux nbre de chocs et T à la vitesse des molécules

Libre indique que les élèves ne sont pas contraint par la question d'utiliser le matériel, ils peuvent néanmoins l'utiliser comme il le souhaite.

Renseignements

Lycée :

Classe :

Age :

Sexe :

Consignes

Ce questionnaire est anonyme et ne sera pas noté.

Il s'inscrit dans le cadre d'une recherche pour améliorer l'enseignement, en tenant compte des connaissances des élèves.

C'est votre avis qui nous intéresse, c'est pourquoi nous vous demandons de donner les explications les plus détaillées possibles.

Questionnaire

1.1- Faites quatre phrases en utilisant le mot air

1.2- Faites quatre phrases en utilisant le mot gaz

2- Lorsque l'on joue au football, il arrive que le ballon soit trop dur. Pour qu'il fasse moins mal tout en gardant la même forme, on le dégonfle un peu.

2.1-Décrivez ce qui se passe lorsqu'on le dégonfle ?

2.2-A votre avis, une fois que le ballon sera un peu plus dégonflé, il pèsera :

Expliquez

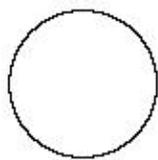


Figure a

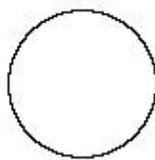
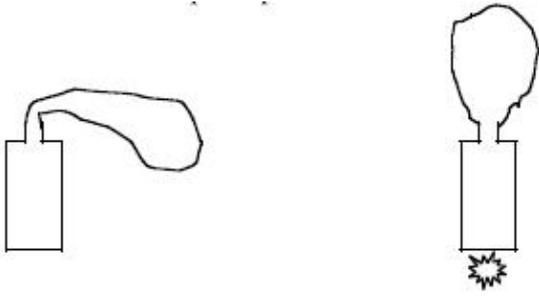


Figure b

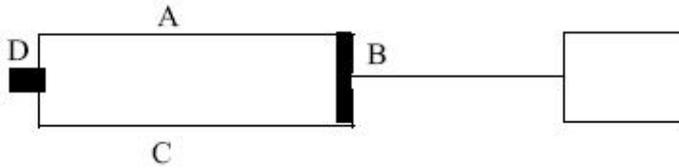
2.4- Lorsque l'on dégonfle le ballon, il devient moins dur. **Expliquez**

3.1-Expliquez le fait que le ballon se gonfle ?

3.2- Schématisez ce qui se passe



4- On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin.

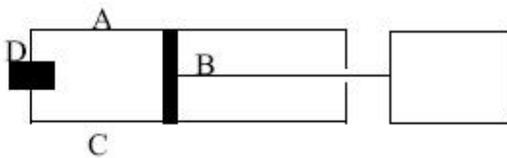


4.1.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

4.1.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

4.2- On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon.



4.2.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

4.2.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

4.2.3- Est-ce que l'air agit sur les parois de la même façon que dans la question 4.1.1 :

Expliquez

4.3- Si on lâche le piston que va-t-il se passer ? **Expliquez**

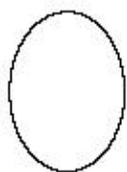
5- On prend quatre ballons de baudruche de même volume :

5.1- On appuie successivement de la même façon sur les quatre ballons de manière à les déformer.

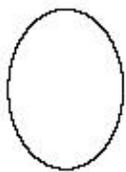
Si on les lâche que va-t-il se passer pour chacun des ballons ?

Expliquez

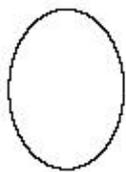
5.2- Représentez l'air, l'hydrogène, le gaz de ville et l'hélium dans chacun des ballons



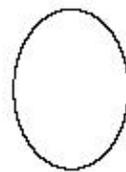
air



hydrogène

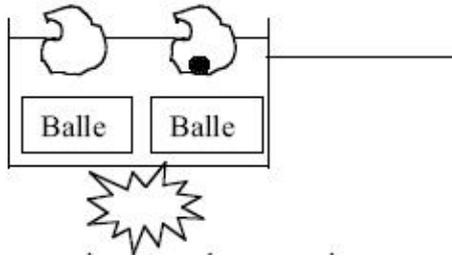


gaz carbonique



hélium

6- On jette dans de l'eau très chaude deux balles de ping-pong cabossées, l'une des deux balles est trouée (balle 2).



6.1- Au bout d'un certain temps, à votre avis :

Expliquez votre choix

6.2- Au bout d'un certain temps, à votre avis :

Expliquez votre choix

Expliquez

Numéro de la Situation situation		Nom abrégé
1.0	Faites quatre phrases en utilisant le mot air	mot air
1.1	Faites quatre phrases en utilisant le mot gaz	mot gaz
2.1	lorsqu'on joue au foot, il arrive que le ballon soit trop dur. Pour qu'il fasse moins mal tout en gardant la même forme, on le dégonfle un peu. décrivez ce qui se passe lorsqu'on le dégonfle ?	ballon foot (Description)
2.2	À votre avis, une fois que le ballon sera un peu dégonflé, il pèsera : plus léger, plus lourds, la même chose expliquez ?	ballon foot (masse)
2.3	Représenter l'air dans le ballon avant qu'on le dégonfle et une fois dégonflé	ballon foot Schéma
2.4	Lorsque l'on dégonfle le ballon il devient moins dur, expliquez ?	ballon foot Explication
3.1	On chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus. Au bout d'un certains temps il se gonfle le ballon se gonfle. Expliquez le fait que le ballon se	chauffe ballon E

	gonfle ?	
3.2	Schématisez ce qui se passe	chauffe ballon S
4.1.1	On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin. À votre avis où l'air agit dans la pompe (Q.C.M) Expliquez ?	pompe sans action E
4.1.2	Représenter l'air enfermé dans la pompe ?	pompe sans action S
4.2.1	On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon. À votre avis où l'air agit dans la pompe (Q.C.M) Expliquez ?	pompe avec action E
4.2.2	Représenter l'air enfermé dans la pompe ?	pompe avec action S
4.2.3	Est-ce que l'air agit sur les parois de la même façon dans les deux situations	pompe (R agit)
4.3	Si on lâche le piston que va-t-il se passer ?	pompe pousse/lâche
5.1	On prend quatre ballons de baudruche de même volume, remplis d'air, d'hélium, de gaz carbonique et d'hélium. Si on appuie successivement de la même façon sur les quatre ballons de manière à les déformer. Si on lâche que va-t-il se passer pour chacun des ballons expliquez	quatre ballons E
5.2	Représenter l'air, l'hydrogène, le gaz de ville et l'hélium dans chacun des ballons	quatre ballons S
6.1	On jette dans de l'eau très chaude deux balles de ping-pong cabossées, l'une des deux balles est trouée (balle 2). Q.C.M sur la forme de la balle 1 Expliquez	ping-pong 1
6.2	Q.C.M sur la forme de la balle 2 Expliquez	ping-pong 2
7.1	On remplit un verre de coca-cola A votre avis lorsque toutes les bulles seront parties, le verre pèsera : plus lourd, plus léger, la même chose expliquez	verre coca

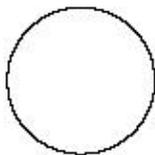


Figure a

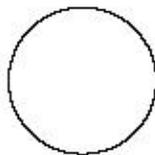
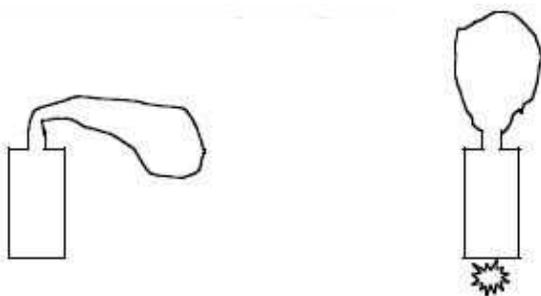


Figure b

Répartition de l'air	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée1 2nd12 en %		Lycée1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Trait continue	81,8	13,3	59,4	20,6	60,0	18,2	67,4	17,4
Trait discontinue	12,1	86,7	37,5	64,7	33,3	77,3	27,4	75,6
- traits discontinues se touchent	3,0	3,3	3,1	8,8	6,7	0,0	4,2	4,7

Autres	6,1	0,0	0,0	11,8	6,7	0,0	4,2	4,7
Partout	54,5	76,7	62,5	76,5	50,0	81,8	55,8	77,9
- homogène	54,5	76,7	62,5	68,6	50,0	81,8	55,8	75,6
- inhomogène	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	2,3
A un endroit	45,5	20,0	34,4	20,6	50,0	9,1	43,2	17,4
- plus au centre	33,3	16,7	31,3	17,6	40,0	9,1	34,7	15,1
- moins à un endroit	6,1	3,3	3,1	2,9	10,0	0,0	6,3	0,0
Autre	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	2,3
La quantité représenté diminue	84,8	76,7	75,0	85,3	100,0	95,5	86,3	84,9
La quantité ne diminue pas	9,1	10,0	12,5	0,0	0,0	0,0	7,4	3,5
autre	6,1	13,3	9,4	11,8	0,0	0,0	5,3	9,3
pas de dessin	0,0	0,0	3,1	2,9	0,0	4,5	1,1	2,3

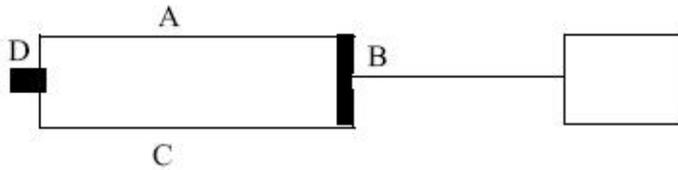
3.2- Schématiser ce qui se passe



Représentation de l'air chauffé	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Trait continue	24,2	6,7	28,1	5,9	40,0	9,1	30,5	7,0
Trait discontinue	18,2	70,0	15,6	50,0	26,7	68,2	20,0	61,6
- traits discontinues se touchent	3,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	1,1	1,2
- traits discontinues gonflent	0,0	3,3	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	2,3
Autre	42,4	10,0	31,3	20,6	16,7	13,6	30,5	15,1
Partout	18,2	56,7	21,9	50,0	46,7	54,5	28,4	53,5
- homogène	9,1	26,7	21,9	47,1	36,7	40,9	22,1	38,4
- inhomogène	9,1	30,0	0,0	2,9	10,0	13,6	6,3	15,1
A un endroit	48,5	23,3	28,1	23,5	33,3	27,3	36,8	24,4
- plus en haut	36,4	23,3	15,6	17,6	30,0	22,7	27,4	20,9
- plus au centre	0,0	0,0	12,5	2,9	0,0	4,5	4,2	2,3
Autre	18,2	6,7	25,0	2,9	3,3	0,0	15,8	3,5
Quantité représentée change	0,0	6,7	12,5	14,7	10,0	9,1	7,4	10,5

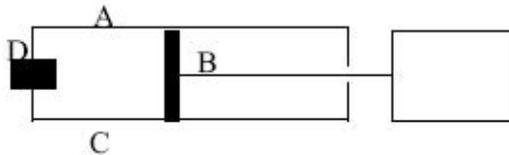
Quantité ne change pas	0,0	40,0	28,1	50,0	0,0	0,0	9,5	33,7
Autre	69,7	40,0	34,4	8,8	33,3	63,6	46,3	33,7
flèche vers le haut	30,3	20,0	34,4	8,8	40,0	22,7	34,7	16,3
Pas de dessin	15,2	13,3	25,0	23,5	16,7	18,2	18,9	18,6

4- On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin.



4.1.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

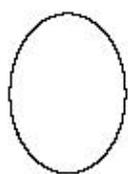
4.2- On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon.



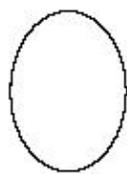
4.2.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

Représentation de l'air comprimé	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Trait continué	66,7	13,3	46,9	11,8	70,0	13,6	61,1	12,8
Trait discontinué	9,1	86,7	34,4	70,6	26,7	81,8	23,2	79,1
-traits discontinués se touchent	3,0	13,3	3,1	14,7	0,0	0,0	2,1	10,5
Autres	9,1	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	3,2	1,2
Partout	60,6	80,0	65,6	79,4	70,0	95,5	65,3	83,7
-homogène	60,6	80,0	65,6	73,5	70,0	95,5	65,3	81,4
-inhomogène	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	2,3
Plus a un endroit	15,2	0,0	15,6	2,9	26,7	0,0	18,9	1,2
Autres	9,1	6,7	0,0	2,9	0,0	0,0	3,2	3,5
Densité varie	42,4	86,7	59,4	67,6	70,0	68,2	56,8	74,4
Densité ne varie pas	15,2	0,0	15,6	11,8	16,7	27,3	15,8	11,6
Autres	27,3	10,0	6,3	2,9	10,0	0,0	14,7	4,7
Quantité diminue	0,0	3,3	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	2,3
Pas de dessin	15,2	0,0	18,8	14,7	3,3	4,5	12,6	7,0

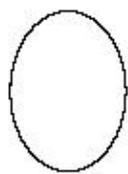
5.2- Représentez l'air, l'hydrogène, le gaz carbonique et l'hélium dans chacun des ballons



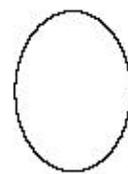
air



hydrogène



gaz carbonique



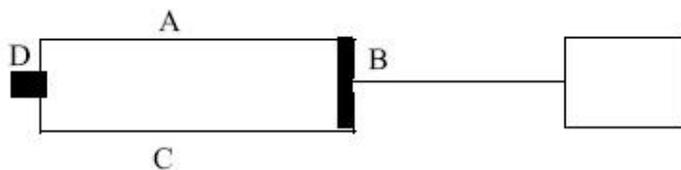
hélium

Représentation de différents gaz	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Trait continue	45,5	3,3	34,4	17,6	50,0	9,1	43,2	10,5
Trait discontinue	18,2	76,7	28,1	58,8	13,3	63,6	20,0	66,3
-traits discontinues se touchent	0	6,7	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,5
Autres	12,1	3,3	0,0	2,9	6,7	0,0	6,3	2,3
Partout	48,5	63,3	46,9	55,9	30,0	59,1	42,1	59,3
-homogène	48,5	63,3	46,9	52,9	30,0	59,1	42,1	58,1
-inhomogène	0	0	0	2,9	0	0	0	1,2
Plus a un endroit	24,2	16,7	15,6	23,5	36,7	13,6	25,3	18,6
-H en haut	9,1	10,0	9,4	11,8	26,7	13,6	14,7	11,6
-plus au centre	9,1	0,0	6,3	14,7	0,0	0,0	5,3	5,8
-un peu partout	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
-Hydrogène en bas	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
-CO2 plus en bas	0,0	6,7	0,0	5,9	0,0	9,1	0,0	7,0
-moins au centre	3,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
Autres	3,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	2,1	1,2
Représentation identique	39,4	50,0	40,6	5,9	46,7	63,6	42,1	36,0
Représentations différentes	33,3	30,0	21,9	11,8	23,3	9,1	26,3	17,4
Autres	3,0	3,3	34,4	2,9	0,0	13,6	12,6	5,8
Nombre différent (trait discontinue)	12,1	60,0	28,1	35,3	10,0	50,0	16,8	47,7
Même nombre (trait discontinue)	0,0	23,3	0,0	23,5	3,3	9,1	1,1	19,8
Autres	54,5	0,0	0,0	0,0	56,7	13,6	36,8	3,5
Pas de dessin	24,2	16,7	37,5	20,6	30,0	27,3	30,5	20,9

«2.4- Lorsque l'on dégonfle le ballon, il devient moins dur. Expliquez «

Pression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6		Lycée 1 2nd 12		Lycée 1 2nd 8		Total	
	en %		en %		en %		en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Moins d'action de l'air	27,3	70,0	37,5	55,9	10,0	63,6	25,3	65,1
-pression grandeur	9,1	16,7	12,5	14,7	3,3	13,6	8,4	15,1
-pression action	18,2	20,0	21,9	38,2	6,7	18,2	15,8	26,7
-action des molécules	0,0	16,7	3,1	2,9	0,0	13,6	1,1	10,5
-chocs des molécules	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	10,5
Moins d'air	21,2	10,0	25,0	8,8	46,7	0,0	30,5	7,0
Moins de molécules	0,0	6,7	0,0	0,0	6,7	18,2	2,1	7,0
Air/gaz a plus d'espace	18,2	0,0	18,8	2,9	10,0	4,5	15,8	2,3
Molécules ont plus d'espace	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Air prend moins de place	3,0	0,0	0,0	2,9	10,0	0,0	4,2	1,2
Autre	9,1	13,3	15,6	14,7	10,0	0,0	11,6	10,5
Pas de réponse	18,2	0,0	3,1	14,7	6,7	4,5	9,5	7,0

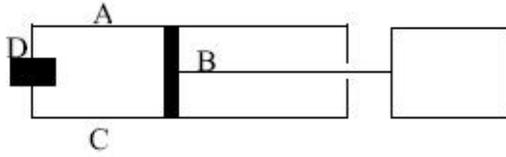
«4.1- On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin.



4.1.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

4.2- On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon.



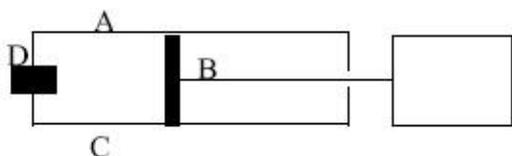
4.2.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse»

évolution compression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6 en nombre		Lycée 1 2nd 12 en nombre		Lycée 1 2nd 8 en nombre		Total en nombre	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
Pas d'évolution	42,4	90,0	31,3	50,0	10,0	68,2	27,4	68,6
aucun vers ABCD	9,1	3,3	18,8	14,7	10,0	0,0	12,6	7,0
aucun vers B	0,0	0,0	0,0	2,9	16,7	0,0	5,3	1,2
aucun vers D et B	0,0	0,0	3,1	2,9	0,0	0,0	1,1	1,2
aucun vers D	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	1,1	1,2
ABCD vers D	12,1	3,3	28,1	0,0	36,7	13,6	25,3	4,7
ABCD vers B	3,0	0,0	6,3	8,8	6,7	13,6	4,2	7,0
D vers ABCD	3,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
D vers B	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,2	0,0
B vers D	3,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	1,1	1,2
Autres	27,3	0,0	9,4	17,6	6,7	4,5	16,8	8,1
Compression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
aucune paroi	12,1	3,3	31,3	20,6	26,7	0,0	23,2	9,3
Air ne subit aucune	9,1	0,0	12,5	11,8	16,7	0,0	12,6	4,7

action (P ou F)								
Air prend toute la place	0,0	3,3	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	2,3
Air int à la même P que air extérieur	0,0	0,0	6,3	2,9	0,0	0,0	2,1	1,2
Air n'agit pas	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	1,2
Autre	3,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	4,2	0,0
parois ABCD	66,7	90,0	59,4	61,8	53,3	90,9	60,0	79,1
Différence de pression	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Air agit	6,1	43,3	21,9	14,7	0	54,5	9,5	34,9
-pression est la même partout	0	10	3,1	2,9	0	36,3	1,1	17,5
-l'air agit sur toutes les parois	6,1	10	18,8	11,7	0	9	8,5	7
-molécules agissent sur les parois	0	3,3	0	0	0	4,5	0	1,2
-même chocs des molécules sur parois	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	8,1
Air occupe toute la place :	21,2	40,0	18,8	20,6	13,3	18,2	17,9	26,7
-macro	21,2	26,7	15,6	20,6	10,0	13,6	15,8	20,9
-micro	0,0	13,3	3,1	0,0	3,3	4,5	2,1	5,8
On n'a pas encore appuyé sur pompe	15,2	0,0	0,0	0,0	20,0	4,5	11,6	1,2
Air ne sort pas car assez de place	0,0	0,0	3,1	2,9	0,0	0,0	1,1	1,2
Loi de la physique	6,1	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,3
Pas d'explication	15,2	0,0	12,5	20,6	20,0	4,5	15,8	9,3
sur D	6,1	3,3	3,1	0,0	6,7	0,0	5,3	1,2
l'endroit par où sort l'air	0,0	3,3	0,0	0,0	6,7	0,0	2,1	1,2
l'air veut sortir	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
direction où l'on pousse l'air	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Pas d'explication	3,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
sur B	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,2	0,0
le piston pousse l'air a sortir	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	1,1	0,0
Pas d'explication	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	2,1	0,0
sur C	3,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,2
plus de choc vers le bas (attraction)	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Pas d'explication	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sur B et D	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0

parois mobiles plus soumise au force	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Pas d'explication	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sur A et C	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Air agit plus car plus de surface	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Pas de réponse	9,1	0,0	3,1	17,6	3,3	9,1	5,3	9,3



4.2.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

Compression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
aucune paroi	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
autres	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
parois ABCD	54,5	93,3	56,3	61,8	20,0	63,6	44,2	73,3
Pint/Pext	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
Action de l'air niveau macroscopique	15,2	50,0	0,0	5,9	6,7	18,2	8,4	37,3
-pression est partout la même	6,1	6,7	0,0	5,8	6,7	18,2	4,2	9,3
-air agit sur toutes les parois de la	9,1	43,3	3,1	32,4	0,0	0,0	4,2	28,0

même façon								
Action de l'air niveau microscopique	0,0	16,7	3,1	2,9	0,0	9,1	1,1	9,3
-molécules agissent sur les parois	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
-molécules font des chocs sur les parois	0,0	16,7	0,0	2,9	0,0	9,1	0,0	9,3
Air occupe toute la place	3,0	0,0	0,0	5,9	0,0	13,6	1,1	5,8
Molécules sont présentes partout	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	3,5
Air est comprimé	0,0	3,3	9,4	0,0	0,0	0,0	3,2	1,2
Molécules s'entassent	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
Autre	21,2	6,7	3,1	2,9	3,3	0,0	9,5	3,5
Pas de réponse	15,2	0,0	18,8	11,8	10,0	0,0	14,7	4,7
sur D	12,1	3,3	28,1	2,9	66,7	13,6	34,7	5,8
Air est poussé vers D	12,1	3,3	21,9	0,0	40,0	13,6	24,2	4,5
L'air pousse pour sortir	0,0	0,0	6,3	0,0	13,3	0,0	6,4	0,0
Air est comprimé autre	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	1,2
	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	4,2	0,0
sur B	12,1	0,0	15,6	14,7	10,0	13,6	12,6	9,3
Mouvement de B	6,1	0,0	3,1	0,0	3,3	0,0	4,2	0,0
Pression plus importante en B	0,0	0,0	3,1	5,9	0,0	4,5	1,1	3,5
Gaz veut reprendre sa place	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	4,5	0,0	3,5
Autre	6,1	0,0	9,4	2,9	6,7	0,0	7,4	1,2
sur C	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
plus de choc vers le bas (attraction)	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
sur B et D	3,0	0,0	0,0	2,9	0,0	4,5	1,1	2,3
Même surface	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	4,5	0,0	2,3
autre	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
sur A	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Autre	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pas de réponse	9,1	0,0	0,0	17,6	3,3	4,5	4,2	8,1
-Oui								
-Non								

Expliquez

évolution compression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
OUI	9,1	13,3	6,3	11,8	10,0	27,3	8,4	16,3
air agit également sur les parois	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	9,1	0,0	3,5
Il y a autant de molécules	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	1,2
les molécules se concentrent sur paroi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	1,2
Moins d'espace et moins d'air	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	1,1	0,0
Qu'identique mais espace restreint	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Molécules occupent tout l'espace	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
autres	9,1	10,0	3,1	8,8	6,7	9,1	6,3	9,3
NON	57,6	86,7	81,3	67,6	83,3	68,2	73,7	74,4
Plus de pression :	18,2	40,0	25,0	26,5	23,3	22,7	22,1	30,2
macro	0,0	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1
micro	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
volume diminue	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
Air agit plus	9,1	10,0	3,1	5,9	0,0	18,2	4,2	10,5
Plus de choc sur les parois:	0,0	23,3	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	11,6
volume diminue	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
pression est plus forte	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	5,8
molécules plus serrées	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
Densité plus forte	3,0	0,0	9,4	2,9	6,7	0,0	6,3	1,2
Intensité plus forte	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	2,3
Il y a plus de molécules	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Molécules plus serrées	3,0	6,7	0,0	5,9	3,3	0,0	2,1	4,7
Molécules plus serrées dc P augment	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	1,2
Changement du lieu où l'air agit	12,1	0,0	15,6	2,9	23,3	9,1	16,8	3,5
La situation a évolué	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
L'espace a changé	6,1	3,3	3,1	0,0	0,0	0,0	3,2	1,2
L'air est compressé	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	1,2

On pousse sur la pompe (F supplémentaire)	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,2	0,0
Autres	0,0	0,0	18,8	14,7	16,7	0,0	11,6	5,8
Pas de réponse	33,3	0,0	12,5	20,6	6,7	4,5	17,9	9,3

4.3- Si on lâche le piston que va-t-il se passer ? **Expliquez**

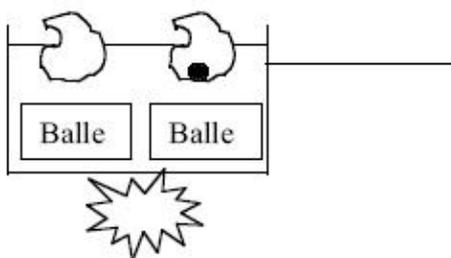
Évolution compression d'un gaz	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
air agit dc piston revient	54,5	90,0	87,5	79,4	66,7	81,8	69,5	83,7
DP	6,1	10,0	6,3	2,9	0,0	0,0	4,2	4,7
Piston revient à sa position initiale :	18,2	0,0	28,1	23,5	0,0	0,0	15,8	9,3
Retour à la position initiale de l'air	0,0	13,3	0,0	20,6	26,7	22,7	8,4	18,6
Molécules reprenne leur position init	0,0	3,3	0,0	5,9	0,0	9,1	0,0	5,8
Air se décompresse	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0
Air occupe le plus de place	15,2	13,3	21,9	2,9	6,7	4,5	14,7	7,0
Molécules occupent le plus de place	0,0	0,0	0,0	5,9	3,3	4,5	1,1	3,5
Air pousse le piston	18,2	13,3	42,7	17,6	6,7	18,2	23,3	16,4
Chocs des molécules sur le piston	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	5,8
Pression grandeur	6,1	0,0	9,4	0,0	23,3	18,1	12,7	4,7
air n'agit pas	3,0	3,3	0,0	0,0	13,3	4,5	5,3	2,3
Autres	42,4	6,7	12,5	20,6	20,0	13,6	25,3	14,0

3- On chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus. Au bout d'un certain temps le ballon se gonfle

3.1-Expliquez le fait que le ballon se gonfle ?

chauffage de l'air	Lycée 2 2nd 6 en%		Lycée 1 2nd 12 en %		Lycée 1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
dilatation	3,0	16,7	3,1	29,4	0,0	9,1	2,1	19,8
T fait augmenter la pression	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	4,7
molécules bougent plus vite	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	10,5
air/gaz chaud monte	33,3	13,3	31,3	29,4	30,0	13,6	31,6	19,8

apparition de gaz	33,3	13,3	28,1	5,9	26,7	13,6	29,5	10,5
le ballon se remplit d'air/gaz	12,1	3,3	9,4	5,9	16,7	9,1	12,6	5,8
chaleur fait gonfler les parois	3,0	3,3	6,3	0,0	0,0	0,0	3,2	1,2
molécules s'écartent	0,0	6,7	3,1	2,9	3,3	9,1	2,1	5,8
analogie mongolfière	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
autres	3,0	10,0	6,3	5,9	10,0	9,1	6,3	8,1
pas d'explication	12,1	3,3	9,4	5,9	16,7	9,1	13,4	21,3



6.1- Au bout d'un certain temps, à votre avis :

Expliquez votre choix

chauffage de l'air	Lycée 2 2nd 6		Lycée 1 2nd 12		Lycée 1 2nd 8		Total	
	en %		en %		en %		en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
la balle 1 reste cabossée	27,3	13,3	12,5	20,6	10,0	27,3	16,8	19,8
eau chaude fait fondre le plastique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ce qui fait gonfler ne peut pas entrer	6,1	10,0	0,0	2,9	10,0	18,2	5,3	9,3
air /gaz/vapeur d'eau	3,0	6,7	0,0	2,9	6,7	13,6	3,2	7,0
eau	3,0	3,3	0,0	0,0	3,3	4,5	2,1	2,3
eau chaude n'a pas d'action	3,0	0,0	3,1	0,0	0,0	4,5	2,1	1,2
autre	6,1	3,3	0,0	8,8	0,0	4,5	2,1	5,8
pas d'explication	12,1	0,0	9,4	5,9	0,0	0,0	7,4	2,3
	51,5	76,7	59,4	67,6	56,7	54,5	55,8	67,4
la balle 1 retrouve sa forme normale	51,5	76,7	59,4	67,6	56,7	54,5	55,8	67,4

air est expansible/ agit	3,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,2
air se dilatte	9,1	26,7	15,6	35,3	10,0	27,3	11,6	30,2
air chaud monte	0,0	3,3	0,0	2,9	3,3	0,0	1,1	2,3
appartion d'un gaz	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	1,1	1,2
T&P augmente dc air pousse paroi	0,0	13,3	0,0	0,0	3,3	0,0	1,1	4,7
molécules s'agitent	0,0	10,0	0,0	2,9	0,0	9,1	0,0	7,0
chaleur agit sur le plastique	6,1	3,3	9,4	0,0	0,0	0,0	5,3	1,2
eau chaude agit sur le plastique	0,0	6,7	9,4	0,0	0,0	0,0	3,2	2,3
molécule s'agitent et tapent sur la paroi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	2,3
déjà fait l'expérience	12,1	3,3	6,3	0,0	16,7	4,5	11,6	2,3
autre	15,2	0,0	0,0	11,8	3,3	4,5	6,3	5,8
pas d'explication	6,1	3,3	18,8	14,7	16,7	0,0	13,7	7,0
je ne sais pas	15,2	10,0	12,5	5,9	20,0	13,6	15,8	9,3

chauffage de l'air	Lycée 2 2nd 6		Lycée 1 2nd 12		Lycée 1 2nd 8		Total	
	en %		en %		en %		en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
la balle 2 reste cabossée	48,5	70,0	56,3	61,8	50,0	36,4	51,6	58,1
air sort par le trou	9,1	30,0	25,0	29,4	6,7	13,6	13,7	25,6
pression est évacuée par le trou	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
la balle sera remplie d'eau	12,1	16,7	9,4	0,0	23,3	9,1	14,7	8,1
gaz est parti et l'eau rentre	3,0	6,7	0,0	2,9	6,7	0,0	3,2	3,5
il y a un trou	0,0	0,0	6,3	5,9	3,3	4,5	3,2	3,5
autre	15,2	6,7	3,1	8,8	0,0	0,0	6,3	5,8
pas d'explication	12,1	6,7	12,5	14,7	6,7	4,5	10,5	9,3
la balle 2 retrouve sa forme normale	27,3	16,7	15,6	14,7	16,7	36,4	20,0	20,9
ce qui fait gonfler va entrer	21,2	10,0	6,3	11,8	16,7	22,7	14,7	14,0
air /gaz/vapeur d'eau	6,1	3,3	3,1	5,9	13,3	18,2	7,4	8,1

eau	15,2	6,7	3,1	5,9		4,5	7,4	5,8
autre	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0
pas d'explication	3,0	6,7	9,4	2,9	0,0	13,6	4,2	7,0
je ne sais pas	9,1	10,0	18,8	17,6	20,0	18,2	15,8	15,1
pas de réponse	15,2	3,3	9,4	5,9	13,3	9,1	12,6	5,8

«2- Lorsque l'on joue au football, il arrive que le ballon soit trop dur. Pour qu'il fasse moins mal tout en gardant la même forme, on le dégonfle un peu.

2.2-A votre avis, une fois que le ballon sera un peu plus dégonflé, il pèsera :

-plus lourd

-plus léger

-la même chose

Expliquez»

Masse de l'air	Lycée 2 2nd 6 en %		Lycée1 2nd12 en %		Lycée1 2nd 8 en %		Total en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
PLUS LOURD	30,3	6,7	28,1	20,6	23,3	9,1	27,4	12,8
air/gaz allège	9,1	3,3	12,5	0,0	6,7	4,5	9,5	2,3
air/gaz pèse	3,0	0,0	3,1	0,0	0,0	4,5	2,1	1,2
molécules pèsent	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
autre	9,1	0,0	3,1	11,8	10,0	0,0	7,4	4,7
pas d'explication	9,1	0,0	6,3	8,8	6,7	0,0	7,4	3,5
PLUS LEGER	27,3	56,7	37,5	58,8	50,0	72,7	37,9	61,6
air/gaz pèse	6,0	20,0	12,5	23,5	13,3	13,5	10,6	19,4
molécules pèsent	0,0	6,7	6,3	5,9	3,3	4,5	3,2	5,8
moins gaz/air/ molécules	15,3	26,6	12,5	14,7	33,2	36,3	19,8	24,5
autre	3,0	3,4	6,2	5,9	0,0	4,8	3,2	4,7
pas d'explication	3,0	0,0	0,0	8,8	0,0	13,6	1,3	7,2
PAREILS	39,4	30,0	31,3	20,6	26,7	18,2	32,6	23,3
air/gaz ne pèse pas	24,2	16,7	6,3	0,0	20,0	4,5	16,9	7,0
molécule ne pèsent pas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	1,2
air/gaz pèse mais c'est infime	6,1	10,0	15,6	14,7	0,0	0,0	7,4	9,3
molécules pèsent mais infime	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
autre	9,1	3,3	3,1	0,0	6,7	9,1	6,3	3,5
pas d'explication	0,0	0,0	6,3	5,9	0,0	0,0	2,1	2,3

Pas de réponse **3,0** **6,7** **3,1** **0,0** **0,0** **0,0** **2,1** **2,3**
 «7- On remplit un verre de coca-cola.

7.1- A votre avis lorsque toutes les bulles seront parties, le verre pèsera :

Expliquez»

Masse d'un gaz	Lycée 2 2nd 6		Lycée 1 2nd 12		Lycée 1 2nd 8		Total	
	en %		en %		en %		en %	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Nombre d'élèves	33	30	32	34	30	22	95	86
PLUS LOURD	6,1	10,0	12,5	5,9	13,3	4,5	10,5	7,0
gaz/bulles allège	3,0	3,3	6,2	2,9	0,0	0,0	3,2	1,2
gaz/bulles pèse	0,0	0,0	0,0	2,9	6,6	0,0	2,1	2,4
Autres	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	2,4
Pas d'explication	3,0	3,3	6,3	0,0	6,7	0,0	5,3	1,2
PLUS LEGER	18,2	43,3	18,8	41,2	40,0	40,9	25,3	41,9
gaz/bulle/air pèse	15,2	13,3	6,2	23,7	13,3	18,2	11,6	18,7
molécules pèsent	3,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,5
moins d'air/gaz/ molécule	0,0	6,7	3,1	2,9	3,3	22,6	2,2	9,3
Autres	0,0	0,0	0,0	2,9	16,7	0,0	5,3	1,2
Pas d'explication	0,0	13,3	9,4	11,8	6,7	0,0	5,3	9,3
LA MEME CHOSE	57,6	36,7	46,9	35,3	30,0	40,9	45,3	37,2
gaz/air bulle ne pèse pas	18,2	16,7	9,4	2,9	13,3	22,7	13,8	12,8
l'air/gaz/bulles pèse mais c'est infime	15,2	13,3	12,6	20,6	6,7	4,5	11,6	14,1
AutreS	3,0	6,7	25,0	11,8	10,0	13,6	12,6	10,3
Pas d'explication	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0
Pas de réponse	18,2	10,0	21,9	17,6	16,7	13,6	18,9	14,0

2- Lorsque l'on joue au football, il arrive que le ballon soit trop dur. Pour qu'il fasse moins mal tout en gardant la même forme, on le dégonfle un peu.

2.1-Décrivez ce qui se passe lorsqu'on le dégonfle ?

Évolution des termes employés pour décrire un ballon qui se dégonfle

Description	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
DP	0	0
Masse plus légère	0	0
Pression diminue	1	2
moins de choc sur les parois	0	0
Air qui sort	25 (A&E)	5 (A)
gaz qui sort		2
molécules qui sortent	2	9
force moins importante	0	0
volume diminue	1	0
air occupe moins de place	0	0
P diminue et moins d'air	0	0
molécules sont moins serrées	0	0
air a plus de place	0	0
Autres	0	4 (E)
Rien	0	0

2.2-A votre avis, une fois que le ballon sera un peu plus dégonflé, il pèsera :

Expliquez

Masse d'un gaz	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
PLUS LOURD	7	2
air allège	2	1
air pèse	0	1
pas d'explication	5	0
PLUS LEGER	15 (A&E)	16 (A&E)
air pèse	3 (A)	1
gaz pèse	0	1
Molécules pèsent	1	1
volume proportionnelle à la masse	1	1 (A)
moins d'air	7	3 (E)
ballon moins dur	1 (E)	3
on a retiré quelque chose	1	0
plus de vide donc moins lourd	1	1
PAREILS	8	4
l'air ne pèse pas	6	1
Molécule ne pèsent pas	0	1
pas d'explication	2	2
Pas de réponse	0	0

7- On remplit un verre de coca-cola.

7.1- A votre avis lorsque toutes les bulles seront parties, le verre pèsera :

Expliquez

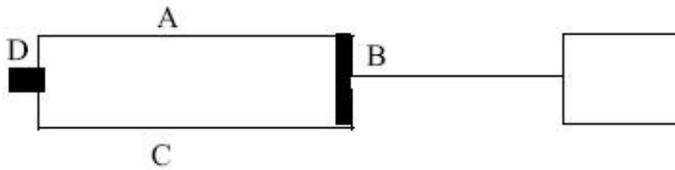
Masse d'un gaz	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
PLUS LOURD	4	1
gaz pèse	1	0
les bulles se transforme en liquide	1	0
le gaz est plus léger que le coca	0	1
Pas de réponses	2	0
PLUS LEGER	12	9
gaz pèse	3	4
bulles pèsent	1	0
moins de gaz	0	3
moins d'air	0	1
moins de bulles	1	0
moins de molécules	0	1
verre sera logiquement moins lourd	5	0
pas d'explication	2	0
LA MEME CHOSE	9 (E)	9 (A&E)
gaz ne pèse pas	4	5 (A)
l'air pèse mais c'est infime	0	1 (E)
gaz pèse mais c'est infime	2 (E)	0
pas d'explication	3	3
Pas de réponse	5 (A)	3

2.4- Lorsque l'on dégonfle le ballon, il devient moins dur. Expliquez

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
air exerce moins de pression	2	4 (A)
moins de pression	1	4
moins de chocs		4
molécule exerce moins de pression		3
moins d'air	12 (A&E)	0
moins de gaz		1
moins de molécules	2	4(E&A)
-d'air donc plus éparpillé	2	0
air est moins comprimé/compressé	3	1
air pourra mieux se déplacer	1	0

molécules ont plus d'espace	0	0
air prend moins de place	3	0
Autres	2	
Pas de réponse	2	1

4- On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin.



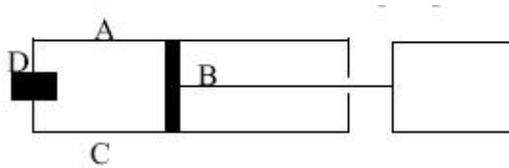
4.1.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
Aucune paroi	8	0
Air ne subit aucune action (P ou F)	5	0
Autre	3	0
parois ABCD	16	20 (A&E)
Air occupe toute la place :	4	4 (E & «A»)
-macro	3	3
-micro	1	1
Pression	0	10
-pression est la même partout	0	8
-l'air exerce une pression pour sortir	0	1
Même chocs des molécules sur parois	0	1
Air ne bouge pas	1	0
Molécules se concentrent sur parois	0	1(A)
On n'a pas encore appuyé sur pompe	6	1
Autre	5	1
Pas d'explication	0	2

sur D	2	0
l'endroit par où sort l'air	2	0
sur B	3 (A&E)	0
le piston pousse l'air a sortir	2 (A)	0
pas d'explication	1 (E)	0
sur A et C	0	1
Air agit plus car plus de surface	0	1
Pas de réponse	1	1

4.2- On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon.



4.2.1- A votre avis :

Expliquez votre réponse

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
aucune paroi	0	0
parois ABCD	6	14 (A&E)
DP	0	0
Mêm explication que 4.1.1	0	0
Air occupe la plus de place	0	0
Air est présent partout	0	3 (A)
Molécules sont présentent partout	0	1
Pression	0	4
pression est la même sur les parois	0	4
apparition d'une pression	0	0
l'air exerce une pression pour sortir	0	0
à cause de la pression	2	0
Molécules s'entassent	0	0
Molécules tapent sur les parois	0	2 (E)

Air agit de la même façon	0	4
air	0	0
Air est comprimé	0	0
Molécules se compriment	0	0
Air veut sortir par tous les moyens	0	0
Même surface	0	0
Air plus condensé	0	0
Intensité augmentée	0	0
Pareils, mais l'air agit plus fort	0	0
Pareils, mais la P agit plus fort	0	0
pas d'explication	4	0
sur D	20 (A&E)	3
Air est poussé vers D	6 (A)	3
L'air pousse pour sortir	0	0
Air veut sortir	3	0
Plus de pression en D	7	0
Air est compressé	0	0
pas d'explication	4 (E)	0
sur B	3	3
Mouvement de B	1	1
Pression plus importante en B	0	1
Gaz veut reprendre sa place	0	1
Autre	2	0
sur C	0	0
plus de choc vers le bas (attraction)	0	0
autre	0	0
sur B et D	0	1
Même surface	0	1
autre	0	0
Pas de réponse	1	1

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
pas d'évolution	3	15 (A&E)
aucun vers ABCD	3	0
aucun vers D	5	0
aucun vers B	0	0
D vers ABCD	1	0
ABCD vers D	11	3
ABCD vers B	2	3
D vers B	0	0
B vers D	3 (A&E)	0
aucun vers D et B	0	0

Pas de réponse

2

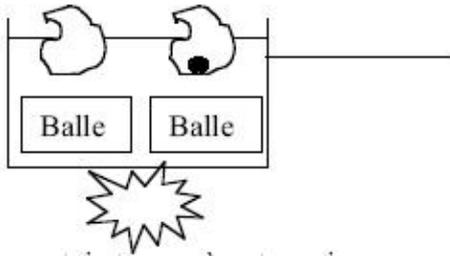
1

3- On chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus. Au bout d'un certain temps le ballon se gonfle

3.1-Expliquez le fait que le ballon se gonfle ?

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
dilatation	1	4
bouge plus vite	0	4
air chaud monte	6	4
le ballon se remplit d'air	7 (E)	1
le ballon se remplit de gaz	0	2 (E)
apparition de gaz	13 (A)	5 (A)
Pas de réponse	3	2

6- On jette dans de l'eau très chaude deux balles de ping-pong cabossées, l'une des deux balles est trouée (balle 2).



6.1- Au bout d'un certain temps, à votre avis :

Expliquez votre choix

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
la balle 1 reste cabossée	3 (A)	7 (A)
ce qui fait gonfler ne peut pas entrer	0	4 (A)
eau chaude n'a pas d'action	3 (A)	0
pas de réponse	0	3
la balle 1 retrouve sa forme normale	17 (E)	11 (E)
air se dilatte	3	6
air chaud monte	1	0
appartion d'un gaz	1	0
T&P augmente dc air pousse paroi	1	1
molécules poussent sur paroi	0	2 (E)
quelque chose rentre et gonfle	2	0

eau chaude agit sur le plastique	0	0
déjà fait l'expérience	3	1
pas d'explication	6 (E)	1
je ne sais pas	10	4

6.2- Au bout d'un certain temps, à votre avis :

Expliquez votre choix

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
la balle 2 reste cabossée	15 (E)	9 (E)
eau chaude fait fondre le plastique	0	0
air sort par le trou	2	4
pression est évacuée par le trou	0	1
la balle sera remplie d'eau	7 (E)	2 (E)
gaz est parti et l'eau rentre	2	0
il y a un trou	2	0
fait l'expérience	0	1
pas d'explication	2	1
la balle 2 retrouve sa forme normale	5 (A)	7 (A)
ce qui fait gonfler va entrer	5 (A)	5 (A)
pas d'explication	0	2
je ne sais pas	10	6

2.3- Représentez l'air dans le ballon avant qu'on le dégonfle (figure a) et une fois qu'il est dégonflé (figure b)

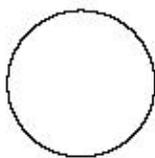


Figure a

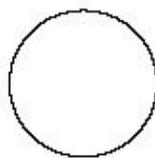


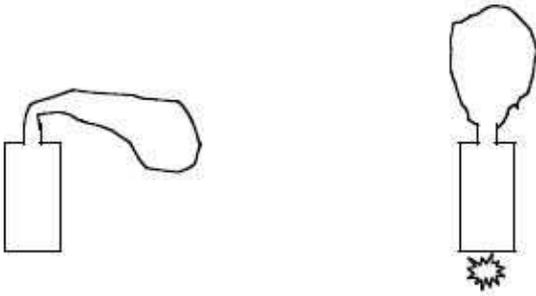
Figure b

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
Trait continue	18 (E)	4
Trait discontinue	10 (A)	17 (A)
Autres	2	1 (E dessin macro/micro)
	0	0
Partout :	15 (A)	18 (A & E)
-molécules se touchent	1	1

A un endroit	15 (E)	3
autre	0	1
La quantité représenté diminue	30 (A&E)	21 (A & E)
La quantité ne diminue pas	0	0
autre	0	1
pas de dessin	0	0

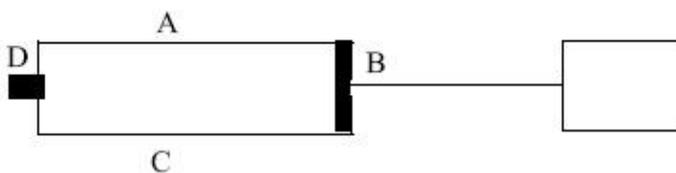
3- On chauffe une bouteille en fer avec un ballon de baudruche dessus. Au bout d'un certain temps le ballon se gonfle

3.2- Schématisez ce qui se passe



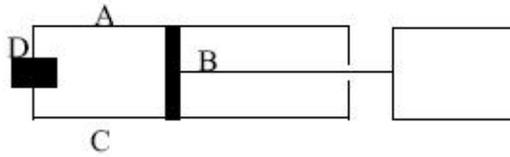
	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
trait continue	12 (A & E)	2 (E)
trait discontinue	8	15 (A)
autre	5	3
Partout :	14 (A & E)	12
-inhomogène (plus en haut)	-3	3
A un endroit	10	6 (A&E)
-plus en haut		-4 (E)
-plus sur la paroi		-1 (A)
autre	1	2
apparition (plus de gaz/air..)	3 (A)	2 (A)
air/gaz monte (flèche en haut)	12	5
mouvement des molécule		1
autre	10 (E)	14 (E)
pas de dessin	5	2

4- On bouche une pompe à vélo avec un bouchon, dans la position du dessin.



4.1.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

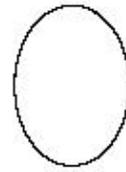
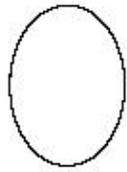
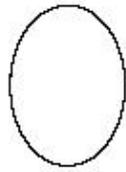
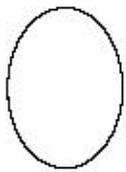
4.2- On pousse maintenant sur le piston, en maintenant la pompe fermée avec le bouchon.



4.2.2 Sur le dessin ci-dessus, représentez l'air enfermé dans l'enceinte (ABCD).

	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
Trait continue	21	3
Trait discontinue	8 (A&E)	18 (A&E)
autres	0	0
Partout :	21 (A)	21 (A&E)
-homogène	21	0
-pas homogène	0	0
-molécules se touchent	0	0
Plus a un endroit	8 (E)	0
autres	0	0
quantité même	1	-
autres	28 (A&E)	21
Pas de dessin	1	1

5.2- Représentez l'air, l'hydrogène, le gaz de ville et l'hélium dans chacun des ballons



air

hydrogène

gaz carbonique

hélium

description des dessins	avant (30) en nbre	après (22) en nbre
représentation continue	15 (E)	2
représentation discontinue	4 (A)	14 (A &E)
autres	2	0
Partout :	9 (E)	13 (A & E)
-homogène	9	0
-pas homogène	0	0
-molécules se touchent	0	0

Plus a un endroit :	11(A)	3
-H en haut	8 (A)	0
-plus au centre		0
-un peu partout		0
-hydrogène en bas		0
-CO2 plus en bas		0
-moins au centre		0
Autres	1	0
Représentation identique	14 (A&E)	14 (A&E)
Représentation différente	7	2
autres	0	0
nombre différent (micro)	3 (E)	11 (A & E)
même nombre (micro)	1	2
autres	17 (A)	3
pas de dessin	9	6

Numéro de la Questions situation		Nom abrégé
1.0	Lorsque tu es dehors, comment sais-tu s'il y a du vent?	vent
1.1	On place un ventilateur devant l'élève interviewé et on l'allume. Comment sais-tu qu'il est allumé?	ventilateur
2.0	On colle un sucre au fond d'un verre, si on enfonce ce verre à l'envers dans une bassine remplie d'eau, que va-t-il arriver au sucre ? On fait l'expérience, qu'observes-tu ? Explique ?	verre + sucre (<u>P</u> rédiction) verre+sucre (<u>O</u> bservation) verre+sucre (<u>E</u> xplication)
3.0	On prend trois bouteilles, la première est remplie d'hélium, la seconde de gaz de ville et la dernière d'air. Compare le poids des bouteilles	trois bouteilles (masse)
3.1	Selon toi, comment sont réparti l'hélium, le gaz de ville et l'air dans les bouteilles ?	trois bouteilles (répartition)
4.0	On pose un réchaud un récipient en fer fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer? Touche le film plastique et décris ce que tu perçois? Le plastique se gonfle, explique ?	chauffe récipient fer (P) chauffe récipient fer (O) chauffe récipient fer (E)
4.0.3	À ton avis, où l'air agit dans le récipient ? Explique ?	chauffe récipient fer (R agit)
4.0.4	À ton avis, comment l'air se répartit dans le récipient ? Explique ?	chauffe récipient fer (répartition)
4.1	On refroidit un récipient en fer, fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer ? Décris ce que tu perçois ? Explique ?	refroidit récipient fer (P) refroidit récipient fer (O) refroidit récipient fer (E)
4.1.3	À ton avis, où l'air agit dans le récipient ? Explique ?	refroidit récipient fer (R agit)
4.1.4	À ton avis, comment l'air se répartit dans le récipient ?	refroidit récipient fer

	Explique ?	(répartition)
5.0	Présentation d'un verre rempli d'une boisson gazeuse. Décris ce que tu vois ?	boisson gazeuse (O)
5.1	Lorsqu'il n'y aura plus de bulles dans la boisson, à ton avis, le verre pèsera: plus lourd, moins lourd ou pareil ? Explique ?	boisson gazeuse (E)
6.0	Peux-tu attraper de l'air? explique comment?	attraper
6.1	Peux-tu attraper de l'air avec une bouteille ? Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans?	attraper bouteille
6.2	Peux-tu attraper de l'air avec un sac plastique ? Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans?	attraper sac plastique
8.0	Seringue que l'on bouche avec le doigt, on appuie sur le piston décrit ce qu'il se passe, explication ?	seringue pousse
8.0.1	À ton avis, où l'air agit dans la seringue ?	seringue pousse (R agit)
8.0.2	À ton avis, comment l'air se répartit dans la seringue ?	seringue pousse (répartition)
8.1	Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique ?	seringue pousse/lâche
8.2	Si on tire le piston et qu'ensuite on le lâche, il revient, explique ?	seringue tire/lâche
9.0	On place un chauffage devant l'interviewé et on l'allume. Comment tu sens que ça chauffe ?	chauffage
9.1	A ton avis comment est réparti l'air dans la pièce ?	chauffage (répartition)
10.0	On ouvre un flambie, si on le retourne que va-t-il se passer ? On le fait, que se passe-t-il ? Explique ?	flambie (P) flambie (O) flambie (E)
10.1	Si on enlève la languette que va-t-il se passer ? On le fait, que se passe-t-il? Explique ?	flambie languette (P) flambie languette (O) flambie languette (E)
11	Pour faire de la confiture d'abricot, on fait chauffer du sucre avec des abricots. On place ensuite la confiture encore chaude dans des bocaux que l'on ferme avec un couvercle. Lorsque la confiture a complètement refroidi, il est très difficile d'ouvrir le pot, explique ?	confiture
12.0	On a maintenant trois ballons, le premier gonflé à l'hélium, le second gonflé au gaz de ville et le dernier gonflé à l'air. Si on les lâche que va-t-il se passer ?	trois ballons
12.0.1	À ton avis, où l'hélium agit dans le ballon? Explique? À ton avis, où l'air agit dans le ballon? Explique ? À ton avis, où le gaz de ville agit dans le ballon? Explique ?	trois ballons (agit)
12.2.0	Dans ce ballon il y a une certaine quantité d'air, que signifie pour toi le mot quantité ? Comment ferais-tu pour la connaître ?	quantité
12.2.2	Est-ce que c'est la même dans les trois ballons ?	trois ballons (quantité)
12.3	En cours on t'a parlé de molécules, est-ce que tu pourrais interpréter grâce aux molécules ce qui se passe avec les trois ballons (hélium, air, gaz de ville)	trois ballons (molécules)

	On chauffe avec le camping gaz l'ouverture d'un sac en plastique, si on le lâche que va-t-il se passer ?	mongolfière (P)
	On le fait, décris ce qui se passe ?	mongolfière (O)
	Explique ?	mongolfière (E)
14.0	À quoi te fais penser le mot air	mot air
14.1	À quoi te fais penser le mot gaz	mot gaz

Passages non transcrits :

On différencie :

Passages transcrits avec un doute

Certains passages ne sont pas très audibles et lorsqu'un doute persiste, nous l'indiquons dans la transcription en soulignant le ou les mots sur lesquels portent l'hésitation et en indiquant entre parenthèses la phrase pas sûre :

chien

Le tour de parole:

Il est indiqué par le changement de locuteur (changement de l'initiale du nom dans la transcription), mais il n'est pas numéroté. Car comme les transcriptions ne sont que partielles le numéro du tour ne correspond pas à la réalité de la bande vidéo. Néanmoins il est possible de préciser le tour de parole pour chaque extrait retranscrit et nous déciderons au cas par cas.

Exemple de tour de parole sans numérotation :

L'adressage :

l'adressage n'est précisé que s'il y a un doute sur le récepteur. Il est précisé par son abréviation après celui de l'émetteur, par exemple :

Auto-interruptions et interruptions :

Le tiret indique un mot interrompu brutalement par le locuteur ou le récepteur.

Ex1. : A : c'était té- c'était terrible ou

Ex2 : A : je suis allé au mar-

B : au fait/ as tu vu Roger ce matin (?)

Chevauchements :

On indique seulement le début du chevauchement avec le signe [

Pauses :

On distingue :

Si la pause coïncide avec une action, on note, l'action comme ceci : (10s, (*P soulève la pierre*))

Orthographe :

La non-prononciation est indiquée par un apostrophe, ex. : j'vois pour je vois

Productions vocales non lexicalisées :

Elles sont notées dans leur transcription courante : hm, pfff, ben, euh

Intonations :

On ne transcrit pas les intonations objectivement mais on interprète celle-ci en termes d'interrogation, d'exclamation et d'affirmation. On utilise alors les symboles utilisés dans les conventions d'écriture indiqués entre parenthèses.

ex. : (?), (!), (.)

Allongements :

Ils sont indiqués par le signe «:». Lorsque l'allongement est prolongé, on répètera le signe plusieurs fois («::», «:::»...) ex : a::h

Productions sonores :

Les productions sonores sont décrites succinctement. Elles sont indiquées entre parenthèses et en majuscules et sont parfois codées pour les plus courantes d'entre elles.

Le non verbal :

On indique entre parenthèses et en italique, les gestes et actions.

Si l'action coïncide avec la parole, on la note en soulignant les mots qui correspondent à la parole exemple :

monte
monte

Ce qui signifie que A soulève la pierre en même temps qu'il dit le mot monte et continue son geste pendant environ 1s sans parler lorsqu'il dit et redescend il ne fait plus de geste.

Les idées sont reconstruites à partir des passages retranscrits (indiqué par les interlocuteurs A (Anne) et D (l'intervieweur)). Les autres passages sont décrit rapidement et les phrases entre guillemets, correspondent à ce qu'a dit Anne.

Temps	Question et Transcription	idée
00:00	Installation	
1:08	1.0- Lorsque tu es dehors, comment sais-tu s'il y a du vent? «on voit le mouvement du vent dans les arbres et dans les cheveux» « des fois on l'entend»	vue ouïe
1:56	1.1- On place un ventilateur devant l'élève interviewé et on l'allume, comment sais-tu qu'il est allumé? «là j'le sens»	toucher
2:37	2.0- On colle un sucre au fond d'un verre, si on enfonce ce verre à l'envers dans une bassine remplie d'eau, que va-t-il arriver au sucre? A : déjà/ y aura pas d'eau qui va rentrer/ et eu::h/ et puis fff (rire) D : et eu::h est-ce que t'as une explication au fait qu'y ait pas d'eau qui va rentrer A : ben j'pense que la press- comme il y a de l'air dans le (geste) avant de mettre dans l'eau y'avait de l'air qui va rentrer (pointe l'intérieur du verre avec le doigt) D : ouais A : et la pression de l'air elle va faire (geste)/ euh elle est plus fort déjà que (geste) que l'eau D : hm A : donc ça va retirer l'eau sur les côtés (geste)/ et l'air va rester à l'intérieur/ et dès qu'on soulève un petit peu (geste)/ comme y'aura de l'air (inaud)	air est présent partout air agit plus fort que l'eau pression = action de pousser
3:56	2.1- On fait l'expérience, qu' observes-tu? A : ben là euh/ j'vois pas mais y a pas d'eau normalement/ y'a eu (geste) au moment où j'ai mis y'a eu juste le dégagé de l'air/ qui a repoussé l'eau et puis	
4:20	2.2- Explique ? A : qu'le sucre n'soit pas mouillé (?) D : ouais A : ben qu'y ait pas d'eau dedans D : d'accord et ça c'est pasque (?) fin euh A : ben pasque le (geste) quand on met l::e l'eau dedans	

- D : ouais
A : le verre dedans j'veux dire (geste)/ il y a l'air d::u/ la pression de l'air elle est plus forte que celle de l'eau (geste) Pair> Peau
- 4:46 **3.0-** On prend trois bouteilles, la première est remplie d'hélium, la seconde de gaz de ville et la dernière d'air. Compare le poids des bouteilles
 forte hésitation (gratte, ...)
 «les trois bouteilles pèsent pareils», pas de justification
- 5:34 **3.1-** Selon toi, comment sont réparti l'hélium, le gaz de ville et l'air dans les bouteilles ?
 D : l'hélium gaz se répartit de partout
 A : (3s)
 D : est-ce qui va être partout (?) est-ce qui va être à un endroit particulier (?)
 A : non de partout/ dans toute la bouteille
 D : l'air (?)
 A : l'air aussi il sera de partout
 D : d'accord et le gaz (?)
 A : aussi
- 5:58 **4.0-** On pose un réchaud un récipient en fer fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer?
 D : ça on va le chauffer/ à ton avis qu'est-ce qui va se passer (?)
 A : qu'est-ce qui va se passer/ ...
 D : voilà on va le mettre comme ça/ qu'est-ce qui va se passer ?
 A : ben y'a du/ du gaz (montre du bas du récipient en fer jusqu'en haut) qui va aller tout en haut
 D : ouais
 A : ça va chauffer
 D : donc y'a du gaz qui est là (réchaud à gaz) qui va rentrer à l'intérieur (du récipient)/ c'est ça
 A : (2s) ben j'sais pas
 D : non mais c'est pas grave/ c'est qu'est-ce qui te passe-
 A : ouais ouais/ j'pense/ je suis pas sûr gaz rentre dans la bouteille (induit par D)
- 7:19 **4.0.1-** Touche le film plastique et décris ce que tu perçois?
 D : d'accord on le fait/ (D allume le réchaud)/ voilà j'veis demander de mettre ton doigt là et de toucher et de décrire ce que tu sens
 A : ben/ le fait que/ ah ben ouais/ le fait que y'a de l'air/ avec le gaz / ça fait ça fait (fait le geste de gonfler)/ bomber/ ça fait augmenter de volume (montre le plastique avec sa main) le plastique chauffe volume augmente
 D : et au niveau de ton doigt qu'est-ce que tu as senti
 A : de la chaleur
 D : d'accord
- 7:52 **4.0.2-** Le plastique se gonfle, explique ?
 D : est-ce que tu peux me redire ton explication pasque j'ai pa::s
A : en fait quand ça chauffe/ y'avait de l'air déjà à l'intérieur et avec le gaz/ ça la fait encore plus augmenter de volume

- D : donc c'est le gaz qui est dans cette bouteille là qui- air augmente de volume
 A : qui fait le phénomène
 D : qui est rentrer dedans
 A : ouais
 D : et donc ça prend plus de place
 A : ouais
 D : et à ton avis/ si on le met comme ça (D met de côté le récipient sur le réchaud) est-ce que ça va changer quelquechose (?)
 A : (4s) ben non
 D : d'accord
- 8:20 **4.0.3-** A ton avis, où l'air agit dans le récipient? Explique?
 [...]

A : comme ça ou quand on chauffe
 D : quand on a chauffé
A : quand on a chauffé ben y'a y'a ben non il est de partout mais p't'être plus j'dirai plus en haut gaz réparti plus à un endroit
 D : d'accord

8:41 **4.1-** On refroidit un récipient en fer, fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer?
 «ça va revenir comme avant»

9:24 **4.1.1-** décrit ce que tu perçois?
 «c'est revenu»
 elle touche le plastique

9:30 **4.1.2-** Explique ?
 «ça fait/ pt'être l'effet de l'eau/ ça a enlevé (1s) un/ un maximum de gaz (1s) pasque d'dans y'a d'jà toujours y' touj- j'pense qu'il y a tout le temps de l'air» refroidit
 disparition de gaz

10:03 **4.2-** On imagine que l'on fait la même chose avec du gaz de ville, à ton avis que va-t-il se passer, explique?
 «il va se passer la même chose « air = gaz

10:23 **5.0-** Présentation d'un verre rempli d'une boisson gazeuse. Décris ce que tu vois?
 «Il y a beaucoup de bulles»

10:55 **5.1-** Lorsqu'il n'y aura plus de bulles dans la boisson, à ton avis, le verre pèsera: plus lourd, moins lourd ou pareil? explique?
 ...
 A : ça s'ra déjà (inaud) moins lourds
 D : d'accord et euh est-ce que t'as une explication au fait que ça puisse être moins lourd (?)
 A : ben les/ déjà y'aura toute les bulles qui vont partir donc **les bulles de gaz** elles vont toutes partir
 D : ouais
 A : et puis euh je sais pas/ ça a p't'être un poids au niveau de après c'qui reste/ comme elle part comme elles vont partir y'aura plus rien
 D : c't'as dire les bulles elles ont un poids (?)
 A : non je sais pas
 D : non non non c'est justement j'aimerais que tu développes cette idée là/ fin

- A : b::en/ pasque là y'a beaucoup/ comparé à ce qu'il y a y'a beaucoup de bulles y'en a de partout dans la se- dans le verre/ donc euh comme/ si on attends elles vont toutes partir
D : ouais
A : donc si elles ont déjà/ y'en a beaucoup elles font un poids/ quand y'en aura plus du tout/ elles feront déjà un poids plus petit
D : ouais ouais/ elles feront mêmes plus de poids pousqu'il y'en a plus
A : ouais ouais
D : mais donc l'explication/ je sais pas si j'ai bien compris/ ça s'rait en fait les bulles **elles pèsent quelques choses(?)**
A : **ouais pas grand chose/ mais un p'tit peu** gaz pèse
D : d'accord
- 12:49 **6.0-** Peux-tu attraper de l'air? explique comment?
D : est-ce que tu peux attraper de l'air (?)
A : attraper (?)
D : ouais
A : (3s) ben/ oui
D : ben comment
A : **y'en a de partout** air est de partout
D : ouais
A : ben en f'sant comme ça (A ferme la main)/ on a de l'air dedans
- 13:10 **6.1.0-** Avec une bouteille
6.1.1- Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans?
A : là dedans
D : ouais
A : **en faisant comme ça (A bouche la bouteille)** Attraper de l'air = fermer
D : d'accord et alors comment tu peux être sûr qu'il y a de l'air dedans
A : ben pasque forcément il y a de l'air qui rentre (geste de la main air est de partout en pointant vers l'intérieur de la bouteille)/ **y'en a tout le temps dedans/** donc dès que j'bouche y'en aura encore
- 13:19 **6.2.0-** Avec un sac en plastique
A : si on fait comme ça et qu'après on ferme (A ferme le sac)/ là air est de partout y'aura de l'air
- 13:53 **6.2.1-** Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans?
A : ben on le voit (appuie sur le sac avec sa main)/ comme ça/ **qu'ça soit plus gonflé (1s) et dès qu'on lâche ça revient normale/ donc euh l'air elle est toute partie** quantitéeffet du air
- 14:38 **7.2-** Comment expliques-tu que la bouteille soit loin de toi et que tu sentes l'odeur?
le gaz va se réprendre dans l'air
- 15:37 **8.0-** Seringue que l'on bouche avec le doigt, on appuie sur le piston décrit ce qu'il se passe, explication?
A : ben c'est dur à / comment dire/ **y'a une force qui s'passe/ pour euh/ quand j'appuie en fait** appuieair agit sur le piston
D : hm
A : **qui essaie de me retirer comme ça**
D : d'accord
A : **ça doit être la force de l'air**

- 16:09 **8.0.1-** A ton avis, où l'air agit dans la seringue?
 D : à ton avis quand tu bouches et qu't'appuis comme ça/ où est-ce que l'air elle agit dans la seringue (?)
 A : là surtout/ là elle rentre
 D : alors excuse moi/ j'ai pas bien vu où se situait ton là
 A : non mais/ où exactement ?
 D : ben à ton avis/ est-ce que/ l'air qu'est dedans je parle/
 A : ouais
 D : est-ce qu'elle agit de partout/ est-ce qu'elle agit à un endroit spécifique/ je sais pas
 A : ici moi/ je dirai/ que / **entre le truc noir et l'endroit on l'on bouche en faite**
 D : elle agit entre les deux
 A : voilà air agit à un endroit
 D : en faite ça veut dire partout
 A : ouais partout oui/ **mais en faite j'dis là** (montre le piston)
surtout pasque l'air elle passe bien aussi
 D : ouais/ mais après l'air elle passe pas là air agit à un endroit
 A : ouais/ a ben oui elle passe plus (observe la seringue)/ ben oui air traverse les parois
- 17:10 **8.1-** Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique?
 D : t'appuis après tu lâches/ est-ce que tu peux décrire ce qu'il se passe ?
 A : là j'appuie
 D : ouais voilà t'appuies
 A : ouais/ ben ça retourne/ ça recule
 D : d'accord pousse pistonair traverse la paroi = quantité d'air
 A : pasqu'il y a/ **là je mets encore plus d'air**(A pousse sur le piston de la seringue bouchée) et **la pression de l'air elle fait que ça recule encore plus** P air agit
 D : d'accord/ tu parles de pression de l'air/ t'entends quoi exactement par pression de l'air/ c'est-à-dire pression= force
 A : **force/ c'est la force j'pense/ la pression ouais la force que ça donne**
 D : est-ce que tu peux décrire un peu plus la force pasque même nous entre/ enfin n'importe qui on a tous des définitions d'un même mot et souvent c'est pas la même/ que ce soit la force ou la pression
 A : euh/ pfou force/ ben
 D : là dans ce cas concret la force de l'air ça serait quoi/ qu'est-ce qu'elle fait pousse pistonaugmenté Q
 A : ben elle aurait rentré là-dedans et quand j'aurai bouché et **ben comme là j'mets encore plus d'air** (A pousse sur le piston de la seringue bouchée)/ y'a de l'air qui (geste de rentrer)/ non l'air elle état de l'air
 va encore plus se compresser **donc comme j'vais lâcher elle va comment s'décompresser/ s'relacher/ donc ça va reculer**
 D : d'accord
- 18:24 **8.2-** Si on tire le piston et qu'ensuite on le lâche, il revient, explique ?
 D : alors maintenant si pareil tu bouches toujours/ maintenant le piston tu le tires vers toi/ voilà et maintenant tu lâches la piston

- A : ouais/ c'est la même/ ben alors **là elle est présente partout/**
 euh ouais c'est le même système/ là ça se bouche et **il y a l'air là** air est present partout
en plus qui rentre (montre au niveau du bout noir du piston)
donc ça le fait avancer Quantité effet de l'air
- D : dans l'air qui rentre/ j'ai du mal à comprendre
 A : ah mais non/ mais il est bouché c'est vrai
 D : ça veut dire que là y'a pas d'air qui rentre à l'intérieur
 A : si y'a de l'air/ si si y' a **de l'air à l'intérieur**
 D : ouais y'a de l'air à l'intérieur/ mais après le fait que ça revienne
 tu dis c'est pasque y'a de l'air qui rentre
 A : (regarde la seringue) ben j'en sais rien air est present partout
 D : et alors à ton avis le fait que ça revienne ça serait liée enfin
 A : ça serait lié à quoi
 D : ouais (6s) enfin l'idée que tu avais eu tout à l'heure développe
 là
 A : ouais mais non non je sais mais je sais pas (3s) ou alors y a **la**
pression de l'air et le fait que ça revienne/ pasque y a **de l'air qui**
rentre jusqu'ici (montre le bout noir du piston)/ donc l'air qui
 rentre jusqu'ici/ ça va faire là aussi une pression (doute)/ **elle sera**
peut-être plus forte ici (extérieur du piston) que là (l'intérieur
du piston) Pairext>Pairint
- D : donc c'est ça qui ferai que ça (geste de revenir)
 A : ouais
- 19:56 **9.0-** On place un chauffage devant l'interviewé et on l'allume.
 Comment tu sens que ça chauffe? (comment le chaud vient
 jusqu'à toi)
 «l'air apporte la chaleur»
- 20:36 **9.1-** A ton avis comment est réparti l'air dans la pièce?
 A : comment (?)
 D : ouais
 A : **ben de partout y'en a (geste)** air est réparti de partout
 D : mais euh par exemple entre l'air qui y'avait déjà et l'air qu'on a
 chauffé
 A : hm
 D : est-ce qu'ils vont se comporter pareil
 A : ben/ au moment où ça va chauffer la chaleur elle va se
 répendre dans toute la pièce
 D : d'accord
- 21:03 **10.0.0-** On ouvre un flambie, si on le retourne que va-t-il se
 passer?
 il ne va pas tomber
- 21:49 **10.0.1-** On le fait, que se passe-t-il?
 il ne tombe pas
10.0.2- Explique ?
 pas d'explication
- 22:05 **10.1.0-** Si on enlève la languette que va-t-il se passer ?
10.1.1- qu'est-ce qui fait que ça tombe ?
 A: après si on tire/ j'peux
 D : ouais

- A : là si on tire/ **y'a de l'air qui est rentré (montre le petit trou du flambi)/ donc ça va le faire/ ça va le faire descendre** Q aireffet
 D : d'accord
 A: donc on peut dire/ on peut supposer **qu'au début là y'a pas du tout d'air donc dès qu'on retourne et (fait le geste de percer le flambi) et y'a de l'air qui arrive** Q aireffet
 D : donc c'est l'air qui ferrait tomber
 A : ouais
- 22:38 **11.0-** Pour faire de la confiture d'abricot, on fait chauffer du sucre avec des abricots. On place ensuite la confiture encore chaude dans des bocaux que l'on ferme avec un couvercle. Lorsque la confiture a complètement refroidi, il est très difficile d'ouvrir le pot, explique?
 A : ben c'est/ j'suis toujours avec mon air (rire)
 D : ouais/ ouais
 A : j'pense que ouais / quand on le met et quand on bouche à force de le laisser et **qu'ça refroidisse et tout / l'air elle part/ aussi c'est chaud à l'intérieur/ ça part avec la chaleur/ par évaporation en faite** refroiditévaporation d'air
 D : d'accord/ et donc après l'air est partie c'est ça Q air effet
 A : donc c'est plus dur à ouvrir
- 24:14 **12.0.1-** On a maintenant trois ballons, le premier gonflé à l'hélium, le second gonflé au gaz de ville et le dernier gonflé à l'air. Si on les lâche que va-t-il se passer?
 -le ballon rempli d'air tombe
 -celui d'hélium tombe
 -celui de gaz de ville tombe
 D explique à A que l'hélium est du gaz que l'on met dans les ballons à la foire et qu'il fait monter les ballons.
- 25:10 **12.0.2-** A ton avis, où l'hélium agit dans le ballon? Explique?
12.0.3- A ton avis, où l'air agit dans le ballon? Explique ?
12.0.4- A ton avis, où le gaz de ville agit dans le ballon? Explique ?
 D : à ton avis l'hélium/ il agit où dans le ballon (?)
 A : **partout** (geste) gaz agit de partout
 D : partout/ l'air (?)
 A : **pareil** (geste) gaz agit de partout
 D : et le gaz
 A : **partout** (geste) gaz agit de partout
- 25:21 **12.2.0-** Dans ce ballon il y a une certaine quantité d'air, que signifie pour toi le mot quantité ?
 A : une certaine quantité d'air/ ben ça dépend/ quantité d'air/ ben ça va dépendre de l'objet/ là par exemple dans le ballon/ ça sera le la quantité ça sera exactement s'qui/ comment dire/ la le/ la quantité/ j'sais plus comment dire (rire)/ **tous ce qu'il y a dans le ballon en faite ça sera la quantité elle va représenter comme la forme du ballon en faite/ la forme et y'a le volume**
 D : d'accord donc c'est l'volume c'est ça ? Q air = Volume
 A : ouais/ le volume ça représente(pas sûr) la quantité
 D : donc si jamais le ballon est plus gros/ enfin a un volume plus

- important
A : ben ça sera encore plus de quantité
- 26:04 **12.2.2-** Est-ce que c'est la même dans les trois ballons?
A : ben si c'est les mêmes formes (geste) et même/ volume ouais
D : d'accord
- 26:28 **12.3-** En cours on t'a parlé de molécules, est-ce que tu pourrais interpréter grâce aux molécules ce qui se passe avec les trois ballons (hélium, air, gaz de ville)
D : est-ce que tu pourrais interpréter avec les molécules ce qui s'est passer au niveau des trois ballons/ avec l'hélium/ l'air/ le fait que donc l'hélium il monte/ que l'air il tombe et que le gaz il tombe/ est-ce que si on se place en regardant au niveau des molécules/ est-ce que tu as une idée de comment/ si ça joue ou pas/ de comment ça fonctionne
A : ben déjà dans l'air/ pfou comment dire/ **ben l'air y a des molécules dedans/** donc forcément/ j'ai pas compris
D: en faite l'idée c'est de savoir/ comment elles agissent dans le ballon/ c'est à dire si elles ont un effet sur le fait que ça tombe/ si je sais pas moi
A : ouais j'pense ouais/ dans l'air/ ben dans l'air y'a des molécules de partout/ dans le gaz j'pense que c'est pareil et dans l'hélium **y'aura p't'être (monte la main vers le haut)/ p't'être plus (rire)/ ça le fait monter/**ça le fait pas (geste de la main vers le bas)/ y sera pas tirer en bas
D : donc le nombre de molécules/ ça va permettre de faire monter ou pas
A : ouais/ j'pense
- 28:06 **13.0-** On chauffe avec le camping gaz l'ouverture d'un sac en plastique, si on le lâche que va-t-il se passer?
A : ça va faire augmenter le volume (geste des deux mains)
- 28:43 **13.1-** On le fait, décris ce qui se passe?
A : ouais ça fait augmenter le volume (4s) ben ça le fait augmenter
D : d'accord
- 29:00 **13.2-** Explique?
A : fait que/ **comme le gaz il vient d'en bas puis y a l'air qui arrive en plus** (geste du ballon qui se gonfle avec les main)/ et puis ça va le faire monter/ dès qu'on arrête le gaz ça va tomber (geste)
D : d'accord/ et le fait qu'il monte c'est dû à quoi
A : et ben grâce au gaz et à l'air
D : d'accord et est-ce que concrètement tu sais ce que ça fait/ t'as une idée/ ce gaz et l'air il font quoi exactement 'fin le gaz et l'air
A : et ben ils font rentrer dans le sac plastique et puis ils vont ils vont mettre une pression (geste descriptif) et puis ça va lui donner une forme
D: d'accord
- 29:31 **À quoi te fait penser le mot air ?**
A : **l'air ben d'jà/ il est de partout**
- air composé de molécules
air/gaz réparti de partout
hélium réparti plus en haut effet du ballon
chauffeaugmente V
Qeffet augmente V
Q gazaction gaz (P)
air est de partout

D : hm hm

A : **l'air il est composé de molécules** de microbes/ de beaucoup air composé de molécules de choses

D : OK

air agit

A : et puis voilà/ et puis **il agit sur des choses**

Les idées sont reconstruites à partir des passages retranscrits (indiqué par les interlocuteurs A (Anne) et D (l'intervieweur)). Les autres passages sont décrits rapidement et les phrases entre guillemets, correspondent à ce qu'a dit Anne.

Temps	Questions et Transcription	Idées
17:07	Installation	
17:45	1.0- Lorsque tu es dehors, comment sais-tu s'il y a du vent ? J'le sens, les cheveux qui partent en arrière	
18:19	1.1- On place un ventilateur devant l'élève interviewé et on l'allume, comment sais-tu qu'il est allumé ? J'le sens, je sens l'air	
18:48	2.0- On colle un sucre au fond d'un verre, si on enfonce ce verre à l'envers dans une bassine remplie d'eau, que va-t-il arriver au sucre ? A : rien D : rien du tout A : non D : pourquoi (?) A : be::n en fait eu::h quand on va le mettre à l'intérieur euh l'eau ne va pas rentrer D : ouais A : pasque j'te dis pourquoi D : ouais ben ouais donne ton avis A : ben pasque comme y'a y'a de l'air la pression de l'air exerce euh une force (ou forte) plus importante que celle de l'eau en fait	action air>action eau
19:24	2.1- On fait l'expérience, qu' observes-tu ? D : attention est-ce que le sucre va fondre A : ben non pasqu' il y a aucun contact avec l'eau il reste D : d'accord A : comment dire comme ça	
19:38	3.0- On prend trois bouteilles, la première est remplie d'hélium, la seconde de gaz de ville et la dernière d'air. Compare le poids des bouteilles A : moi je dirai non/ non pasque/ euh j'pense pas qu'elles ont un poids particulier en fait/ c'est je sais pas euh D : c'est-à-dire il y aura le même poids y'aura un poids différents A : non j' dirai que c'est tout pareils D : d'accord A : mais comme ça (A soulève le bouteille) en touchant comme ça D : ouais ouais A : ouais non tu sentiras D : même t'imagines on peut prendre une balance/ si on pèse à ton avis A : ouais j'pense que c'est le même poids	gaz ne pèse pas Même poids

D : et alors qu'est-ce qui te fait dire ça
A : le fait que ce soit p't'être eu:h/ un gaz comment dire/ euh **qu'ça soit pas liquide en fait** Même poids
D : ouais
A : pasque déjà si c'est liquide ou sol- si **c'est liquide on sent déjà une différence de poids** Liquides ont un poids
D : d'accord
A : mais que ce soit comme de l'air en fait à l'intérieur Liquides ont un poids
D : d'accord alors pour toi est que l'air pèse (?)
A : l'air pèse (?)
D : ouais
A : (4s)
D : ou le gaz 'fin euh
A : hm on peut constater un poids (?) en fait
D : ben non c'est la question que j'te pose c'est tu dis
A : **non** j'pense
D : qu'ce sera les trois bouteilles vont être pareils(chevauchement)
A : **non** mais j'pense pas **non**
D : donc ça veut dire
A : **y'a pas y'a pas de po-**
D : c'qu'on va peser ça va être juste l'emballage
A : **ouais j'pense ouais**
D : d'accord
gaz ne pèse pas

21:26 **4.0-** On pose un réchaud un récipient en fer fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer?
A : le film
D : ouais
A : il va se (geste d'écarter les doigts)(geste d'écarter les doigts) il va se gonfler
D : d'accord
A : (geste d'écarter les doigts) il va (geste d'écarter les doigts) gonfler/ gaz rentre quantité
pasque/ **le l'air le gaz qui est à l'intérieur(montre la bouteille de gaz) v::a v::a rentrer (montre le gobelet en fer) comment dire (geste d'écarter les doigt) (2s) le fait que ça chauffe (geste d'écarter les doigt avec la paume vers le haut) ça doit exercer une (montre le gobelet)une** Chauffe action des molécules
pression sur les molécules qui font faire que ça va (geste d'écarter les doigt avec la paume vers le haut)
D : alors
A : je sais pas ouais je sais pas
D :non non mais vas-y, pasque là t'as développé deux idées
A : ouais
D : la première idée c'est que le gaz va rentrer/ donc il passe de l'intérieur (montre la bouteille de gaz) il traverse là (montre le bas du gobelet) et il va pousser ici (geste d'écarter les doigt au dessus du film plastique)/ première idée et la deuxième c'est tu disais que en chauffant
A : ouais
D :ça va agir sur les molécules
A : **les molécules à l'intérieur qui vont s::- taper contre les parois** Chauffe chocs des molécules vers le haut
(geste d'écarter les doigt) et même en haut qui font faire exercer une
(geste d'écarter les doigt avec la paume vers le haut) pression en fait en haut

D : d'accord

A : pour euh pour euh le (inaud)

D : donc entre les deux propositions tu choisis laquelle maintenant

A : moi plutôt la deuxième je dirai pasque (inaud) qui rentre à l'intérieur

D : d'accord [donc on chauffe

A : [(inaud)qui rentre à l'intérieur

D : les molécules vont taper et c'est ça qui va faire gonfler

A : ouais/ j' dirai plus

22:47 **4.0.1-** Touche le film plastique et décris ce que tu perçois?

A : ben on sent une pression en fait on sent que la pre- (geste d'écarter les doigts avec la paume vers le haut) pression = pousser

D : d'accord

23:10 **4.0.3-** A ton avis, où les molécules sont réparties dans le récipient?

D : et donc tu m'as parlé des molécules après eu:::h/ comment eu:::h elle se fait la répartition des molécules à l'intérieur

A : (2s) un euh (montre le haut du gobelet) y'a y'en a (geste main ouverte de partout) de part- (même geste avec la paume vers le haut) dans tout le à l'intérieur (montre le gobelet) j'pense qu'il y'en a de partout (geste main ouverte de partout ou bâtement)

D : ouais

A : mais la plupart (geste d'ouvrir les doigts) euh/ **les plus gransse(geste d'ouvrir les doigts) grosses (geste d'ouvrir les doigts) quantités sont autour des parois et sur le dessus**(montre l'intérieur du gobelet) en fait

D : d'accord (2s) donc oui si j'essaie de résumer ton idée c'est il y'en a de partout mais y'en a plus au niveau des parois (geste d'écarter les deux mains au dessus du film plastique)

A : ouais

D : et alors quand tu dis les parois c'est quoi c'est ça (montre le plastique) ou c'est partout (geste de pivoter la main ouverte)

A : non ben/

D : c'est-à-dire c'est le plastique et le fer ou que le plastique ou 'fin (geste arrondi deux mains)

A : (2s) ben j' dirai j' dirai **aussi beaucoup plus sur le (touche le plastique) sur l'plastique en fait le fait que ça (geste d'ouvrir les doigt avec la paume vers le haut) ça gonfle en fait**

D : d'accord

A : le fait que ça gonfle en fait ça nous montre

D : d'accord (1s) donc le fait t'as dit quoi donc le fait que ça gonfle ça

A : que que ça (montre le dessus du film) **que ça exerce une pression ça ça nous montre que ça ex- que surtout sur les (touche le film plastique)**

D : donc y'aura plus de molécules là dessus

A : ouais

Molécule se répartissent de partout

molécules se répartissent plus sur les parois

Molécules se répartissent plus au dessus effet gaz

action des molécules

24:13 **4.1-** On refroidit un récipient en fer, fermé avec du film plastique, que va-t-il se passer?

Ça va redescendre au même endroit (pas d'explication claire)

25:06 **4.1.1-** décris ce que tu perçois?

- C'est comme au début
Un petit peu vers l'intérieur (induit par D)
- 25:20 **4.1.2-** Explique pourquoi le plastique est vers l'intérieur?
Ne sait pas
- 25:33 **4.1.3-** A ton avis, où les molécules sont réparties dans le récipient?
A : p't'être le fait qu'on est refroidit elles sont (2s) elles sont p't'être euh nan j'pense qu'elles sont/ **elles se trouvent à la mê- au même emplacement**
D : ouais
A : mais le fait p'têtre qu'on **chauffeça les** (geste d'ouvrir les doigt avec la paume vers le haut) **ça les** (geste d'ouvrir les doigt avec la paume vers le haut) **ça les les**(geste d'ouvrir les doigt avec la paume vers le haut) **comment dire ça les pousse** en fait Chauffe pousse les molécules
D : ouais d'accord Chauffe accélèrent les molécules
A : **ça lesaccélèrent** en fait
D : mais donc là c'que tu dis c'est qu'il y'en a plus sur les parois
A : ouais
D :aussi
A : y'en a pareil ouais
D : comme quand on a chauffé
A : ouai-
D :simplement le fait qu'on est chauffé ça les (geste d'écarter les deux bras)
A : ouais j'pense
D : d'accord et donc là la répartition est-ce qu'elle te permet d'expliquer pourquoi c'est c'est légèrement courbé comme ça ou
A : (2s)
D : pasque tu me disais c'est plus gonflé pasque y'a plus de molécules sur les parois
A :
D : là c'est dégonflé dans l'autre sens
A : ouais
D : est-ce que ça joue sur la répartition ou non c'est pareil et c'est un autre phénomène qui intervient je sais pas
A : ça peut pas j'pense pas que ça puisse jouer pareil pasque si y a un (1s) un comment dire/ ça soit plus courbé
D : ouais
A : j'pense pas mais comment j'sais pas
- 26:56 **4.0.3** Comment les molécules agissent quand ça gonfle ?
D : et une autre petite question en fait quand ça a chauffé
A : ouais
D : eu ::h bon tu dis que voilà y'en avait plus sur les parois/ comment ça comment les molécules elles agissent sur les parois (2s)
A : elles agissent (?)
D : ben en fait on a vu que ça gonflait
A : hm
D : et quand ça gonflait tu m'as dit c'est les molécules
A : hm
D : et comment elles font pour que ça gonfle (2s)
A : ah les molécules comment elles font pour que ça gonfle/ ben en fait **les molécules** elles euh **ensemble elles exercent une pression** on va dire répartition

	une pression du au fait	molécules action
	D : et qu'est-ce	molécules
	A : qu'elles soient qu'elles soient qu'elles se regroupent ensemble	
	D : ouais	
	A : ça va exercer une pression le fait que ça gonfle	
	D : d'accord et alors exercer une pression c'est est-ce qu'on peut dire que	action des
	c'est la même chose que pouss- pour toi hein est-ce que c'est pousser/ c'est	molécules
	pareil ou pas (1s) est-ce que tu peux me définir par ce que t'entends par	
	exercer une pression	
	A : eu ::h exercer une pression	
	D : c'est parce qu'en fait derrière le même mot chaque personne va mettre	
	quelque chose de différent	
	A : ouais j' dirai ouais non p't'être pousser pousser/ pas pousser	
	totalément euh si pousser écarter comme on a vu avec l'eau j'pense	pression = pousser
	c'est la même chose la pression euh elle fait <u>pousser l'eau</u> (geste	pression = écarter
	d'écarter les doigts)	
28:13	4.2- On imagine que l'on fait la même chose avec du gaz de ville, à ton avis que va-t-il se passer, explique?	
	Ben la même chose	
29:02	5.0- Présentation d'un verre rempli d'une boisson gazeuse. Décris ce que tu vois?	
	Des bulles de gaz	
29:15	5.1- Lorsqu'il n'y aura plus de bulles dans la boisson, à ton avis, le verre pèsera: plus lourd, moins lourd ou pareil? explique?	
	Pareil	
	[...]	
	A : ben pasque le gaz/ comme j'ai dit tout à l'heure le gaz j'pense qu'il a pa::s/ i::l exerce pas (1s) un poids particulier il a pas un poids particulier	gaz ne pèse pas
29:43	6.0- Peux-tu attraper de l'air? explique comment?	
	Ouais (A ferme la main) le fait de respirer et de fermer la bouche	Attraper de l'air = fermer
30:00	6.1.0- Avec une bouteille	
	6.1.1- Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans?	
	A : ouais ben là il y a de l'air tout le temps donc si je bouche (A bouche la bouteille avec sa main) y'a de l'air à l'intérieur	Air présent partout Attraper de l'air = fermer
30:08	6.2.0- Avec un sac en plastique	
	A ferme le sac en plastique	Attraper de l'air = fermer
30:23	6.2.1- Comment es-tu sûr qu'il y a de l'air dedans ?	
	A appuie sur le sac et dit on le sent	
30:34	7.2- Comment expliques-tu que la bouteille soit loin de toi et que tu sentes l'odeur?	
	Comme l'air elle circule dans tous les contextes, par l'air elle va se diriger vers moi	Air circule (est en mouvement)
	D demande Le fait que l'air se déplace tout le temps c'est une propriété de l'air en fait	

- A répond ouais
- 31:23 **8.0-** Seringue que l'on bouche avec le doigt, on appuie sur le piston décrit ce qu'il se passe, explication ?
- D : c'que tu ressens A sent une pression
- A : ben **une pression** (rire) encore une pression (rire) nan nan
- D : et la pression tu la ressens où
- A : euh ben au niveau du pousse on sent que si je lâche voilà ça revient en fait
- D : d'accord
- A : j'suis obligé de d'appuyer pour que ça reste à ce niveau là en fait
- 31:55 **8.1-** Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique ?
- A : ben c'est dû/ c'est dû qu'a l'intérieur **y'a déjà de l'air** en fait et euh :h l'air est partout
- le fait p't'être de compresser encore plus l'air**
- D : hm hm air compressé = agit
- A : ça/ se (1s) **ça repousse la seringue**
- D : euh ouais alors comment ça se fait 'fin comment à ton avis ça se passe
- A : ben l'air qui est à l'int- qui est déjà à l'intérieur
- D : ouais
- A : même au niv::eau (2s) **des molécules** à l'intérieur
- D : hm
- A : j'ai j'ai 'fait que **j'appuie elles se comp- elles se elles compressent** appuie molécules se compriment
- D : d'accord
- A : **elles sont plus compactes et donc comme tout à l'heure elles exercent une pression pour l'fait de repousser (geste)** molécules compressées = action des molécules
- D : et elles sont réparties comment(?) dans la seringue
- A : (2s) hm moi j'dirai (2s) **de partout/ de partout/** 'fin ouais et comment quand c'est comme ça où molécules se répartissent de partout
- D : non quand tu bouche et que t'appuies
- A : quand j'bouche et j'appuies
- D : hm
- A : ben j'pense **de partout et compressée** en fait
- D : d'accord e ::uh (1s) par rapport euh aux parois c'est comment c'est partout y'en a plus sur les parois y'en a :: Mol réparti de partout, Mol compressé
- A : ah ouais **y'en a de partout sur les parois ouais/ p't'être plus au niveau de juste là le bout en fait (montre bout noir du piston)**
- D : donc le truc noir Mol réparti sur les parois
- A : le devant voilà vers le devant j'pense qu'y'en a plus pasque comme **on ressent que ça repousse** en fait euh
- D : d'accord Mol réparti plus à un endroit action des mol
- 33:30 **8.2-** Si on tire le piston et qu'ensuite on le lâche, il revient, explique ?
- A : euh (2s) bah la même chose en fait (1s) on va dire
- D : c'est-à-dire (?) (rire)
- A : ouais c'est-à-dire (rire) euh pff euh **donc y'a de l'air** si j ::e air est présent partout
- D : ouais
- A : je tire/ les molécules elles font prendre plus de place déjà
- D : ouais
- A : (2s) et

D : elles font prendre plus de place ou elles vont avoir plus d'espace
A : **elles vont avoir plus d'espace ouais déjà/ beh elles vont aussi tout l'occuper**

D : ouais ouais ouais

A : (2s) et (rire) et en fait je sais pas après (rire) je sais plus je sais pas eu ::h (7s, A regarde la manip)

D : j'sais pas si t'as pas d'idées c'est pas très grave

A : ouais ouais non non

D : j'sais pas si tu vois quelques choses si t'as une piste n'importe quoi euh

A : non mais j'sais pas euh pff ff ff ff ff (3s) p't'être pasqu'elles ont plus de place/ donc euh pff le fait là aussi y'a de l'air (montre la partie du piston qui rentre dans la seringue) là aussi qui passe et euh le fait qui y'a de l'air qui passe là (montre la partie du piston qui rentre dans la seringue) le je sais pas le/ ça le fait revenir je sais je sais pas j'sais pas comment t'expliquer en fait

D : là l'idée que tu dis c'est que là elles ont plus d'espace (montre dans la seringue) et là y'a de l'air qui passe (montre la partie du piston qui rentre dans la seringue)

A : ben qui qui force (1s) comme elles ont p't'être plus de place

D : ouais

A : et qu'là (montre la partie du piston qui rentre dans la seringue) l'air elles passent tout le temps comme dans l'air il y 'a des **molécules**/ elles euh/ elles ont une plus forte press- **elles exercent plus une pression à l'in- de l'air qui vient de l'extérieur qui arrive dans le temps (pas sûr) que celle qui est à l'intérieur**

D : hm hm

A : comme les comme les molécules elles ont p't'être plus de place donc elles je sais pas ouais j'en sais rien p't'être qu'elles ont plus de place

D : ouais donc en fait elles ont plus de place donc elles ont pas la même pression des deux côtés

A : ouais j'pense

D :e :::t

A : elles est plus fortes ici pour que ça revienne

D : d'accord

35: 58 **9.0-** On place un chauffage devant l'interviewé et on l'allume.
Comment tu sens que ça chauffe? (comment le chaud vient jusqu'à toi)

Ben je sens de la chaleur

9.1- A ton avis comment est réparti l'air dans la pièce ?

L'air va emporter la chaleur partout mais là où il y a le chauffage ça sera plus chaud

Air se répartit partout

37:08 **10.0.0-** On ouvre un flambie, si on le retourne que va-t-il se passer ?
Rien pasqu'a l'intérieur y'a pas d'air donc ça peut pas le faire tomber

37:52 **10.0.1-** On le fait, que se passe-t-il ?

Donc ça tiens

37:59 **10.0.2-** Explique ?

Pasque l'air arrive pas jusqu'en haut

[...]

A : Y'a rien qui exerce comme une pression en fait/ j'fait que de la pression (rire)

- D : c'est un choix
A : non non mais j'trouve que c'mot pour qualifier en fait mais y'a là y'a rien y'a pas d'air y'a rien donc c'est sur ici (montre là où il y a la languette du flambie) l'air le / y'a pas de pression qui exerce qui va pousser en fait ça ça reste coller pas d'air pas d'action de l'air
[...]
- 39:26 **11.1.0-** Si on enlève la languette que va-t-il se passer ?
Ça tombe
- 39:31 **11.1.1-** qu'est-ce qui fait que ça tombe ?
L'air rentre à l'intérieur et exerce une pression qui fait que ça descend en fait air rentre = quantité action air
- 39:50 **11.0-** Pour faire de la confiture d'abricot, on fait chauffer du sucre avec des abricots. On place ensuite la confiture encore chaude dans des bocaux que l'on ferme avec un couvercle. Lorsque la confiture a complètement refroidi, il est très difficile d'ouvrir le pot, explique?
A : le fait qu'on la laisse refroidir longtemps/
D : ouais
A : euh l'air elle part en fait
D : ouais
A : elle part ouais euh pasque ouais **le fait que ça refroidissent elle part donc comme le si à l'intérieur y'avait de l'air ça aurait été plus facile d'ouvrir** refroidit disparition gaz = quantité effet gaz
D : oui
A : j'dirai comme y'a pas d'air on peut pas
D : d'accord donc l'air/ c'est quand ça se refroidit l'air part ouais mais c'que j'comprend pas c'est que si elle peut partir elle peut rentrer
A : ouais c'est ça ouais (rire) euh problème
[...]
au final y'a **pas d'air** et c'est ça **qui empêche d'ouvrir** mais A ne sait pas comment ça se passe quantitéeffet gaz
- 41:43 **12.1.0-** On a maintenant trois ballons, le premier gonflé à l'hélium, le second gonflé au gaz de ville et le dernier gonflé à l'air. Si on les lâche que va-t-il se passer?
- 42:43 **12.1.2-** A ton avis, où l'hélium agit dans le ballon? Explique?
12.1.3- A ton avis, où l'air agit dans le ballon? Explique ?
12.1.4- A ton avis, où le gaz de ville agit dans le ballon? Explique ?
D : à ton avis/ où est-ce que l'hélium agit dans le ballon (?) action hélium à un endroit (en haut)
A : euh j'dirais **sur les parois du haut en fait**
D : alors d'accord est-ce que tu pourrais me décrire un peu plus/ comment tu vois ça en fait
A : bah y'a le ballon (geste du ballon) et euh (1s)elles exercent (geste d'ouvrir la main vers le haut) les moléculeselles exercent surtout une pression en (geste d'ouvrir la main vers le haut) / quand t'as le ballon (geste iconique du ballon) surtout au dessus/ en fait y'en a aussi sur les parois (geste iconique des parois) / mais beaucoup plus au dessus en fait (geste d'ouvrir la main vers le haut) qui fait que sa monte mol réparti en haut action en haut mol réparti sur les parois
D : d'accord/ et sur les autres euh le ballon remplit d'air (?)
A : (2s) en bas si ça descend air/gaz mol réparti en bas
D : d'accord et le gaz carbonique
A : ben pareil

- 43:20 **3.1**-comment sont réparties les trois gaz dans les trois bouteilles en fer ?
 D : comment l'air est réparti dans cette bouteille Molécules sont réparti de partout
 A : dans celle là (?)
 D : ouais
 A : (geste) **de partout**
 D : d'accord le gaz carbonique
 A : (1s) pareil/ **j'dirai les trois pareils**
 D : d'accord
- 43:49 **12.2.0**- Dans ce ballon il y a une certaine quantité d'air, que signifie pour toi le mot quantité ?
 A : ben le nombre de molécule en fait quantité d'air = nombre de molécules
- 44:24 **12.2.2**- Est-ce que c'est la même dans les trois ballons?
 ...
 A : ben moi j'dirai **ouais**/ normal sauf qu'elles auront après **une répartition différentes** (geste) même nombre de molécules
 D : d'accord Mol hé réparti en haut
 A : **répartition par exemple quand il monte en haut ou qu'il descend en bas** haut
 D : d'accord gaz /air réparti en bas
 A : **ça dépend du gaz en fait**
- 45:20 **13.0**- On chauffe avec le camping gaz l'ouverture d'un sac en plastique, si on le lâche que va-t-il se passer?
 Il va gonfler
- 45:41 **13.1**- On le fait, décris ce qui se passe?
 Y s'gonfle et y reste
- 46:07 **13.2**- Explique?
 A : le gaz/ **il envoie/ des/ des molécules à l'interieur/ qui vont (geste d'ouvrir le doigt vers le haut) exercer une pression comme tous les ballons euh comme tous les ballons non/ qui va exercer une pression en haut** (geste) molécules rentre = quantité action molécule en haut
 D : ouais
 A : donc ça va (lève la main vers le haut)
- 47:02 **13.3**-on met du gaz de ville sans flamme dans le sac plastique que va-t-il se passer ? explique
 Non donc c'est le fait de chauffer qui va entraîner le gaz en haut
 [...] on chauffe donc le gaz il va monter en haut et les molécules vont se répendre vers le haut
 j'sais pas vraiment en fait

Les idées sont reconstruites à partir des passages retranscrits (indiqué par les interlocuteurs E (Ellen) et D (l'intervieweur)). Les autres passages sont décrits rapidement et les phrases entre guillemets, correspondent à ce qu'a dit Anne.

Temps	Questions et Transcription	Idées
24:14	Installation	
25:09	1.0- Lorsque tu es dehors, comment sais-tu s'il y a du vent?	
		vue
25:55	1.1- On place un ventilateur devant l'élève interviewé et on l'allume, comment sais-tu qu'il est allumé ?	
		toucher
26:29	2.0- On colle un sucre au fond d'un verre, si on enfonce ce verre à l'envers dans une bassine remplie d'eau, que va-t-il arriver au sucre ? le sucre va se dissoudre dans l'eau	
27:03	2.1- On fait l'expérience, qu' observes-tu ? on voit rien (E refait deux fois la manip	
27:44	2.2- Explication E : (6s) c'est p't'être avec l'air D : ouais et alors ça s'rait l'air et donc qu'est-ce que c'est (3s) c'est-à-dire tu serais avec l'air E : y'a p't'être l'air qui (1s) j'sais pas comment l'dire (3s) D : ben moi j'sais pas(rire) j'vais pas répondre pour toi E : j'sais pas y'a p't'être l'air qui monte et ça fait (geste main comme une coupole) D : vas-y E : y'a p't'être plus d'eau (D remet le micro de E) E : y'a p't'être plus d'eau qui touche le sucre où c'est l'air D : d'accord donc en gros/ eu::h/ y'a y'aurait de l'air et y'aurait de l'eau e::t l'air empêcherait l'eau de toucher le sucre (?) (2s) c'est autre chose ben j'sais E : ouais ouais	
28:55	3.0- Présentation d'un verre rempli d'une boisson gazeuse. Décris ce que tu vois ? des bulles qui après disparaissent, s'évaporent	
29:24	3.1- Lorsqu'il n'y aura plus de bulles dans la boisson, à ton avis, le verre pèsera : plus lourd, moins lourd ou pareil explique ? E : j'pense pareil [j'pense ça doit pas être assez lourd D : [d'accord D : et alors pourquoi pareil E : (5s) ben j'pense pas qu::e le gaz qui parte ça ça/ y'est un poids qui/ qu'ça va différencier D : et le gaz qui part est-ce que tu penses que le gaz il pèse quelque chose ou pas E : non j'pense pas D : tu penses pas quoi qu'il pèse quelque chose	gaz pèse gaz pèse pas gaz ne pèse pas

- E : oui p't'être
D : oui mais là est-ce que tu pourrais le faire (?)
E : ah **non**
- 36:38 **6.2.0-** Avec un sac en plastique
E : (1s) **en l'gonflant** air en mouvement
(3s, D tend le sac à E)
D : est-ce que tu peux l'faire (rire) attends j'avais enlever ça (verre de coca)
pour pas qu'il retombe
E : **si on souffle dedans**
D : ouais vas-y
(E souffle dans le ballon) (E regarde le ballon)
E : et au bout d'un moment (geste que ça va se gonfler) sens de contrôle :
D : ok et comment t'es sûr qu'il y'en à dedans vue
E : (2s) ben **on voit ça ça gonfle/** ça à tous (inaud)
- 37:32 **7.0-** On prend trois bouteilles, la première est remplie d'hélium, la
seconde de gaz de ville et la dernière d'air. Compare le poids des
bouteilles
E : (8s) **à peu près l'même (pas sûr) j'pense/ j'pense pas qu'y'a des**
grandes différences ent- entre les trois
D : ouais et alors e:::t et si t'imagines que tu penses qu'y'aura pas une très
grandes différences c'est-à-dire qu'y 'aura une petite différence
E : ouais
D : et alors la petite différence elle sera comment (?)
E : (7s)
D : est-ce que tu pourrais les classer par exemple de la plus lourde à la
plus légère
E : ben non ça s'ra ça s'ra pas vraiment petit (pas sûr) j'sais pas j'pense
pas qu'on puisse
D : imaginons qu'on est une balance assez fine et qu'on puisse euh /
peser cette différence
E : **ben oui**
D : alors dans quel ordre tu l'es (2s) c'est ton avis j'veux dire c'est pa:::s
[c'est absolument
E : [mais alors y'a quoi l'hélium
D : **l'hélium de l'air et puis du du du gaz euh voila de ville**
E : (1s) l'hélium gaz de ville et l'air
- 38:37 **7.1-** Selon toi, comment sont répartis l'hélium, le gaz de ville et l'air dans
les bouteilles ?
D : comment est réparti l'hélium dans la bouteille (?) gaz sont répartis de
A : (4s) de partout partout
D : d'accord/ l'air (?)
A : pareil [ils sont tous pareil
D : [et le gaz de ville (?)
- 39:20 **8.0-** Seringue que l'on bouche avec le doigt, on appuie sur le piston décrit
ce qu'il se passe, explication ?
(E pousse sur le piston) empêche l'air de
E : de plus en plus ça bloc peut-être qu'on peut plus appuyer après sortir effet air
D : à ton avis à quoi c'est dû
E : c'est pasque y'a de **l'air et ça l'empêche de sortir là/**
D : ok à ton avis l'air à l'intérieur il agit où/ quand tu bouge et qu't'appuies

- (1s) [partout
E : [partout ouais air agit de partout
- 39:59 **8.1-** Une fois que tu as appuyé sur le piston, si tu le lâches il revient, explique ?
E : elle revient empêche l'air de
D : ouais pourquoi à ton avis sortireffet air
E : ben comme l'air elle peut pas sortir là (montre le bout de la seringue)
elle repousse pour essayer de sortir d'ce côté (montre la où il y a le piston dans la seringue)
D : d'accord
- 40:14 **8.2-** Si on tire le piston et qu'ensuite on le lâche, il revient, explique ?
(18s) pas d'explication
- 41: 06 **9.0-** On place un chauffage devant l'interviewé et on l'allume.
Comment tu sens que ça chauffe? (comment le chaud vient jusqu'à toi)
E : ben ça arrive vers moi
D : et s'tu veux/ là ça chauffe ici et comment ça fait pour venir jusqu'à toi
[...]
E : euh j'sais pas avec l'air ça (geste de venir vers elle) j'sais pas
D : d'accord/ donc ça serait l'air qui
E : oui
- 41:54 **9.1-** A ton avis comment est l'air réparti dans la pièce?
E (4s) ben y'en a de partout air est réparti de
D : d'accord (1s) et l'air qu'est chaud par exemple (?) partout
E : (3s)
D : non pas d'idée
- 42:21 **10.0.0-** On ouvre un flambie, si on le retourne que va-t-il se passer?
il va tomber
- 42:36 **10.0.1-** On le fait, que se passe-t-il?
il ne tombe pas
- 42:43 **10.0.2-** Explique ?
E : pasque là (montre la languette) dessous y' a trou donc ça fait arriver de
l'air
D: ouais air rentre variation
E : (1s) **qui le pousse** quantitéaction air
D : (2s) et l'air qui pousse c'est ça qui l'empêche de tomber (2s)
E : non c'est quand on (inaud)
[...]
pas d'idée pourquoi ça tombe pas
- 43:04 **10.1.0-** Si on enlève la languette que va-t-il se passer
Ça tombe
- 43:10 **10.1.1-** qu'est-ce qui fait que ça tombe ?
D : ton explication c'est (?) air rentre variation
E : l'air/ **c'qui rentre dedans** quantitéaction air
(1s)
D : et donc y pousse
(**E baisse le visage : interpréter comme un oui**)
- 43:30

11.0- Pour faire de la confiture d'abricot, on fait chauffer du sucre avec des abricots. On place ensuite la confiture encore chaude dans des bocaux que l'on ferme avec un couvercle. Lorsque la confiture a complètement refroidi, il est très difficile d'ouvrir le pot, explique?

E : (6s) **c'est la chaleur** j'crois **avec l'air** ça s'met entre le/ entre le couvercle et le pot

D : ouais (3s) et puis après

E : (3s) j'sais pas (4s)

D : vas-y mais mais dit c'qui te passe par la tête c'est pas

E : j'sais pas ça prend p'têtre la forme/ j'sais pas /**ça déforme p't'être**

D : ça déforme (?)

E : **le couvercle** p't'être ça

D ça déforme dans quel sens

E : ben ça le (1s) j'sais pas **y diminue** peut-être **pour se coller** au/ ça l'fait diminuer

44:46 **12.1.0-** On a maintenant trois ballons, le premier gonflé à l'hélium, le second gonflé au gaz de ville et le dernier gonflé à l'air. Si on les lâche que va-t-il se passer?

air tombe

hélium monte

(8s) gaz de ville tombe

45:45 **12.1.2-** A ton avis, où l'hélium agit dans le ballon? Explique?

12.1.3- A ton avis, où l'air agit dans le ballon? Explique ?

12.1.4- A ton avis, où le gaz de ville agit dans le ballon? Explique ?

E : de partout

trois gaz agissent de partout

D : euh ce ballon rempli d'air

E : partout aussi

D :d'accord et celui rempli de gaz

E : (inaud)

D : ok

46:06 **12.2.0-** Dans ce ballon il y a une certaine quantité d'air, que signifie pour toi le mot quantité?

E : (9s) j'sais pas c'est quand euh y'a beaucoup

D : d'accord

E : ça contient beaucoup de dihydrogène (vraiment pas sûr)

46:36 **12.2.1-** Comment ferais-tu pour la connaître?

j'sais pas

46:46 **12.2.2-** Est-ce que c'est la même dans les trois ballons?

si les ballons ont la même taille la quantité sera différente

47:33 **13.0-** On chauffe avec le camping-gaz l'ouverture d'un sac en plastique, si on le lâche que va-t-il se passer?

Il va se gonfler

47:55 **13.1-** On le fait, décris ce qui se passe?

il monte il veut monter

48:16 **13.2-** Explique?

E : (5s) ben d'jà il se remplit/

D : ouais alors il se remplit de quoi

E : d'air

- D : d'air
 E : d'air et de gaz j'pense
 D : ok
 E : et euh (2s) ça l'pousse
 D : ok (5s) donc c'est le fait qu'il se remplisse d'air et de gaz
 E : hm
- 48:45 **13.3**-on met du gaz de ville sans flamme dans le sac plastique que va-t-il se passer ? explique
 il va monter aussi (on le fait et il ne monte pas)
- D : donc euh à ton avis est-ce que t'as euh une explication/ au fait qu'il monte
 E : (4s) non j'sais pas c'est p't'être pas assez lourd/ c'qu'il y'a dedans/ ça (1s) j'sais pas
- 49:38 **14.0**- A quoi te fais penser le mot air
 E : c'est quelque chose qui est invisible (1s)
 D ouais
 E :qu'on peut pas toucher
- 49:54 **14.1**- A quoi te fais penser le mot gaz
 E : c'est à peu près pareils mais j'sais pas c'est quelque chose (1s) j'sais pas
 D : ou alors pour simplifier quel différence tu ferais entre l'air et le gaz/ air = gaz
 ou est-ce que t'en ferais pas j'en sais
 E : non j'en fais pas
 D : c'est la même chose
 E : ouais/ non j'arrive pas à voir de différence

air gaz rentre=
 variation quantité
 action gaz

air invisible
 air impalpable

Question	Abréviation
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 1	P1A1Q1
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 2	P1A1Q2
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 3 niveau microscopique	P1A1Q3micro
Partie 1 Activité 1 comment décrire du gaz dans une seringue ? Question 3 niveau macroscopique	P1A1Q3macro
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 1 Schéma	P1A2Q1S
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 1 Explication	P1A2Q1E
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 2 Schéma	P1A2Q2S
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 2 Explication	P1A2Q2E
Partie 1 Activité 2 représentation de l'air dans plusieurs états Question 3	

	P1A2Q3
Partie 1 Activité 3 Correction des dessins d'autres élèves	
Question 1	P1A3Q1
Partie 1 Activité 3 Correction des dessins d'autres élèves	
Question 2	P1A3Q2
Partie 1 Activité 3 Comment les molécules se répartissent dans la seringue	
Question 3	P1A3Q3
Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz	
Question 1	P1.2A1Q1
Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz	
Question 2	P1.2A1Q2
Partie 1.2 Activité 1 Mélange de deux gaz	
Question 2	P1.2A1Q3
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question a	P2A1Ex1Qa
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Expérience 1	P2A1Ex1Ex1
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question b	P2A1Ex1Qb
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Expérience 2	P2A1Ex1Ex2
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 1 lorsqu'on les chauffe	
Question c	P2A1Ex1Qc
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question a	P2A1Ex2Qa
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Expérience	P2A1Ex2Ex
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question b	P2A1Ex2Qb
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question c	P2A1Ex2Qc
Partie 2 Activité 1 Quelques différences entre un liquide et un gaz	
Expérience 2 lorsqu'on les comprime	
Question d	P2A1Ex2Qd
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Expérience 1	P2A2Ex1
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz	
Question a	P2A2Qa

Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz Expérience 2	P2A2Ex2
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz Question b	P2A2Qb
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz Question c	P2A2Qc
Partie 2 Activité 2 Pression d'un gaz Question d	P2A2Qd
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Expérience 1	P2A3Ex1
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question a	P2A3Qa
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Expérience 2	P2A3Ex2
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question b	P2A3Qb
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question c	P2A3Qc
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question d	P2A3Qd
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question e	P2A3Qe
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question f	P2A3Qf
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question g	P2A3Qg
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question h	P2A3Qh
Partie 2 Activité 3 Pression et force pressante Question i	P2A3Qi
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question a	P2.2A1Qa
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question b	P2.2A1Qb
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Expérience	P2.2A1Ex
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question c	P2.2A1Qc
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question d	P2.2A1Qd
Partie 2.2 Activité 1 Compression d'un gaz Question e	P2.2A1Qe
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Question a	P2.2A2Qa
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air Expérience	P2.2A2Ex
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air	

Question b	P2.2A2Qb
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air	
Question c	P2.2A2Qc
Partie 2.2 Activité 1 Chauffage de l'air	
Question d	P2.2A2Qd

TP1 (A&E), TP2 (A&E), Cours 1 (A&E&Ma&Ad), Cours 2(A&E&Ma&Ad), TP4 (A&E).

TP1 (Anne et Ellen)

Temps	Prof	Activité A & E
0s	Prof présente la séquence	Installation
4 M 00 S		P1 A1
21 M 13 S		P1 A2
36 M 40 S	distribution du modèle microscopique	distribution du modèle microscopique
39 M 20 S		P1 A2
45 M 43 S	Correction du prof	Correc P1 A2
53 M 34 S		Correc P1 A1
58 M 03 S		P1 A3
1 H 08 M 54 S	Correction du prof	Correc P1 A3
1 H 11 M 31 S	Fin	Fin

TP2 (Anne et Ellen)

Temps	Prof	Activité A & E
0s		Installation
1 M 40 S	Correction du prof	CorrecP1.2 A1
9 M 59 S		P2 A1 Ex1
22 M 34 S	Correction du prof	Correc P2 A1 Ex1
34 M 11 S		P2 A1 Ex2
49 M 03 S	Correction du prof	Correc P2 A1 Ex2
59 M 21 S	distribution du modèle macroscopique	distribution du modèle macroscopique
1 H 01M 33 S		P2 A2
1 H 09 M 08 S	Fin	Fin

Cours 1 (Anne, Ellen, Marie et Adèle)

Temps	Prof	Activité A&E&M&Ad
0s		Installation
3 M 19 S		P2A2

18 M 27 S	Correction du prof	Correc P2 A2
32 M 16 S		P2 A3
49 M 41 S	Correction du prof	Correc P2 A3
55 M 58 S	Fin	Fin

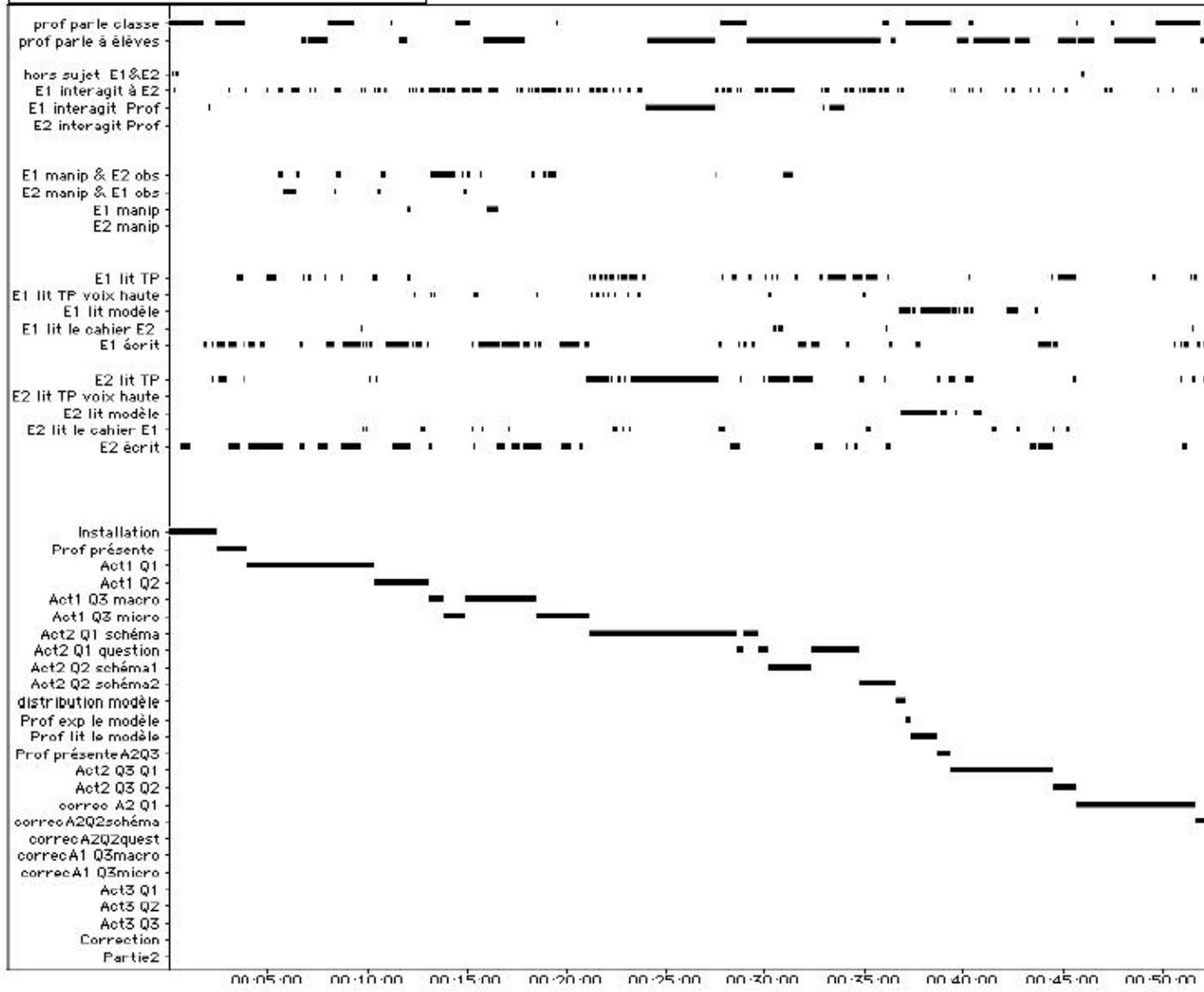
Cours 2 (Anne, Ellen, Marie et Adèle)

Temps	Prof	Activité A&E&M&Ad
0s		Installation
7 M 28 S		P2.2 A1
37 M 25 S	Correction du prof	Correc P2.2 A1
45 M 20 S		P2 A1
50 M 06 S	Fin	Fin

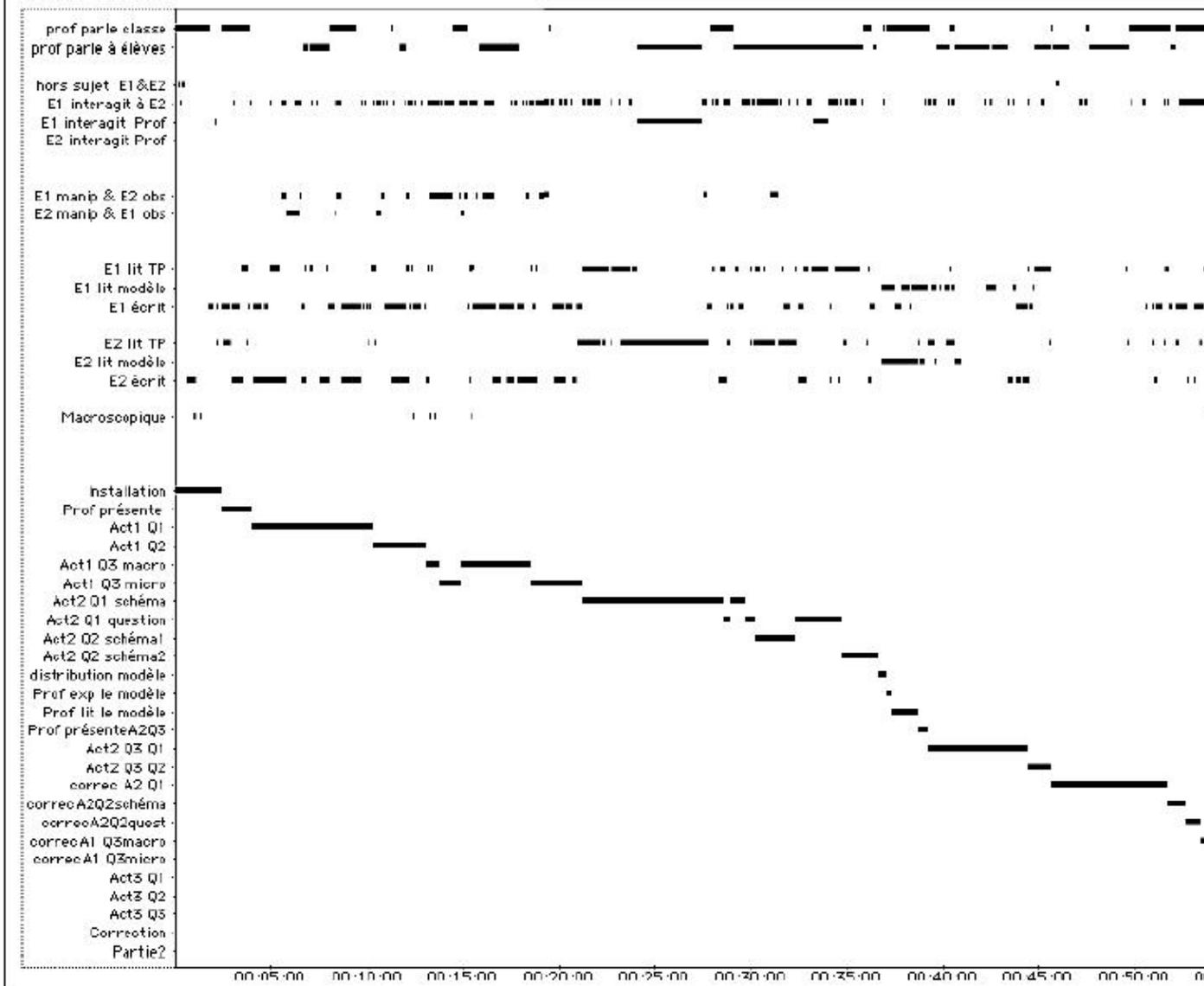
TP4 (Anne et Ellen)

Temps	Prof	Activité A & E
0s		Installation
7 M 23 S	Correction du prof	CorrecP2.2 A1
10 M 22 S		P2.2 A2
25 M 51 S	Correction du prof	Correc P2.2 A2
32 M 17 S	lecture modèle macro/micro	lecture modèle macro/micro
39 M 30 S	Utilisation d'un logiciel sur les gaz	Utilisation d'un logiciel sur les gaz
55 M 21 S	Fin	Fin

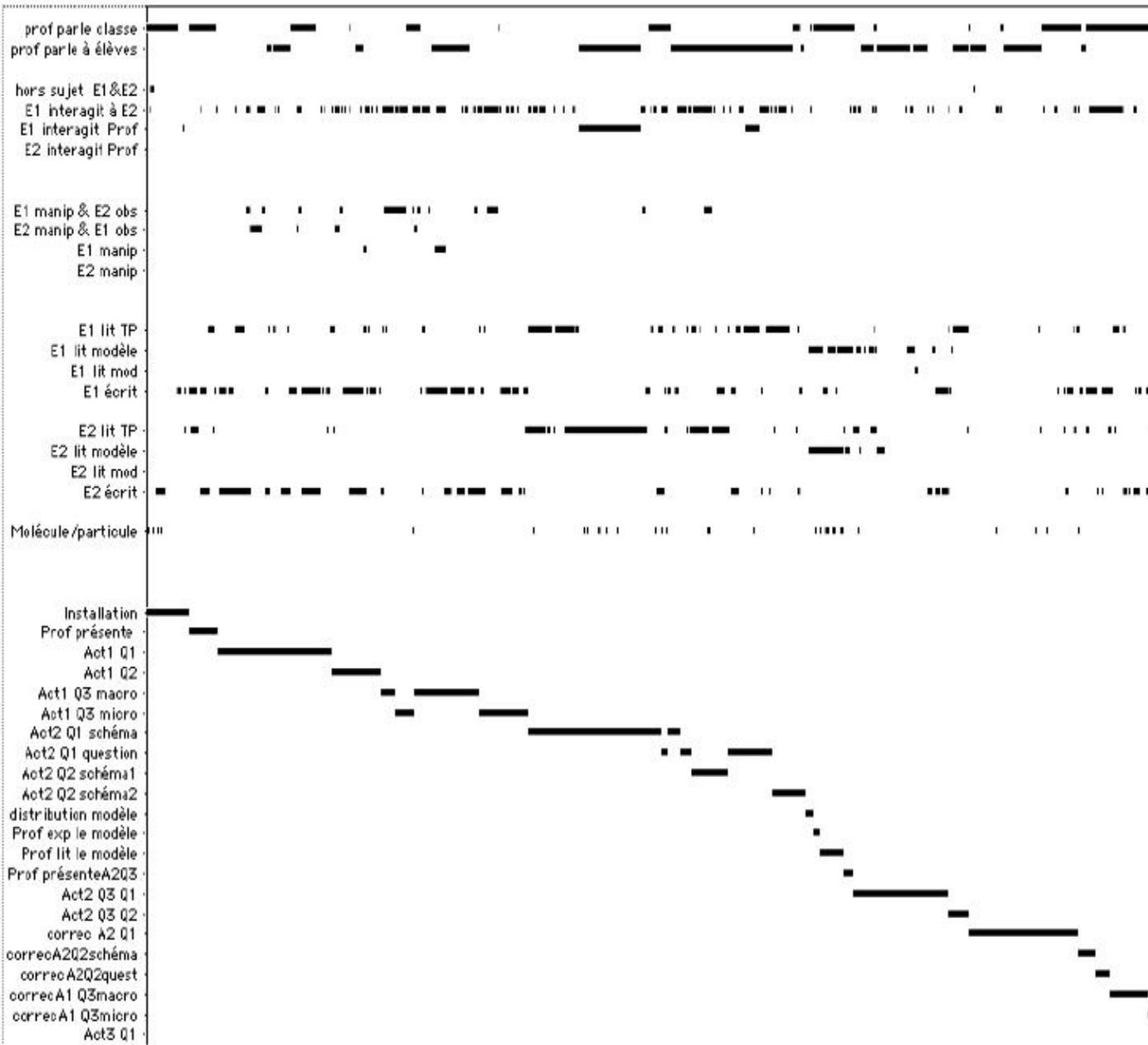
Graphique d'activité du TPI



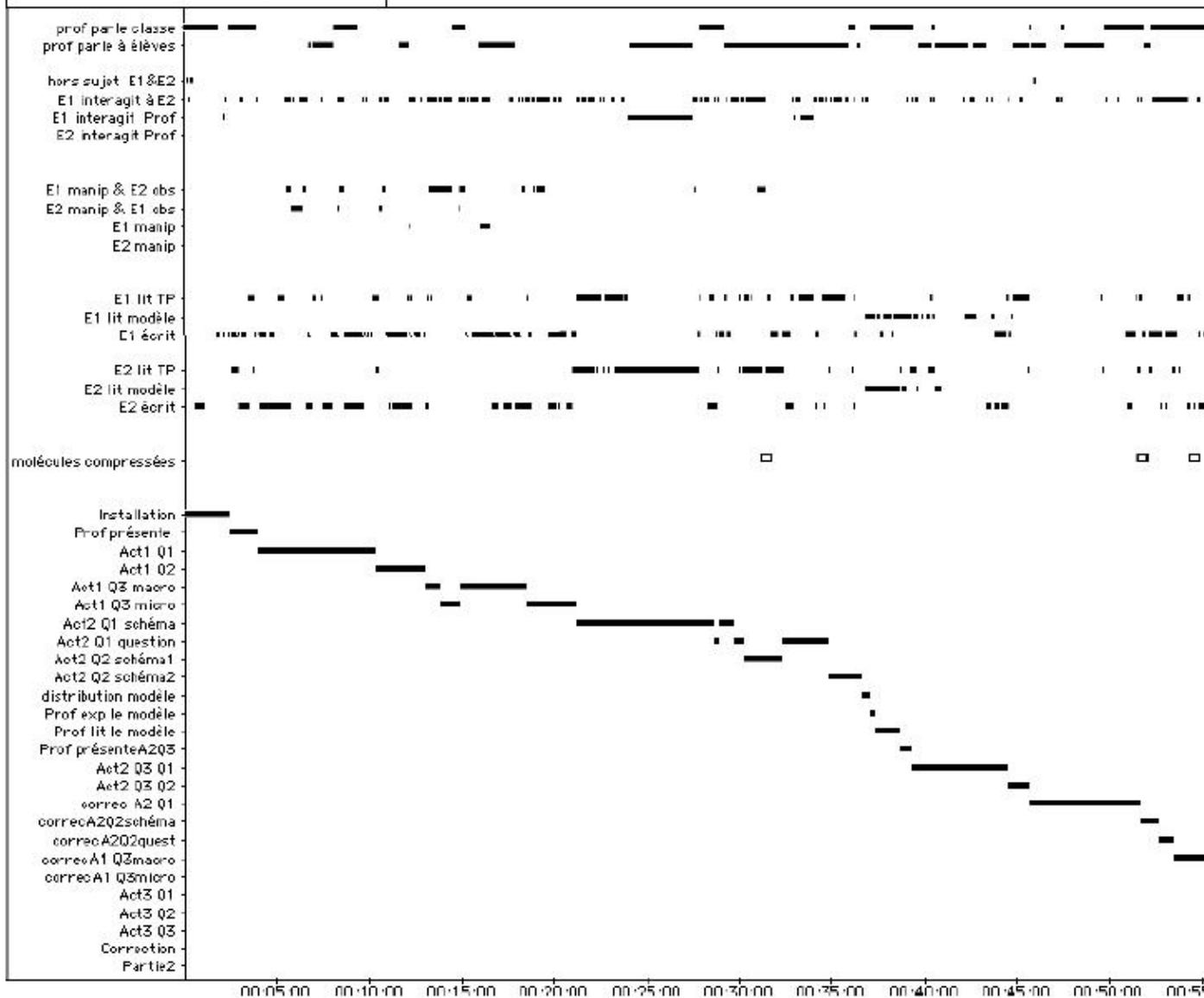
TP1 utilisation du mot Macroscopique



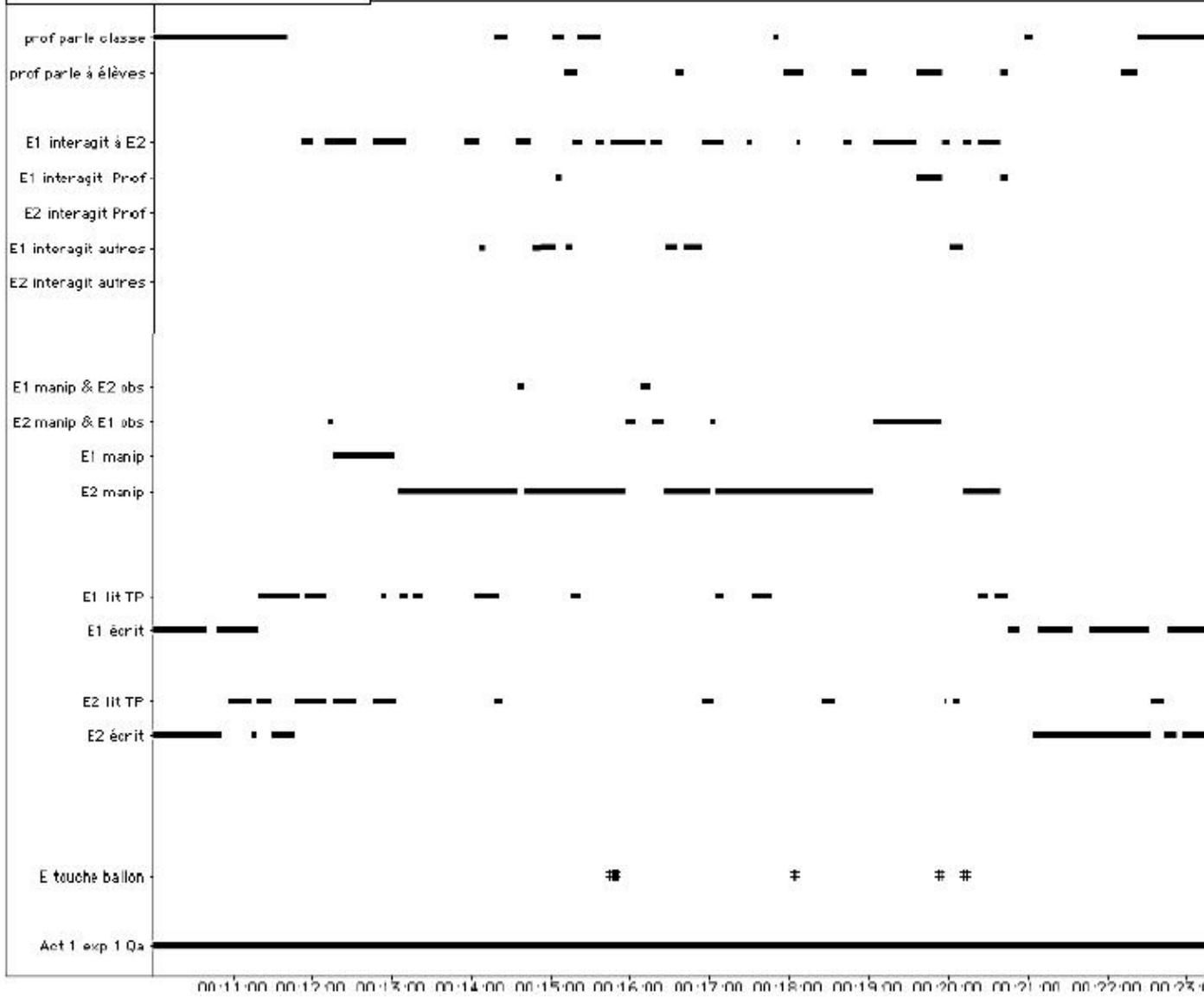
TP1 utilisation du mot molécules



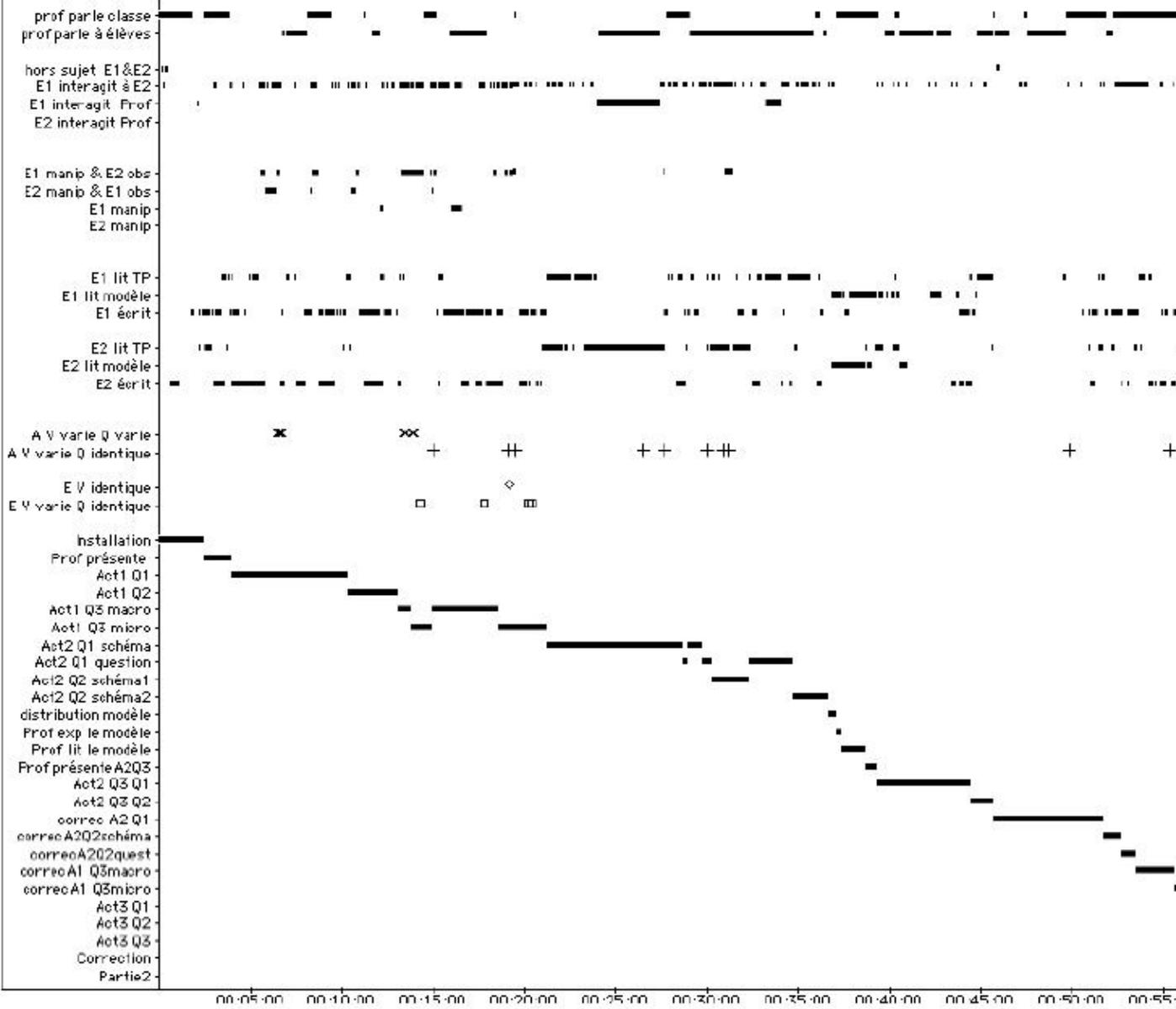
Molécules sont compressées



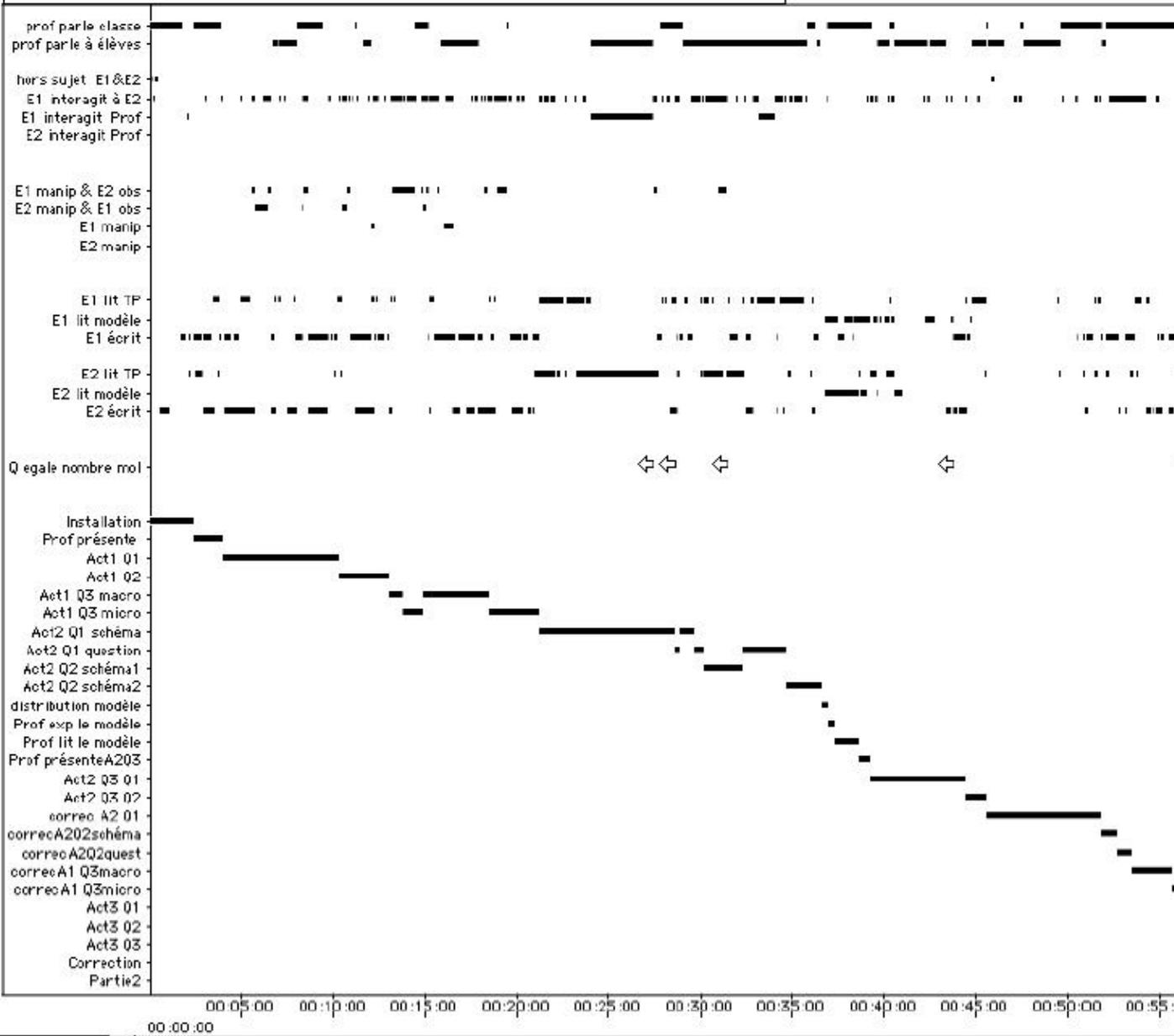
Ellen appuie sur le ballon



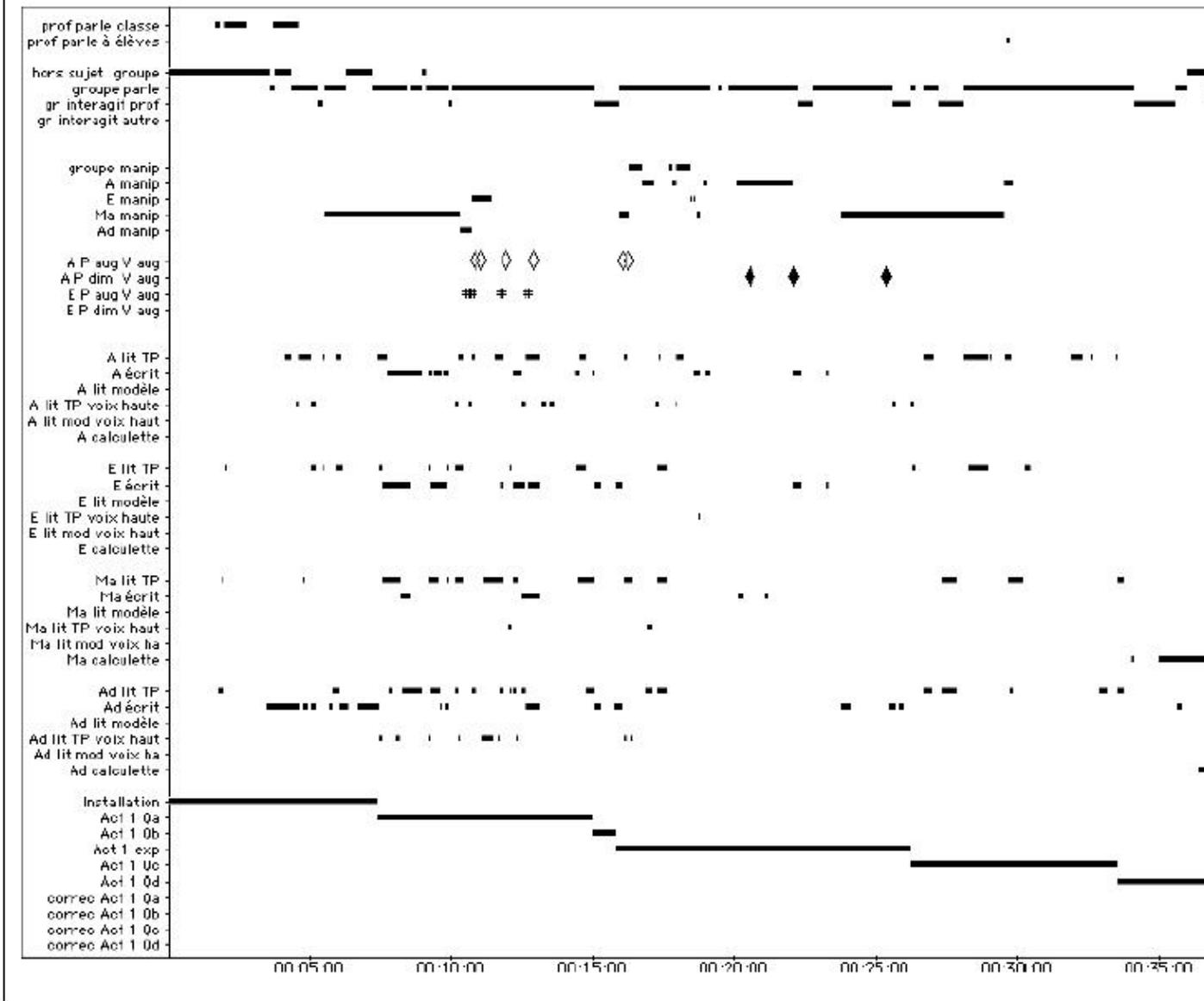
TP1 évolution du lien entre la quantité et le volume



TP1 lien entre la quantité et le nombre de molécules



Cours 2 évolution du lien entre la pression et le volume



Passages non transcrits :

On différencie :

Passages transcrits avec un doute

Certains passages ne sont pas très audibles et lorsqu'un doute persiste, nous l'indiquons dans la transcription en soulignant le ou les mots sur lesquels portent l'hésitation et en indiquant entre parenthèses la phrase pas sûre :

chien

Le tour de parole:

Il est indiqué par le changement de locuteur (changement de l'initiale du nom dans la transcription), mais il n'est pas numéroté. Car comme les transcriptions ne sont que partielles le numéro du tour ne correspond pas à la réalité de la bande vidéo. Néanmoins il est possible de préciser le tour de parole pour chaque extrait retranscrit et nous déciderons au cas par cas.

Exemple de tour de parole sans numérotation :

L'adressage :

l'adressage n'est précisé que s'il y a un doute sur le récepteur. Il est précisé par son abréviation après celui de l'émetteur, par exemple :

Auto-interruptions et interruptions :

Le tiret indique un mot interrompu brutalement par le locuteur ou le récepteur.

Chevauchements :

On indique seulement le début du chevauchement avec le signe [

Pauses :

On distingue :

Si la pause coïncide avec une action, on note, l'action comme ceci : (10s, (*P soulève la pierre*))

Orthographe :

La non-prononciation est indiquée par un apostrophe, ex. : j'vois pour je vois

Productions vocales non lexicalisées :

Elles sont notées dans leur transcription courante : hm, pfff, ben, euh

Intonations :

On ne transcrit pas les intonations objectivement mais on interprète celle-ci en termes d'interrogation, d'exclamation et d'affirmation. On utilise alors les symboles utilisés dans les conventions d'écriture indiqués entre parenthèses.

ex. : (?), (!), (.)

Allongements :

Ils sont indiqués par le signe «:». Lorsque l'allongement est prolongé, on répètera le signe plusieurs fois («::», «:::»...) ex : a::h

Productions sonores :

Les productions sonores sont décrites succinctement. Elles sont indiquées entre parenthèses et en majuscules et sont parfois codées pour les plus courantes d'entre elles.

(RIRE)	pour des rires
(SP)	pour un soupir fort et audible
(ASP)	pour une aspiration forte et audible

Le non verbal :

On indique entre parenthèses et en italique, les gestes et actions.

Si l'action coïncide avec la parole, on la note en soulignant les mots qui correspondent à la parole exemple :

monte
monte

Ce qui signifie que A soulève la pierre en même temps qu'il dit le mot monte et continue son geste pendant environ 1s sans parler lorsqu'il dit et redescend il ne fait plus de geste.

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:00:00:00	Installation			
00:04:00:01	Début Act	Prof présente l'activité		
00:05:23:01	P1A1Q1			
Partie 1 : Description d'un gaz a l'échelle microscopique				

I. Comment décrire un gaz ?

Activité 1 :

1. Enfermer de l'air dans la seringue (situation 1). Faire un schéma

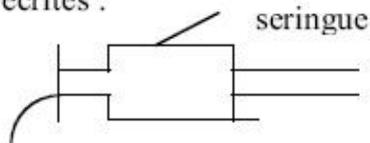
2. En gardant l'air enfermé, appuyer sur le piston (situation 2). Faire un nouveau schéma.
 3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas changé, entre les deux situations.

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

00:05:32:23	A & E parlent	A : on pose la même question en fait/	
00:05:54:06	d'enfermer de	faut faire comme ça pour enfermer	
00:06:28:00	l'air	de l'air/ hein/ pour enfermer de l'air	A bouche = enferme
00:06:40:21	A manipule la	on bouche/ attends tu fais comme ça/ de l'air	
00:07:11:01	seringue	tu bouche (A bouche la seringue)et	A bouche + tire =
00:07:25:01		tu tires (A tire sur le piston)	enferme de l'air
00:07:33:08		E : j'sais pas	
		A : ben si/ t'enfermes de l'air/ si	
		t'ouvres t'enfermes pas de l'air	
			A ouvert = enferme pas air
	A & E parlent	(E bouche et tire sur le piston de la	
	d'enfermer de	seringue)	
	l'air	A : regarde là y'a de l'air là	A l'air est présent partout
	E manipule la	E : ouais (E bouche et tire sur le	
	seringue	piston de la seringue)	
		E : et si tu fais ça (E tire sur le	E tire piston =
		piston sans boucher la seringue)	enferme de l'air
		t'en enfermes pas de l'air (?)	
		A : ben non/ regarde/ t'en	
		enfermes pas/ c'est pas enfermé là	
		y'a le contact de l'air avec le	A ouvert = enferme pas air
		dehors	
		E : ouais	
		A : que là si tu enfermes là/ tu tires/	
		'tend	
	A & E parlent	A : là juste en faisant ça (A bouche	A bouche = enfermer
	d'enfermer de	la seringue)/ là t'enfermes de l'air	de l'air
	l'air	là dedans/ t'es d'accord	
	A manipule la	E : ouais	
	seringue	A : donc en tirant/ après (A tire sur	
		le piston en bouchant la seringue)	
		c'est juste une question de pression je	
		pense/ et t'sais là la quantité elle	A VaugQaug
		sera plus grande	
	A & E rédigent		
	A& E parlent	E : j'ai rien compris	
		(A & E) lisent la consigne	
	A & E parlent		
	des dessins à		
	faire		
	A & E		
	rédigent		

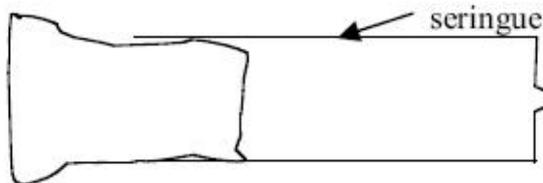
Réponses écrites :

A :



On bouche avec le doigt pour enfermer de l'air

E :



On bouche avec le doigt pour que l'air ne sorte pas

00:08:22:00

00:08:27:00

00:08:46:01

00:09:40:00

00:10:12:00

A & E parlent
d'attraper de
l'air

E manipule la
seringue

A & E parlent
parlent
d'attraper de
l'air
A manipule la
seringue

E : mais je sais pas si c'est ça où on
enferme de l'air (E tire sur le piston
on ne voit pas si la seringue est
bouchée)

A : si si c'est ça/

A : mais si parc'qu'attends/ si t'es
comme ça (la seringue est ouverte)/
y'a de l'air mais tu l'enfermes pas/ si
t'es comme ça/ tu bouches (A bouche
et tire sur le piston)/ tu tires par
exemple et tu bouches/ **au moment
où tu bouches là t'enfermes un un
une quantité d'air**

E : ouais

A1 bouche= enferme
Q d'air

A&E rédigent

A & E
discutent de
leur dessin

A&E rédigent

00:10:22:01 P1A1 Q2

A lit l'énoncé
E écrit

Question

2. En gardant l'air enfermé, appuyer sur le piston (situation 2). Faire un nouveau schéma.

00:10:31:05

00:10:39:04

00:10:59:20

00:11:05:01

00:11:21:13

00:11:57:00

00:12:11:00

00:12:15:00

00:12:36:00

A & E
discutent de
l'énoncé
E manipule la
seringue

A & E
discutent de
l'énoncé

E : fait voir

A : c'est quoi le piston (?)/ déjà E :
c'est ça (E montre le piston)

A : appuyez (A lit l'énoncé)/ nan faut
appuyer
(E manip)

A : nan/ comme ça

E : ah

A : fait voir (A tire le piston et ça
fait poc) (rire) tu tires/ tu fermes et
t'appuies (1s) (A **pousse sur le**

A manipule la seringue **piston)** et y'a **une pression qui s'exerce** en faite/ **la pression de l'air** qui s'exerce
A pression = action de pousser
E : ouais

A & E discutent du schéma à dessiner
E : tu fais quoi pour le schéma
A : ben tu mets le piston plus près

A dessine
A& E dessinent
consigne du prof à la classe

A& E dessinent
E dessine
A manip

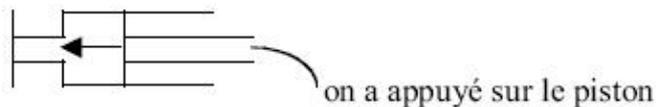
A & E discutent
A manip
E rédige
(A pousse sur le piston en bouchant la seringue)
A : **on ne peut pas de toute façon aller jusqu'au bout**
E : (2s) j'sais pas
A effet air

A & E discutent
A rédige
E : (1s) tu mets qu'il y a une pression (?) (3s)
A : non parc'qu'après/ ah au niveau macroscopique et microscopique/ attends (4s)
E : mais c'est quoi la difference/ entre les deux
A: attends j'vais marquer

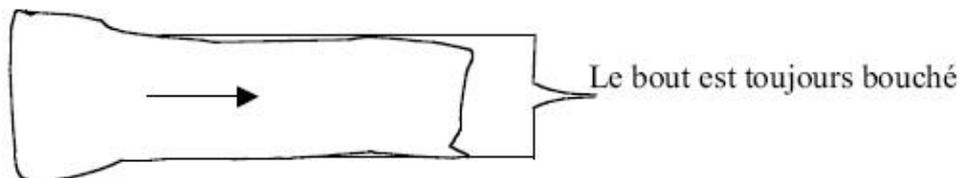
A rédige

Réponses écrites :

A :



E :



00:12:57:00

A & E discutent du schéma à faire

00:13:08:01 P1A1 Q3 A lit la
macro consigne à
voix haute

Question

3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas changé, entre les deux situations.

Faire de même en se plaçant au niveau macroscopique.

00:13:14:18		A & E	A : au niveau macroscopique-	
00:13:22:00		discutent de l'énoncé	E : c'est quoi (?) A : macroscopique/ c'est euh tu vois/ micro c'est petit et macro/ c'est en gros/ donc <u>indiquez/ ce qui a changé</u> (A lit la consigne)	A macro = voir
		A & E discutent de ce qui a changé macro	A : une petite quantité d'air(1s) ben non sans ça on y voit pas ça	A Q dim & macro voit = Q n'est pas macro
		A manip	E : ben non A : attends macroscopique qu'est-ce qu'on voit/ ben qu::e/ que le piston il est plus près(1s) du bout que l'autre/ ben j'sais pas moi j'te dis/ dis-moi ce qui va pas (?) E : (1s) mais moi j'sais pas (A lit la consigne)	
00:13:51:00	P1A1 Q3 micro	A & E discutent de ce qui change micro	A : microscopique/ y'a déjà la/ y'a y'a moins lon- une plus petite quantité d'air	A Q dim
		A manip	E : ouais A : t'es d'accord E : ouais j'pense A : (5s) c'est ça qu'a changé/	
00:14:05:06		A & E	A : et ce qui a pas changer/ bah(1s)	
00:14:32:00		discutent de ce qui change pas	j'pense que	
00:14:49:00		micro	E : ben c'qui n'a pas changé/ ben y'a toujours l'air dedans (E montre la seringue)/ l'air et toujours dedans (E montre la seringue)	E Q id
		A manip	A : ouais/ mais/ on peut pas dire qu'y a une qu-(1s). y'a pas une plus petite non regardes y'a pas une plus petite pression(1s) une plus petite quantité on en sait rien ça/ l'air/ non/ c'qu'on voit	A pression = quantité
		Prof parle à la classe	Prof à la classe : pour thomas et compagnie le niveau macroscopique c'est le niveau qui est à notre échelle/ c'est des choses que vous pouvez percevoir directement/ voir sentir toucher/ d'accord/ le niveau microscopique/ c'est le niveau qui concerne les molécules	

		A & E discutent de ce qui change pas micro A manip	A : et ben que les molécules/ ben regardes/ si j'fais ça (A pousse sur le piston en bouchant la seringue)/ et là il y a toujours la même quantité d'air sauf qu'elle est plus compressée	A Vdim Q id A air compressée
00:14:56:00	P1A1 Q3 macro	A & E disctuent de la manip A manip	E : et quand tu fais ça regardes quand t'appuies/ regardes/ tu vois que le machin/ quand tu le lâches et ben il va retomber A : non mais là on s'en fout/ là la situation c'est je bouche et je pousse/ qu'est-ce qui a changé et qu'est-ce qui à pas changé/ ben que le piston il a avancé c'est tout / et c'qui a pas changé c'est qu'on n'a pas enlevé le doigt E : ouais j'pense	
00:15:17:04		A & E rédigent en commun leur réponse	E : tu mets quoi alors (?) A : <u>attends au niveau ma/ cro/ sco/ pique (3s) ce qui a changé pour l'air deux points /ce qui a changé deux points</u> (A écrit) A : qu'est-ce qu'on avait dit qui avait changé (?) qu::e la fait que ça E : on apppuie A : on a avancé le ouais (A écrit) E : tu mets quoi comment A : on a:: E : on appuie A : on appuyez sur le piston (A & E rédigent)	

Réponses écrites :

A:

“3. au niveau macroscopique, ce qui a change : on a appuyé sur le piston”

E:

“3) Au niveau macroscopique, ce qui a change :
-on a appuyé sur le piston”

00:16:09:15

00:16:39:08

A & E parlent de ce qui n'a pas changé
A manip

A : c'est tout hein c'qui a changé/ c'qui a pas changé c'est qu'on laisse le doigt
E : c'qui a pas changé/ attends c'qui a changé/ on a pas une pression
A (1s, manipule la seringue)
E : on peut pas dire qu'il y a une pression
A : si (1s) c'qui a changé
E : c'qui a changé
A : oui/ **y'a une pression/ oui/ quand on appuie/ on peut dire quand on appuie y'a une pression/**

A pression = action de

qui fait qu'on peut pas arriver jusqu'au bout en fait/ pousser

E : ouais

A : **on peut dire qu'on sent une pression de l'air**

E : qu'on sent une pression A pression = action de pousser

A & E rédigent leur réponse

Réponses écrites :

A : "3. au niveau macroscopique, ce qui a changé : on a appuyé sur le piston et quand on appuie sur le piston, on remarque une pression de l'air"

E:

"3) Au niveau macroscopique, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

-on sent une pression de l'air"

00:17:32:13

A & E

A : et après ce qui a changé

00:17:58:06

discutent de ce qui ne change pas

E : non ce qui ne change pas

A : ouais qui n'a pas changé (3s)

E : **il y a toujours la même quantité d'air**

E Q id

A : non **ça c'est microscopique**

E : ah ben oui

A Q = micro

A : c'est le doigt (2s) que le le que le la seringue

E : que le bout et toujours bouché

A : voilà

A & E rédigent

Réponses écrites :

A : "3. au niveau macroscopique, ce qui a change : on a appuyé sur le piston et quand on appuie sur le piston, on remarque une pression de l'air.

Ce qui n'a pas change est que le bout de la seringue est toujours bouché."

E:

"3) Au niveau macroscopique, ce qui a changé :

-on a appuyé sur le piston

-on sent une pression de l'air

, ce qui ne change pas :

-la seringue est toujours bouché"

00:18:09:00

A & E

A : bouger j'ai mis (rire)

00:18:22:00

discutent

E : c'est tout (?)

A & E

A : hein (?)

rédigent

E : c'est tout

A : ben ouais/ tu veux mettre quoi d'autre (?)

A & E

A : quand t'as ça/ tu bouches (A bouche la seringue) (3s, A pousse sur le piston de la seringue bouchée) donc c'est tout

discutent

A manip

E rédige

E : de quoi (?)

A : c'est tout j'pense et après au

niveau

00:18:35:03 P1A1 Q3 A & E rédigent A : mi (1s) cro (1s) scopique
micro

Question :

3. En se plaçant au niveau microscopique, indiquer par écrit ce qui a changé pour l'air et ce qui n'a pas changé, entre les deux situations.

00:18:41:00 A & E E : ce qui a changé
00:19:30:24 discutent de ce A : (3s, A *écrit*) euh/ la la(1s) ben
00:19:47:08 qui a changé j'sais pas/ la quantité d'air eu::h/ pas A Q=V
A manip la **quantité** comment dire/ le **volume**
d'air A V change
E : moi je dirai qu'il est toujours E V ne change pas
pareil hein
A : (3s) non/ si tu fais ça(A bouche la
seringue avec son doigt)/ là t'as un
volume de dix par exemple/ là t'as un
volume de dix/ t'as un volume t'as
pas une quantité/ là t'as une volume
et une quantité/ le volume elle est de
dix/ si j'appuie (A appuie sur le
piston en gardant bouché la
seringue)/ là le **volume il sera de**
huit/ mais la quantité sera la
même/ le volume sera/ y'aura juste
le volume/ qui aura changé/à cause A Pression V varie Q
de la pression id
A & E A: j'sais pas si c'est ça
discutent de la Prof à la classe : il faudrait que vous
validité de la passiez à l'activité suivante
réponse E : ouais j'pense
A : oui ou non (?)
E : ouais
A : on peut parler de ça ou pas (?)
E : ouais j'pense
A : ouais
E : ouais/ on l'mets dedans (?)
A : non/ on l'verra au corrigé
E : ouais on met le volume
A & E rédigent

Réponses écrites :

A:

“-Au niveau microscopique, ce qui a change :
-le volume de l'air occupé dans la seringue”

E:

“Au niveau microscopique : ce qui a change
- le volume d'air occupé”

00:20:00:01

A & E rédigent E : ce qui n' a pas changé

00:20:24:21

et discutent de A : le volume de l'air espacé/ j'ai mis
ce qui n'a pas n'importe quoi/ le volume de l'air
changé E : moi j'ai mis juste le volume

A : occupé.
(8s) et ce qui et c'est tout (?)
E : ouais c'est tout
A : et ce qui n'as pas changé
E : **ce qui n'a pas changé ben c'est la quantité d'air**

E Q id

A & E rédigent

Réponses écrites :

A:

“-Au niveau microscopique, ce qui a changé :
-le volume de l'air occupé dans la seringue
Ceux qui n'a pas change est la quantité d'air.”

E:

“Au niveau microscopique : ce qui a changé
- le volume d'air occupé
: ce qui a change :
-la quantité d'air”

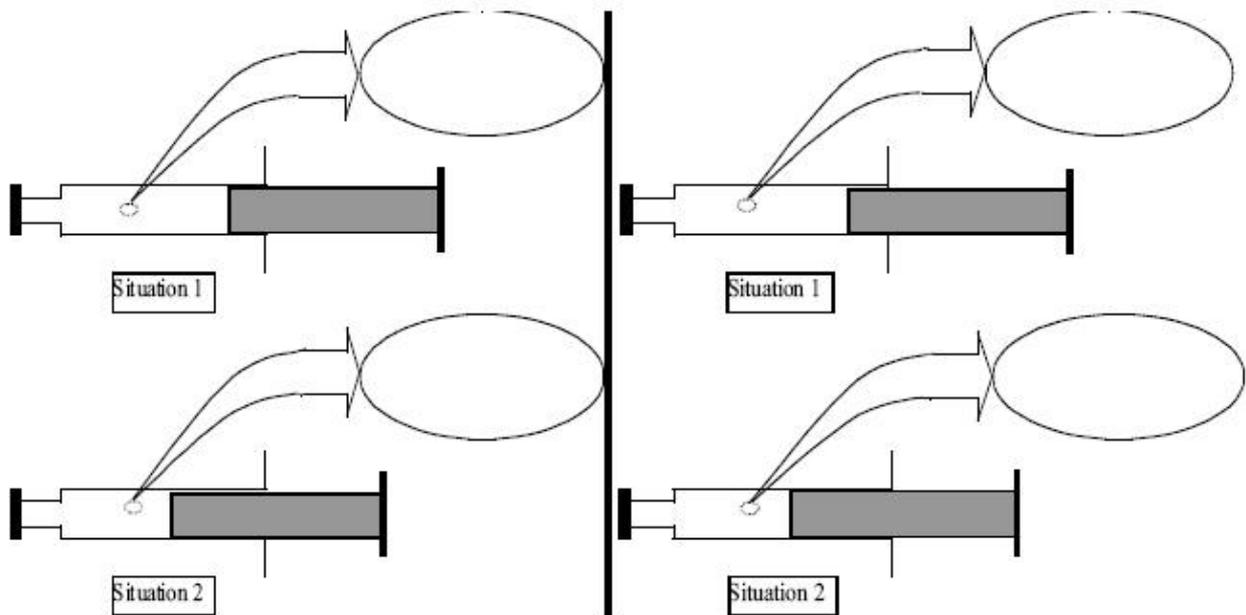
00:21:13:01 P1A2 A & E lisent
Q1schéma l'énoncé

Question

On se place maintenant au niveau microscopique. On rappelle que l'air est un gaz constitué de molécules de dioxygène et de diazote que l'on représentera toutes de la même façon. On isole par la pensée de toutes petites parties de l'air de la seringue.

1. Représentation de deux petites parties de même volume

Dans les situations 1 et 2, représenter sur les schémas de gauche ci-dessous, deux **petites parties** de l'air de la seringue, de **même volume**.



A & E discutent
de l'énoncé

00:23:36:00

00:23:56:00

00:24:03:00	A lit la	A : si vous avez dessiné/ le même
00:24:34:00	question	nombre de molécules dans les/ les
00:25:22:01	suivante	situations 1 et 2 ben oui c'est
		logique/ si ça a le même volume et
00:27:29:06		la même quantité ça est (2s) ah non
		de même volume
00:27:44:01	A & E lisent	
00:27:58:01	l'énoncé	
00:28:04:00	Prof explique à	A : madame (4s)
00:28:10:11	A & E que les	Prof : oui
00:28:29:00	molécules d'air	A : on comprend pas là
	sont	E : ouais l'activité 2
	représentées	Prof : alors vous devez dessiner/ on
	pareils	vous dit que le gaz c'est de l'air
		A : hmh hm
		Prof : dans ce là dedans il y a deux
		sortes de molécules vous l'avez vu
		ça
		A : ouais on la vue ça
		Prof : mais pour les représenter/ on
		représente tout pareil/ parc'qu'ici on
		ne s'intéresse pas à savoir si c'est du
		dioxygène ou du diazote/ c'qu'on
		veut savoir c'est comment/ qu'est-ce
		qui leur arrive à ces molécules donc
		on les représente pareil
	Prof explique à	Prof : et ensuite on vous dit qu'on
	A & E	isole par la pensée deux petite partie
	l'abstraction	d'air de la seringue/ c'est toute petite
		partie elle seront dessinée là
		A : ah ouais c'est ça
		Prof : d'accord (?)
		A : et alors (?)
		Prof : on dit qu'on en prend deux de
		même volume/ ça ça servira après/
		on s'en sert pas vous allez travailler
		là-dessus/ vous allez prendre deux
		petite partie qui son de même
		volume qui ont la même taille (1s)
		vous allez imaginer ça
		E : oui
		prof : vous allez pas le faire en vrai/
		vous l'imaginer et dans c'est deux
		petites parties/ qui font la même
		taille et ben vous allez représenter
		eu h qu'est-ce qu'on vous dit de
		représenter les molécules ou
		d'représenter l:e
		E : bah deux p'tite partie
		Prof : au niveau microscopique/
		donc vous allez représenter les
		molécules qui sont dans ces petites

parties

A : qu'est-ce qu'on en sait (?)

Prof explique à [...]

A & E l'énoncé Prof : et là effectivement est-ce que la question est-ce que j'vais mettre le même nombre pas le même nombre/ ainsi c'que vous devez utiliser c'est/ on vous dit que les deux petites parties elles sont de même volume/ vous en prenez si vous pouvez prendre un tout petit peu/ vous prenez un petit volume et dans l'autre vous en prenez un de la même taille/ exactement et là vous imaginez qu'est-ce qui est arrivé aux molécules qui sont là dedans entre le moment où la seringue était comme ça et le moment où la seringue était comme ça(2s) alors le volume

A V change Q id

A : ben/ **c'est pas le même volume là/ y'a pas le même volume/ mais la même quantité**

[...]

Prof : alors y'a pas le même volume/ y'a pas la même quantité

A : ah bon/ y'a pas la même quantité (?)

Prof : si si/ t'as raison y'a la même quantité bien sûr/ mais ce que tu me dis là c'est vrai pour toute la seringue/ c'est à dire c'est vrai pour ça et pour ça/ là effectivement ce volume il est plus petit que celui-là/ mais moi je prends pas ce volume là/ je prends un tout petit bout et ce tout petit bout je choisis de prendre un tout petit bout de même volume après

A&E même volume =même Q

A : **ben ça sera le même**

E : **c'est pareil**

Prof : même si dans ma seringue/ effectivement le volume totale a diminué/ c'est ça que j'vous demande de faire/ vous faites les dessins comme vous voulez/ comme vous pensez/ vous avez compris c'que j'vous demande

A : ouais ouais faut marquer en faite/ si / faut voir si y'a **la même quantité** en faite/ si y'a à peu près **le même nombre de**

A Q = nbre de molécule (énoncé)

Prof : effectivement c'est la question qu'il faut se poser

A : ouais c'est la question
Prof : une fois que tu en auras
dessiner un qu'est-ce que tu vas
mettre dans l'autre
A : ouais si j'en met un ou pareils
Prof : effectivement c'est ça qu'il
faut vous demander

A & E
discutent du
nombre de
molecules
qu'elles vont
dessiner

A : **on en met le même nombre
j'suis d'accord/** j'sais pas toi/ mais
moi j'suis d'accord
E : **oui/ moi j'mets le même nombre**
A : en fait/ **globalement j'pense
qu'y'en aura moins/ mais une
même quantité ce sera identique**
E : on en met combien
A : dix allez

A même volume =
même quantité
(énoncé)

E même volume =
même quantité

A Q = Nbre mol
(énoncé)

A dessine sur
le schéma

A & E
discutent de ce
qu'il faut faire

A : voilà
E : c'est ça qu'il faut faire
A & E : (rire)
A : mais ouais mais non (1s) mais si
parc'que la question qu'on doit se
poser

Prof dit des
consigne à la
classe

Prof à la classe : c'est normale vous
mettez rien sur les schéma de droite
on les utilisera tout à l'heure pour
faire la question

A & E
Discutent

A : mais c'est logique
E : ben oui
A : la question que tu te poses/ est
que elles ont le même **quantité de
molécules**
E : ben oui
A : tu veux proposer quoi d'autre si
elles ont le **même nombre de
molécule/ si on en prends qu'une
part elles ont le même nombre**

A Q = nbre de
molécule

E dessine

00:28:38:24 P1A2 Q1
question

A & E lisent la
question à voix
haute

Question

Avez-vous dessiné le même nombre de molécules dans la situation 1 et la situation 2 ? Pourquoi ?

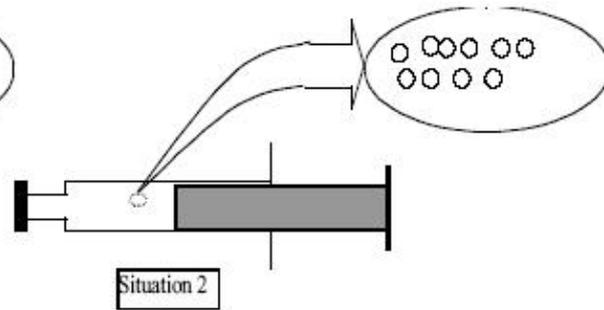
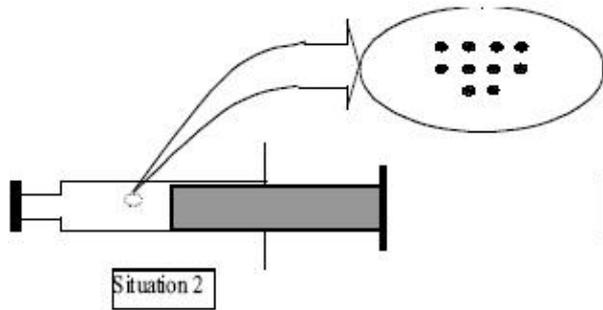
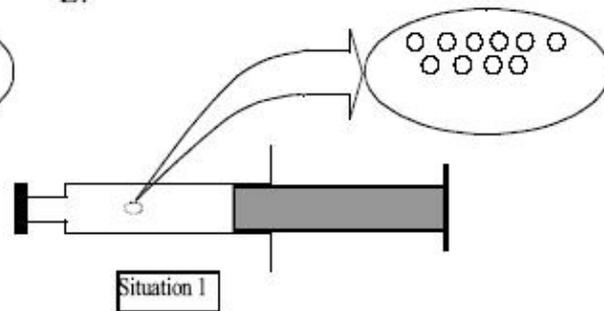
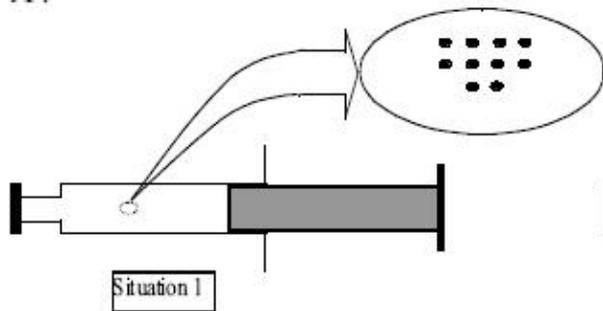
00:28:59:00 P1A2 Q1
schéma

A & E
dessinent les
molecules dans
les schémas

Réponses écrites :

A :

E :



00:29:19:00

A & E discutent de la question
A dessine

E : pourquoi ça j'en sais rien (17s, A dessine)
A : parce que point d'intérogation/

00:29:46:01 P1A2 Q1 question

A & E discutent de la question

A : non mais/ j'sais pas comment l'expliquer/ parc'que en fait c'est contradictoire parc'que **si elles ont pas les mêmes volumes elles ont la même quantité** A Q id V change
E : parc'qu'elles ont la même quantité
A : (1s)
E : j'en sais rien
A : (5s) ouais/ ouais mais on verra (2s) on passe
E : moi j'met pas

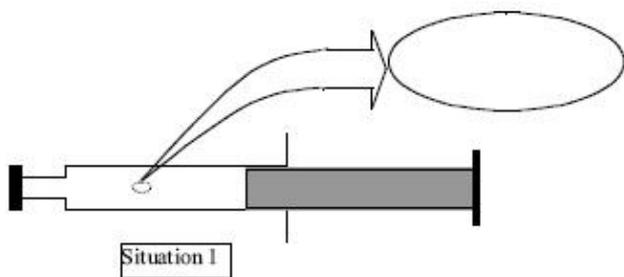
00:30:13:01 P1A2 Q2 schéma1

A & E lisent l'énoncé

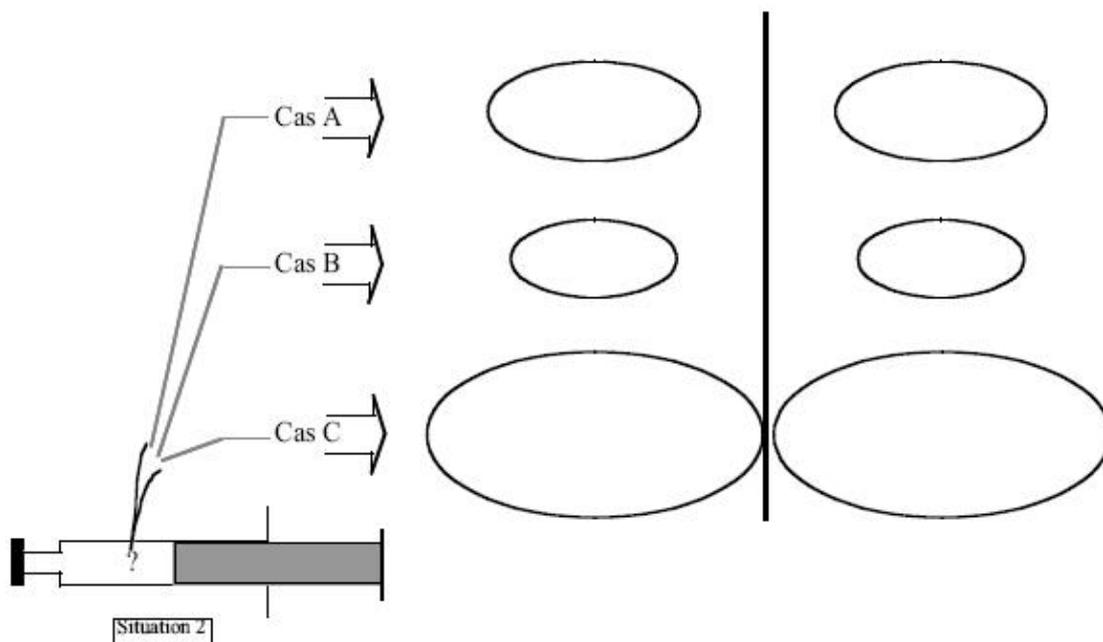
Question

2. Représentation de deux petites parties de même masse

Représenter, comme ci-dessus dans la situation 1, une petite partie de l'air contenu dans la seringue.



On veut représenter une petite partie de **même masse** dans la situation 2. Choisir, parmi les trois cadres proposés à gauche, celui qui vous semble le mieux convenir, et y représenter les molécules.



00:30:23:00

00:31:36:00

00:31:54:00

A & E parlent de l'énoncé

A : attends c'est la masse

E : hein

A : deux parties de même masse(A lit l'énoncé) / on travaille sur la masse

E : et t'à l'heure c'était quoi

A : et c'tait l'volume avant

E : (E lit l'énoncé) mais là elles ont pas le même volume

A : non mais/ le truc en fait c'tait/ correspondait à la même quantité/ la même question sauf avec leurs masses j'crois

E : ben c'est pareil

A : (2s) attends c'est quoi déjà une masse (?)

E : ou alors ici ça se trouve y'en a le

double car le volume il est le double de là/ parc'que là c'est le double
 A : mais attends/ on a dit là (A montre la seringue)/ c'est la même quantité/ euh c'est le même volume/
le volume est réduit/ mais la quantité c'est la même/ si c'est la même/ ça voudra dire que ce sera exactement le même nombre d'at/ euh de molécules/ logiquement
 A Q=V
 A Q id V
 A Q =nbre de molécules
 parc'qu'autrement si tu dis que là il y a moins de nombre de molécule d'accord il y'en aura moins/ (inaudible)/ sauf **que là ils sont compressés en fait**
 E : ben j'comprends rien
 A : (3s) toutes façons on a tout faux
 E : c'est claire bon ben sûrement/ même A molécules compressées

A & E lisent l'énoncé
 A dessine et E lit

00:32:12:00 P1A2 Q1 question

A & E discutent et rédigent la réponse de la question 1 de l'activité 2
 A à prof : mais on arrive pas à expliquer (10s) (4s à lit l'énoncé)
 A : ouais parc'que la quantité est la même
 E : (2s) ouais (A écrit)

Réponses écrites :

A : “-oui j’ai dessiné le même nombre de molecules parce que la quantité d’air est identique dans les 2 cas.”

E : “oui, j’ai dessiné le même nombre de molecules car la quantité est la même.”

00:33:15:23 P1A2 Q2 schéma1

Prof explique l'énoncé à A & E
 A : madame ici
 Prof : oui
 A : c'est par rapport à la masse
 Prof : 'fin entre ça et ça vous prendrez des parties qui ont la même masse
 A : ah mais oui mais faut bien qu'on fasse ça et après ça
 E : et c'est quoi la différence avec là (E montre l'énoncé de la question 1) avec ouais celui -là
 Prof : dans le premier dessin y'a pas de différence tu choisis une petite partie
 A : ah on mets on fais on choisis
 Prof : et ben oui
 A : et ben elle est là **la partie on choisit en fait le nombre en fait de molécules**
 prof : ouais (1s) alors soit tu vas/ soit A masse = nbre de

tu prends la même partie un mais t'es *molécules*
pas obligé tu peux en prendre une
autre

A : ouais

Prof : dans ce dessin là y'a pas de
contrainte/ on t'imposes rien

A : ah ouais d'accord non mais moi
j'croisais qu'il fallait/ réfléchir
combien on devait en mettre par
rapport à la masse

Prof : eh ben c'est là où tu réfléchira
quand tu passera de là à là

A : OK

00:34:05:18

A & E
discutent et
dessinent un
nombre de
molécule

A : on met quoi onze douze dix non
dix/ comme ça on en met le même
nombre

E : moi j'en ai mis treize

A : non mais comme ça on pourra
voir

E : attends j'en enlève trois/ passe
moi t'as gomme

A : ah ouais tu veux faire le truc à
part (rire) tu veux pas faire pareil

E : non j'ai pas envie

A : et ben met tes treizes molécules
(E gomme et A écrit)

E : t'en as mis combien dix

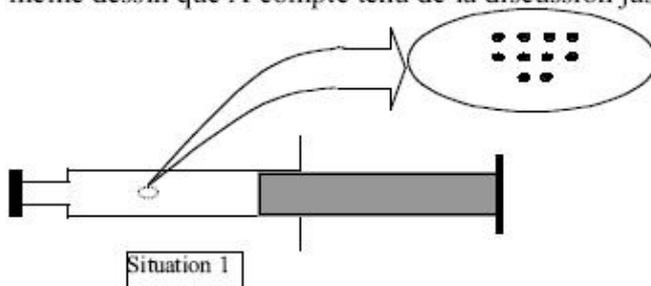
A : ouais

E : tiens (E rend la gomme à A)

(A et E dessinent)

Réponses écrites

A & E (E a modifié son dessin suite à la correction , nous supposons qu'elle a dessiné le
même dessin que A compte tenu de la discussion juste avant) :



00:34:48:03 P1A2 Q2
schéma2

A & E
discutent de la
taille des
cadres
A lit l'énoncé

00:35:23:18

A & E parlent de la définition de la masse

A : la masse/ alors la masse on avait dit que c'était quoi (?)
E : égale
A : qu'est-ce qu'est égale/ **la masse c'est comme le poids**/ non (?)
E : ouais
A : **le volume** non (?)
E : non j'crois pas le volume

A masse = poids

A masse = V
E masse diff V

00:35:36:00

A lit l'énoncé Prof parle à la classe

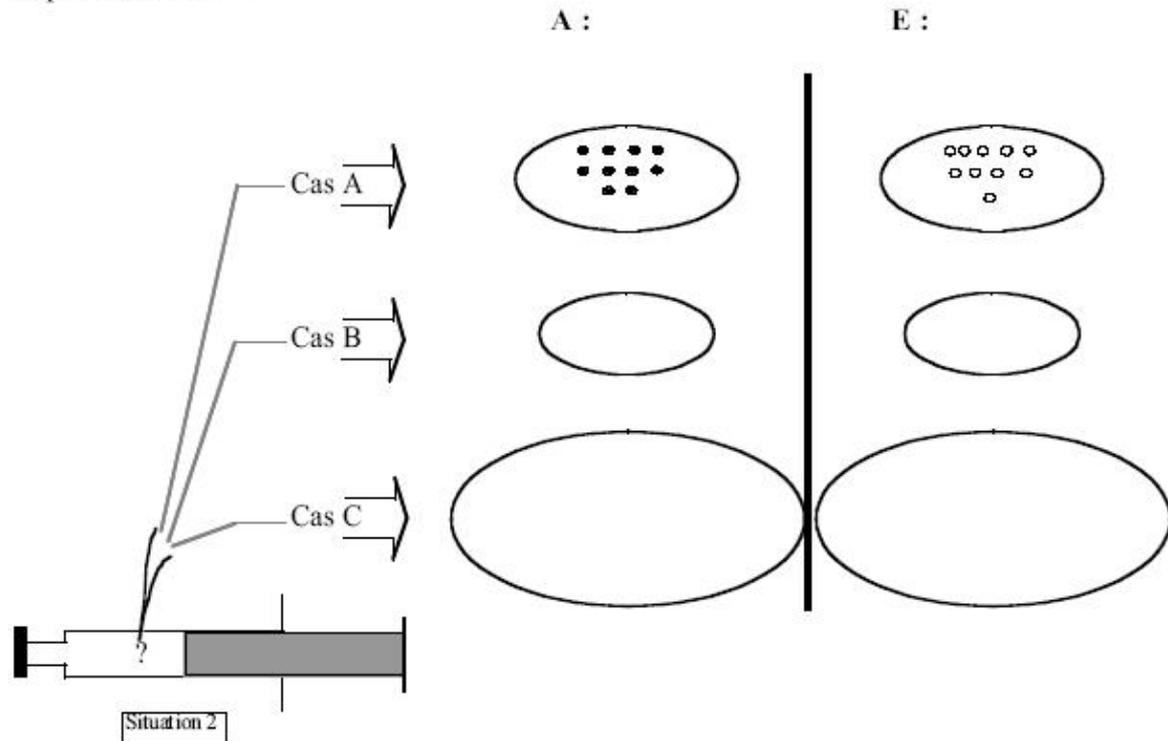
00:36:03:01

A & E discutent du cadre à choisir A & E dessinent les molécules

E : moi j'dis c'est le A (E écrit)
A : **faut y représenter 10** (A & E dessinent les molécules)

A masse = nbre de molécules

Réponses écrites :



A & E idée *masse = nbre de molécules*

00:36:40:01 Lecture du modèle

Modèle microscopique des gaz

Les gaz sont constitués de molécules

Propriété des molécules

P1. Une molécule est petite ; l'œil ne peut pas la voir.

P2. En l'absence de réaction chimique, une molécule est insécable, c'est-à-dire ne se coupe pas.

P3. Une molécule garde toujours les mêmes dimensions et ne se déforme pas.

- P4. Une molécule a une masse.
 P5. Une molécule est électriquement neutre.

Les molécules dans l'état gazeux

- G1. Les molécules sont en mouvement incessant et désordonné.
 G2. Les molécules sont très éloignées les unes des autres et se répartissent dans tout le volume qui leur est offert. Ce volume est limité par des parois, qui sont solides ou liquides.
 G3. Les molécules peuvent entrer en collision entre elles et avec les parois. Elles ne s'attirent et ne se repoussent pas.
 G4. Il n'y a pas de matière entre les molécules : c'est le vide.

00:37:03:01	Explication du modèle	Prof explique et lit le modèle	
00:39:20:24	P1A2Q3 (Q1)	A & E discutent En lisant le modèle	A : on a juste ou on à faux là/ d'après ça (A & E lisent le modèle)

Question

3. A l'aide du modèle microscopique des gaz distribué par le professeur, corriger si nécessaire sur les schémas de droite :

les représentations des petites parties de même volume ;

00:39:34:01	A lit le modèle	A : les molécules sont très éloignées	A molécules se
00:39:45:00	à voix haute	les unes des autres/ déjà/ elles sont	répartissent partout
00:40:11:01		réparties dans tout le volume	
00:40:34:19	A & E écoutent	(inaud)	
00:40:57:06	une élève qui		
00:40:59:06	parle avec la		
	prof		
00:42:12:06	A & E	E : j'sais pas si on a juste ou on a	
00:42:14:00	discutent leur	faux (3s)	
00:42:27:00	correction	A : on a faux/ regarde là	
00:42:48:14		E : ouais	
00:43:25:01		A : elles sont pas aussi près	
00:43:32:00		E : donc il faut les faire plus éloignés	
		A : et collées aux parois	A molécules sont collées parois
	A & E lisent le modèle et écoutent une élève qui parlent avec le prof		
	E propose de faire des molécules de partout	E : vas-y on en fait de partout	
	A & E écoutent la prof qui discute avec d'autres élèves	<u>Autres : nan y'en a plus/ y'en a plein mais elles changent pas de forme/ faut les faire plus petite</u> <u>Prof à autre : ellespeuvent pas être plus petite mais par contre elles</u>	

peuvent être (1s) elles peuvent être/
elles restent éloignées
Autr : ça va se répartir
Prof : la aussi non la y'en pas de
partout elles se répartissent ça veut
pas dire qu'il y'en de partout la dans
la salle y'en aura de partout (pas sûr)

A & E

A : j'ai rien compris

discutent

E : moi non plus

A & E lisent le
modèle

A & E parlent
de la répartition
des molécules

A : donc les molécules elles seront
plus espacées/ non (?) trois/ quatre
parce qu'elles sont/ regardes (3s, A lit
le modèle) tu vois ce volume est
limité par les parois ah non/ les
molécules peuvent être en collision
entre elles et avec les parois/ ça veut
dire qu'elles sont **collées aux parois**
(?)

A molécules sont
collées au parois
E mol pas collé au
parois

E : non elles sont pas collées aux
parois/ il peut y en avoir (inaudible)

Prof parle d'une
absence avec
un élève

A & E parlent

E : **bon on en fait de partout**
A : non mais tu dois en garder la
même quantité quand même
E : ouais ouais

E molécule partout
A même
quantité=même
nombre de mol

A & E
corrigent

Corrections :

Il semblerait que A & E dessinent les molécules de partout dans les deux bulles, ainsi que le même nombre de molécules dans les deux bulles. (les dessins ont été effacé durant la correction)

00:44:34:01

P1A2 Q3
(Q2)

A & E
discutent et
corrigent

A : donc/ là ça serait la même chose
E : ouais j'aurai dit partout pareil
(A écrit)

Question

3. A l'aide du modèle microscopique des gaz distribué par le professeur/ corriger si nécessaire sur les schémas de droite :

les représentations des petites parties de même masse.

00:45:10:15

A & E discutent
et lisent le
modèle

A : **eah/ qu'est-ce que j'veux dire/
là le volume il est plus petit/ t'es sûr
que la masse ça s'ra la même (?)**
E : j'pense ouais

A V varie =masse
identique

E V varie =masse
identique

00:45:43:01

Correction
P1A2Q1 &
P1A2Q2

Prof fait faire la
correction au
tableau à deux

élèves

00:47:10:01
00:47:34:20
00:49:22:18
00:50:44:06
00:50:57:00

A & E
discutent de la
correction au
tableau

A: ouh lala il en a mis trente de plus
(3s)
E : t'as vu faut doubler (3s)
A : nan/ j'y crois pas moi qui faut
doubler/ j'sais pas (2s) elle a fait
destout petits Farida
E : j't'l'avais dis

A : (3s) ouais elle a raison/ **elle est
plus compressée/ donc c'est la plus
petit/ mais c'est le même nombre**

Vdim = nbre mol id

Prof dicute
avec la classe
s'il faut mettre
la même
quantité dans
des échantillons
de même
volume

Prof dicute
avec la classe
s'il faut mettre
la même
quantité dans
des échantillons
de même
volume

Autre : en fait dans la seringue/ y a le
même nombre de molécules/ ben
c'est obligé comme il y a un plus
petit volume/ elles sont plus
raprochées pour en avoir le même
nombre

Prof : elles sont plus rapprochées
effectivement

A : mais y'en a pas plus

Prof : si je prends le volume totale de
ma seringue

A : oui mais là on parle du volume
totale/ **de volume/ il est plus petit le
volume mais pas la quantité**

A V varie Qid

Prof : vous vous taisez là-bas/ au
moment où j'ai poussé les molécules
qui sont dans l'air/ qui sont là/ sont
plus resserée puisqu'elles ont moins
de place lorsque je regarde le volume
globale/ maintenant comme j'ai pris
un échantillon de même volume/ une
petite partie/ de même volume/
lorsque je regarde/ j'ai pris deux
petites parties qui ont la même
taille(1s) dans l'une des petite partie
les molécules seront plus espacé que
dans l'autre/ ça veut dire que dans
l'autre il y'en aura plus

A : ah ben ouais/ c'est vrai ça/ dans la
**quantité (isolée par un petit
volume) il y'en a plus/ mais quand
tu prends la quantité (dans toute la
seringue) elles sont plus serrées**

E : j'sais pas

A abstraction +
densité + $Q = \text{nbre mol}$

Prof exp les
molécules ne
peuvent pas se
toucher

(La prof dessine un dessin avec les
molécules qui se touchent)

A & E les molécules
ne se touchent pas

A : oula

Prof : c'est à dire qui avait tout
rempli mais qui se touchaient/ est-ce
qu'on peut faire ça (?)

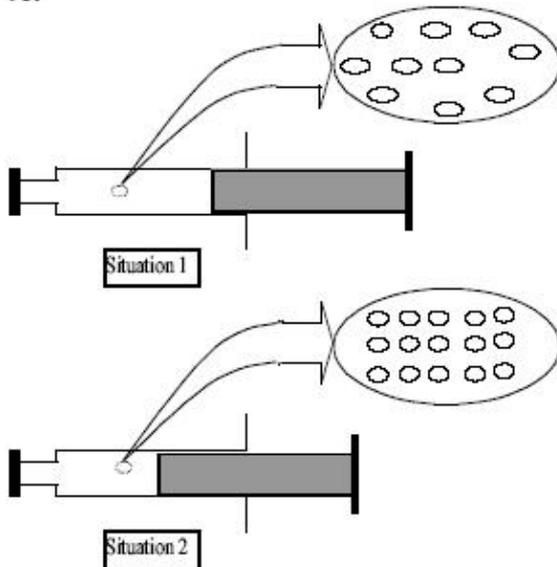
E : non

[...]

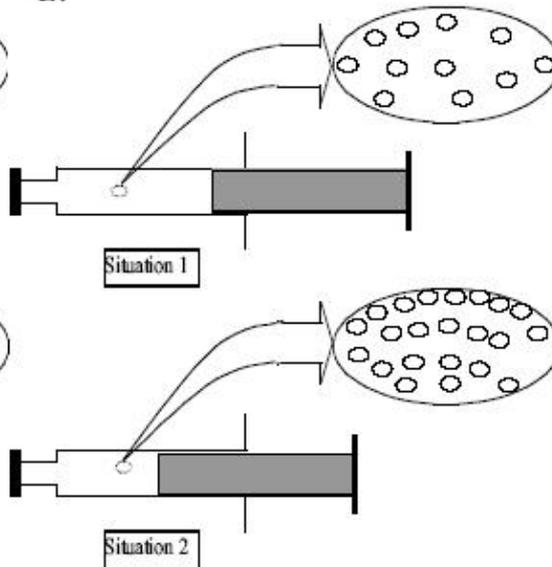
A & E
gomment et
redessinent le
nombre de
molécules

Corrections:

A:



E:



00:51:32:01

A & E
discutent
Du nombre de
molécules
qu'elles
viennent de
dessiner

E :donc en faite y'en a le double là

A : **ouais parc'qu'elles sont plus
concentrée**

E : t'as vue j'tavais dit

Prof à un élève : t'as entendu
c'qu'elle à dit T alors ça sert à quoi
c'qu'on fait là

A molécule plus
concentrées

00:51:48:00

Correction
P1A2Q2

A & E
discutent de la
réponse à l A2
Q2

A : elles sont plus compressées mais
y'en a le même nombre

A molécule plus
compressées, mais
même nbre

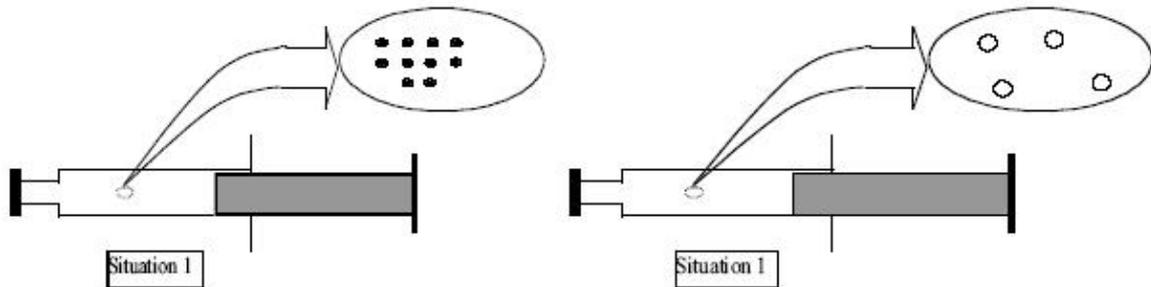
00:51:54:00

A & E
dessinent la
correction

Pendant que la prof discute la correction avec la classe

Corrections :

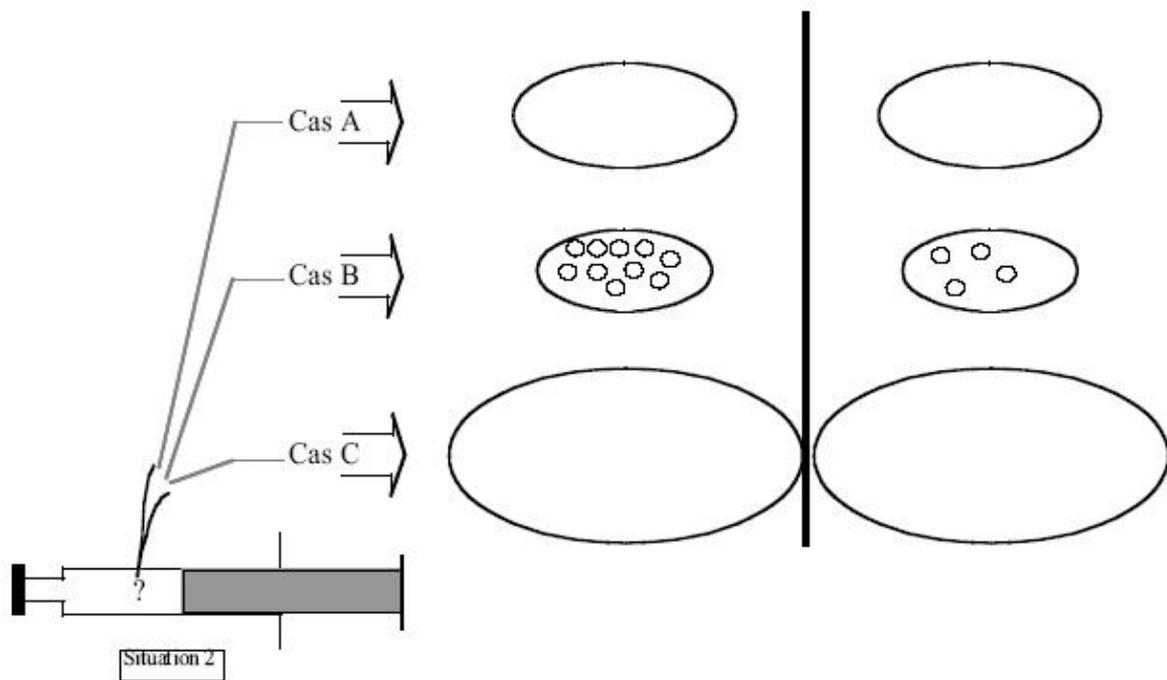
A :



Réponses écrites :

A :

E :



- | | | |
|-------------|----------------------------|--|
| 00:52:51:01 | Correction P1A2Q2 question | Prof discutent la correction avec la classe |
| 00:53:34:01 | Correction P1A1Q3 macro | Prof discute la correction avec la classe |
| 00:54:05:00 | | A & E réalisent que la question demandait ce qui changé pour l'air et non pas la |

seringue

00:54:26:00

Prof discute la correction avec la classe

Prof : pour l'air qu'est-ce que ça veut dire qu'est-ce qui change pour l'air

A : **elle est compressée**

Prof : Céline/ parle fo- fostine tu te tais

A air est compressé

Autre : le volume eu:::h d'air qu'est plus petit

Prof à classe : ouais/ le volume d'air/ vous voyez le volume vous voy- vous voyez pas l'air vous voyez le volume qu'il occupe

E à A : le volume de l'air est (?)

A: c'est quoi/ c'est quoi le volume

E: le volume de l'air j'sais pas quoi

A : ben c'est la pression de l'air

00:54:59:00

Prof discute la correction avec la classe

Prof à un élève : qu'est-ce t'as mis Thomas

Autre : (inaud)

A & E écrivent

Prof à un élève : mais quoi ça (?)/ ça veut rien dire que ça change pas

Autre : (inaud)

Prof à un élève : l'air ne change pas c'est-à-dire (?) Patrice (3s) alors on est encore **au niveau macroscopique**

A à E : **ben c'qu'on voit**

Prof à un élève : autre proposition

A macro =voir

Patrice

Corrections écrites :

A: " volume d'air"

E : " le volume de l'air est plus concentré"

00:55:18:01

Correction P1A1Q3 macro
Ce qui ne change pas

Prof discute la correction avec la classe

Autre : la quantité d'air reste la même
Prof à la classe : **la quantité d'air reste la même**

A : ouais

Prof à la classe : est-ce que vous êtes d'accord (?)

A à Prof : **oui**

Prof à la classe : ça on le voit pas

A Q id au niveau macro

A à E : c'est au niveau macroscopique hein (?)

E : hm

00:55:37:00

Correction P1A1Q3 micro
Ce qui change

Prof discute de la correction A & E écrivent la correction

Prof : et au niveau microscopique Thomas qu'est-ce que tu voulais dire (?)

Autre : les molécules/ elles se rapprochent

Corrections écrites :

A: " quantité d'air reste la même"

E : "la quantité d'air reste la même"

00:55:47:01

Prof discute de la correction
A écrit la correction
Prof : les molécules se rapprochent/
Fostine tu t'arrêtes (2s) ensuite

Corrections écrites :

A: " les molécules se rapprochent"

00:56:01:00		Prof discute de la correction	Autre : y'a moins d'espace Prof : ouais la même chose c'est plus resserré il y a moins d'espace
00:56:08:00	Correction P1A1Q3 macro Ce qui change	Prof parle de correction niveau macroscopique	Prof : alors la pression/ euh/ c'est du niveau macroscopique/ vous pouvez la sentir avec vos doigts/ la pression ça pousse/ effectivement il y a plus de pression/ mais ça c'est au niveau macroscopique
00:56:22:21	Correction P1A1Q3 micro Ce qui ne change pas	Prof parle de la quantité au niveau microscopique	Prof : Qu'est-ce que je peux dire sur le nombre de molécules/ si on se place au niveau macroscopique/ tout à l'heure/ on avait parlé de quantité au niveau macroscopique ça pourrait être la masse par exemple/ ou la quantité de matière/ si je regarde au niveau microscopique/ comment je peux traduire ça A : c'est la même Prof : la phrase il y a a la même quantité / si j'veux la dire au niveau microscopique j'fais dire quoi (?) A : même nombre de molécules Prof : le même nombre de molécules dans les deux situations

A Q macro = nbre molécule

00:56:50:01	P1A3 Q1	Prof présente l'activité 3 A & E rédigent leur réponse
-------------	---------	---

Corrections écrites :

A: ceux qui ne change pas " même nbre de molécules "

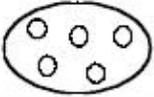
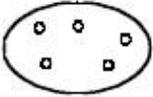
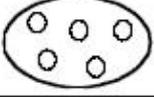
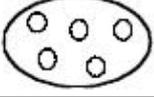
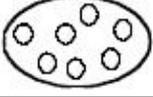
E :ce qui a changé : "le m(ême) nombre de molécule"

00:57:00:00		Prof présente l'activité 3
-------------	--	----------------------------

Question
 Activité 3 :

1. Pour représenter des petites parties de même volume dans les situations 1 et 2, des élèves ont proposé les schémas ci-dessous.

Ces représentations vous paraissent-elles convenir pour traduire que dans la situation 2 :
 c'est le même gaz que dans la situation 1
 le gaz est plus tassé
 le gaz pourrait encore être tassé.

	Situation 1	Situation 2	La représentation	Pourquoi ?
Elève A			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève B			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	
Elève C			<input type="checkbox"/> convient <input type="checkbox"/> ne convient pas	

00:58:03:00
 00:59:17:00
 01:00:21:00

A & E discutent (E lit l'énoncé)
 des réponses
 qu'elles vont
 mettre

E : ben non parc'qu'elle doit être de même (E montre sur sa feuille)
 A : attends moi j'ai pas compris / il faut dire quoi là (A lit l'énoncé) si la représ- le même gaz/ le même gaz dans la situation un (3s, A lit l'énoncé) ben elles sont pas plus petite (3s, A lit l'énoncé) ben elles sont pas plus petite (?)
 E : ouais
 A : malgré qu'elles soient compressées c'est ça (?) c'est toujours l'histoire de la seringue
 E : j'pense ouais
 Prof à autre : (inaud)
 E : moi j'mets ne convient pas
 A : le deuxième non c'est le même nombre de molécules et là c'est juste
 E : pourquoi (?)
 A : là (3s) un deux trois quatre cinq/ ah non (2s) ça ne convient pas
 E : non c'est le deuxième qui convient
 (A & E écrivent)
 A : ah mais le premier c'est ça le deuxième est plus tassé c'est ça

Prof explique à
 A & E les deux

situations de la question

A & E discutent des réponses qui conviennent

E : et là ça va pas y'en a trop
A : donc là il convient pas là (?)
E : moi j'ai mis qu'il convenait
A : pourquoi (?)
E : ben c'est c'qu'on a mis attends (1s) non
A : non moi j'dis c'est la dernière si **on prends une partie/ y'en a plus de molécules**
E : (3s)
A : que là le volume il sera (inaud)
(2s) là pourquoi y'aurai pas la même quantité (5s)
E : euh j'sais pas (10s)
A : on met des croix et après on dira pourquoi
E : t'as mis quoi pour la dernière convient (?)

A reprend abstraction même partie donc plus de molécules

01:01:10:01 P1A3 Q2

A & E discutent des réponses qui conviennent

E : faut faire là
A : ouais c'est par rapport à la masse

ima138.jpg

00:01:22:00

A & E discutent des réponses qui conviennent

E : c'est le deuxième qui convient
A : (2s) ouais
(E rédige)

00:01:57:00

A & E rédigent leurs réponses

Réponses écrites à la question 1:

A :

“Elève A : ne convient pas - car les molécules st de m(ême) tailles

Elève B : ne convient pas –Il n’y a pas le même nombre de molécules(reconstruit à partir du dialogue qui à lieu 1:04:29)

Elève C : convient car si on prend une partie , il y aura un + gd nbres de molécule à cause de la pression”

E :

“Elève A : ne convient pas - car les molécules doivent être de même taille P3

Elève B : ne convient pas –car il n’y a pas le m(ême) nombre (déduit du dialogue qui à lieu à 1:04:29s)

Elève C : convient car il y a plus de molécules et plus serré”

01:02:54:00 P1A3 Q1 & A rédige la Q1
2 & E la Q2

01:03:17:00 P1A3 Q2 A & E rédigent la Q2

Réponses écrites à la question 2:

A :

“Elève A : ne convient pas –ce n’est pas le même nbre de molécules

Elève B : convient Le volume est plus petit et il possède le meme nbre de moléculs

E :

“Elève A : ne convient pas car il y a pas le m(ême) nbre de molécule

Elève B : convient car il y a le même nbre de molécule

Elève C : ne convient pas une molécule ne se coupe pas P2”

01:03:58:00

A & E
discutent et A rédige
E : t’as mis quoi pour le deuxième
A : attends j’finis (12s, A écrit)

01:04:12:00

A demande la réponse à E pour l’élève C de la question 2
A : elles sont partagées en deux les molécules
E : **ouais mais c’est pas le droit les molécules ne se coupent pas**
E les molécules ne se coupent pas
(A écrit)

01:04:17:00

A écrit sa réponse

A :

“Elève A : ne convient pas –ce n’est pas le même nbre de molécules

Elève B : convient Le volume est plus petit et il possède le meme nbre de moléculs

Elève C : ne convient pas –les molécules ne se coupent pas.”

01:04:29:A

P1A3 Q1

A & E
discutent des réponses de la Q1 qu’elles ont écrites
A : alors là j’ai mis que c’était pas possible car elles devait être de même taille/ là j’ai dit qu’elle ne convient pas parc’qu’il n’y a pas le même nombre / là j’ai dit que car **si on prend une partie il y aura/ une partie de/ de molécules/ il y aura eu::h un plus grand nombre de molécules à cause de la pression**
E : ouais

A dans une même partie plus de molécule à cause de la pression

01:04:49:00

P1A3 Q2

A & E
discuten des réponses de la Q2 qu’elles ont écrites
A : après t’as vu j’ai mis/ c’est pas le même nombre de molécules/ là j’ai mis que le volume était plus petit c’est normale et qu’il y avait le même nombre/ et que là elles se coupent pas
E : ouais
A : ça va ça te semble logique

01:05:01:00

Prof dit de faire la question 3
A lit la Q3 et E écrit les réponses à la Q1

01:05:46:00

P1A3 Q2

A & E
discutent du fait que les molécules ne peuvent pas se déformer
A : j’en suis sûr qu’on (inaud)
E : hein
A : qu’on a oublié (3s, A lit le modèle) ouais elles ne sont pas de même forme elles ne peuvent pas se déformer
E : où (?)
(A & E lisent la consigne)
A molécules ne peuvent pas se déformer

01:06:11:01 P1A3 Q3 A & E lisent et discutent la question 3

Question:

3. Si on représentait tout le gaz contenu dans la seringue, comment ferait-on pour traduire le fait que la quantité totale de gaz est la même dans la situation 1 et la situation 2 ?

01:06:33:00 P1A3 Q1 A pense qu'elle a faux à une des réponses

01:06:42:00 P1A3 Q3 A & E lisent la question 3

01:07:39:00 A écrit

Réponse écrite :

A : "Il faut représenter le même nbre de molécules dans les deux situations"

01:08:05:00 A & E discutent s'il faut faire la partie 2
01:08:14:00 A écrit
E lit la consigne

01:08:54:01 correction P1A3 La prof discute (inaud) de la correction avec la classe
A : ça convient pas
Prof à A : oui mais A pourquoi (?)
A : parc'que les molécules (inaud)
Prof : ensuite qu'elle est l'autre raison pour laquelle ça ne convient pas/ dans c'cas là
Autre : y'en a autant
Prof : y'a autant de particule/ alors que tout a l'heure on avait vu qu'il fallait en mettre (inaud)

01:09:27:00 Prof discute la correction avec la classe
A : ne convient pas
Prof : ne convient pas parce que il y a des molécules en moins et pour A & E rédigent leur réponse l'élève C Guillaume (?) ben oui ça convient parc'qu'on a bien dessiner plus de molécules et elles sont bien plus resserrée comme
Ensuite quand vous prenez des petites partie de même masse
Thibauld
Autre : ne convient pas
Prof : pourquoi (?)
(inaud)

Réponse écrite de la question 1 :

A :

"Elève A : ne convient pas - car les molécules st de m(ême) tailles m(ême) nbre

Elève B : ne convient pas -Il y en a moins de molécules

Elève C : convient car si on prend une partie , il y aura un + gd nbres de molécule à cause de la pression”

E :

“Elève A : ne convient pas - car les molécules doivent être de même taille P3

Elève B : ne convient pas –car il n’y a pas le m(ême) nombre, il y en a en -

Elève C : convient car il y a plus de molécules et plus serré”

01:10:41:01 Partie 1.2 Prof présente la
Partie 2 et
l’expérience
qui va être faite

ima139.jpg

01:11:31:20 Fin

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:00:00:00	Installation			
00:01:40:01	Correction P1.2A1Q2	Prof parle à la classe de la correction		

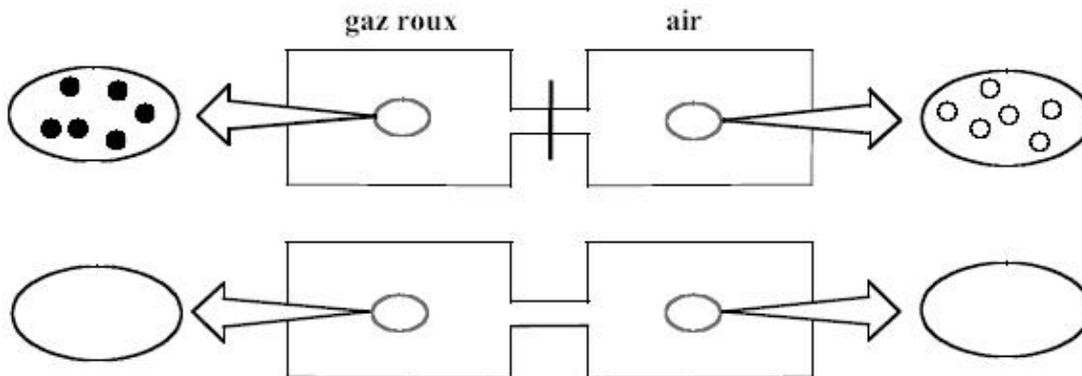
Question

II. Comment décrire le mélange de deux gaz ?

Activité expérimentale : Comme indiqué sur le schéma ci-dessous, un flacon contenant de l'air est posé à côté d'un flacon contenant un gaz roux. Au départ, les deux flacons sont séparés par une paroi étanche. On retire ensuite cette paroi étanche (schéma du bas).

1. Qu’observez-vous ?

2. À partir de vos observations, représenter sur le schéma du dessous, une petite partie du gaz de chaque flacon (les deux flacons ont le même volume).



3. Utiliser le modèle pour justifier votre schéma.

00:04:52:23

00:05:11:04

00:05:36:06

00:06:15:23

A explique à E sa
réponse sur la
répartition des
molécules

A: c'est exactement ce que
j'ai fait

E: fait voir t'as mis quoi toi

A: ben t'as vu j'ai mis **la
moitié d'un coté et la
moitié de l'autre**

E: non/ non/ mais c'est autre
chose

A: j'ai mis du moment à
l'air rentre en contact avec
le gaz roux/ **les molécules**

A (discours
+réponse écrite):
molécules se
répartissent
partout

A (discours

des deux parties se +réponse écrite):
mélangent/ donc d'après molécules se
ce que j'ai dessiné/ ouais répartissent
ben partout
E: ouais/ ben/ ouais
A: d'après le dessin sont
équivalent au gaz
Prof: A t'es d'accord

Prof demande à A et E
d'expliquer leurs
réponses à la classe

A explique au prof et à
la classe comment les
molécules se
répartissent

A: ben que du moment où
y'avait/ y'avait (geste
rapproche les doigts) plus la
séparation (geste couper en
deux) entre les deux/**les**
molécules/ elles se
répartissaient(écarte les
 mains et ouvre les doigts)
 dans les deux/ les deux
flacons (geste des deux
 mains) et **la même**
quantité (pivote dans un
sens et dans l'autre
simultanément plusieurs
fois ces mains)

A (discours
+réponse écrite):
molécules se
répartissent
partout

A Q=nombre de
molécule

Prof à A: et pourquoi/
qu'est-ce qui te permet de
dire qu'elles se répartissent
dans le modèle

A: euh (3s) G2

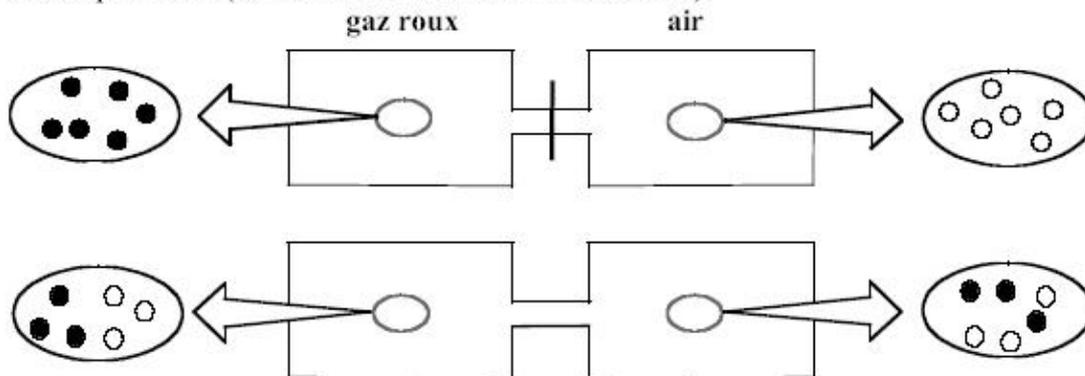
Prof corrige avec la
classe et A & E
rédigent

Réponse écrite de A :

1. Qu'observez-vous ?

"Après que l'on ai retiré la paroi étanche. On observe que le gaz roux se répand dans les 2 flacons" (A)

2. À partir de vos observations, représenter sur le schéma du dessous, une petite partie du gaz de chaque flacon (les deux flacons ont le même volume).



(même dessin pour A & E, il semblerai que E est copié la réponse sur A)

3. Utiliser le modèle pour justifier votre schéma.

"Du moment où l'air rentre en contact avec le gaz roux les molécules des deux parties se mélangent dc d'après ce que j'ai dessiné les molécules de l'air sont équivalent au gaz roux ->modèle G2" A

"Du moment où l'air où l'air rentre en contact avec le gaz roux, ils répartissent dans tout le volume" E

00:07:01:13 P2

Présentation de la
partie par la prof
A demande à E une
feuille double,
discussion sur ce thème

Partie 2 : Description macroscopique d'un gaz par des grandeurs physiques. Interprétation microscopique de ces grandeurs.

I. Introduction à la pression d'un gaz

Activité 1 : Quelques différences entre un liquide et un gaz

Expérience 1

On cherche à comparer l'évolution du volume d'un gaz et d'un liquide, chauffés dans les mêmes conditions.

Mettre 500 mL d'eau dans un bécher de 600 mL et chauffer cette eau à 60°C. Pendant que l'eau chauffe, lire la suite.

Adapter sur une fiole pleine d'air un ballon de baudruche dégonflé.

a. Prévoir ce qu'il se passerait si on plongeait cette fiole d'air dans l'eau à 60 °C du bécher.

Faire l'expérience décrite dans la question a. et observer. Comparer votre observation avec votre prévision.

b. Prévoir ce qu'il se passerait si on plongeait à présent une fiole remplie d'eau à température ambiante, " bouchée " par un ballon dégonflé, dans l'eau à 60 °C du bécher.

L'expérience décrite dans la question b. est réalisée par le professeur. Comparer l'observation effectuée avec votre prévision.

c. Conclusion : quelle(s)est (sont) le(s) différence(s) de comportement entre l'air et l'eau des fioles ?

00:09:59:18 P2A1Ex1Qa

Présentation de la
question par la prof qui
explique comment
faire la manipulation
A & E écrivent le titre

00:11:36:01	A& E lisent l'énoncé et discute de qui va faire quoi	
00:12:10:01	A & E discute de la quantité d'eau à mettre dans le bécher	
00:12:31:01	A rajoute de l'eau dans le bécher	
00:12:46:01	A & E lisent l'énoncé est discute de comment elles vont faire l'expérience	
00:13:26:01	D demande aux élèves de la classe d'amener à la fin des TP sur les gaz leur cours pour les photocopier	
00:13:56:01	A explique qu'il faut chauffer au maximum à E qui ne comprend pas	
00:14:01:01	D discute sur le ramassage des cours avec un autre groupe et A & E participent	
00:14:14:01	A & E lisent la consigne et la prof explique à la classe qu'il faut faire une prévision	
00:14:33:01	A & E discutent de comment faire l'expérience et A met en route la plaque chauffante	
00:14:44:01	A demande à une autre élève quand il faut mettre le thermomètre dans l'eau	
00:15:01:01	Prof explique à la classe et A lui demande quand il faut mettre le thermomètre	
00:15:12:03	D explique à A que c'est quand tu veux savoir la température	
00:15:21:01	E enfile le ballon sur la bouteille	
00:15:34:10	A & E discutent	E: c'est bon A il n'est pas

	E ajuste le ballon sur la bouteille	gonflé hein (RIRE) A: je sais (5s) (E ajuste le ballon sur la bouteille) E: voilà (E appuies trois fois sur le ballon) A: tu regardes quand même	
00:15:50:16	A & E discutent de comment prendre la température		
00:16:22:01	E prend la température & A parle avec les autres		
00:17:03:01	E prend la température & parle avec A		
00:18:03:11	E appuie sur le ballon	(E appuie deux fois sur le ballon)	E touche
00:18:14:01	E prend la température		
00:19:04:13	A & E discute et E met la bouteille dans l'eau chaude		
00:19:52:18	E sort la bouteille de l'eau et appuie sur le ballon	(E appuie sur le ballon)	E touche
00:19:54:11	A & E cherche à savoir ce qu'il faut faire		
00:20:11:24	E cherche à savoir ce qu'il faut faire et appuie sur le ballon	E: <u>après on enlève le ballon</u> (E touche le ballon) A: j'en sais rien/ touches pas E: ben lis Prof à la classe: vous pouvez appuyer sur le ballon (E appuie sur le ballon)	E touche
00:20:21:19	A & E discutent de se qu'il faut faire et écrivent leur observation		
00:20:38:00	A demande à la prof ce qu'il faut faire		
00:20:47:00	A & E écrivent séparément leur observation		

Réponse écrite

A «a-expérience: Après avoir chauffé à 60°C l'eau nous avons mis la fiole **pleine d'air** et un ballon dans l'eau chaude. Nous avons remarqué que le ballon s'est gonflé»

E «a) Quand on a mit la bouteille avec le ballon dans le bécher chauffé à 60°C on constate que le ballon se gonfle un peu»

00:22:34:01 correc Correction de
P2A1Ex1Qa l'activité par

	la Prof et la classe A & E écrivent leur observation		
00:23:02:20	classe air chaud monte + répartition A & E écrivent leur observation		
00:27:53:03	correc P2A1Ex1Qb	Prof discute avec la classe si lorsque l'on chauffe, il va y avoir de l'eau qui va monter dans le ballon	
00:30:10:15		A & E	A lit la copie de
00:30:15:03		discutent	E : le ballon se gonfle un peu
00:32:21:23			E: ben oui

Prof discute
avec la
classe si
lorsque l'on
chauffe il va
y avoir de
l'eau qui va
monter dans
le ballon

A & E
écoutent

Prof discute
avec la
classe et A
& E
écrivent

Réponse écrite

A «b-expérience: d'après l'expérience b nous remarquons que le ballon ne gonfle pas»

E «b)Quant on met de l'eau, le ballon ne se gonfle pas

00:32:46:01 correc Prof dicte la conclusion

P2A1Ex1Qc

Réponse écrite

A «Conclusion: on en conclut que quand on chauffe de l'air, le volume augmente on dit qu'il se dilate par contre quand on chauffe de l'eau, le volume ne change pas dc on dit qu'il ne se dilate pas»

E «on en conclue que quand on chauffe de l'air, le volume augmente donc il se dilate et quand on chauffe de l'eau, se n'est pas le cas, il se dilate un tout petit peu.»

Expérience 2

Prendre deux bouteilles, l'une remplie d'eau, l'autre d'air, les boucher.

a. On veut rajouter de l'air dans la bouteille d'air et de l'eau dans la bouteille d'eau avec le matériel dont vous disposez. Pensez-vous que c'est possible pour l'air ? pour l'eau ?

Proposer un ou des modes opératoires et les réaliser afin de vérifier vos réponses.

b. Conclusion : est-il possible de rajouter de l'air dans une bouteille pleine d'air ? de l'eau dans une bouteille pleine d'eau ?

c. A l'aide du modèle microscopique des gaz, interpréter l'expérience 2 dans le cas de l'air. En déduire une interprétation microscopique de l'expérience 2 dans le cas de l'eau.

d. Pensez-vous que les conclusions des expériences 1 et 2 seraient les mêmes si on avait remplacé l'air par un autre gaz (dioxygène, hélium, etc.) et l'eau par un autre liquide (huile, essence, alcool, etc.) ? Justifier votre réponse.

00:35:44:00

A & E commence la question

00:36:25:00

00:36:42:01

A pose une question sur le nombre de bouteille disponible et la prof explique à la classe

00:37:09:20

00:37:57:13

00:39:09:01

00:39:34:11

A & E lisent l'énoncé

00:40:55:01

00:41:12:13

00:41:45:14

A explique à E comment prendre de l'air et le mettre dans la bouteille

A : (lit) on veut rajouter de l'air dans la bouteille d'air et de l'eau dans la bouteille d'eau/ avec le matériel dont vous disposez

00:43:57:18

E : par le petit trou

00:44:19:01

A : tu prends de l'air/ tu mets/ tu prends de l'eau/ tu mets

00:45:30:09

E : oui par le petit trou
A : mais pas par le petit trou/ il ferme pas de l'autre coté

E : si j'te dis

A : là on prend de l'air/ après t'ouvre tu mets/ tu fermes et là tu prends de l'eau et tu mets/ facile hein

E joue avec la seringue et A se prépare à écrire

(E bouche la seringue et tire sur le piston, jusqu'à ce qu'il sorte en faisant POC)
(E bouche la seringue avec son doigt, tire sur le piston et enlève son doigt juste avant que le piston sorte de la seringue)

(E bouche la seringue et tire sur le piston, jusqu'à ce qu'il sorte en faisant POC)

E remplit le flacon

A & E discute pour faire la manip

A essaie de remplir une bouteille à moitié pleine

A : et mets pas tout/ parc'que faut qu'on en rajoute/ (RIRE) (E vide la bouteille)

Encore/ on va en rajouter plus/ mets la moitié de la bouteille/ voilà (1s) et là faut prendre de l'eau

E: tu veux que je fasse comment là/ attends/ donne

A : tu mets/ tu bouche avec ton doigt

(E remplit la seringue et A tient le piston dans sa main)/ mais mets en pas trop parc'que vu comme t'as...

bouge les cours parc'qu'autrement

E : moi j'te dis

A : tu tiens

E : ça c'est moins sûr

A : mais de toute façon qu'on prenne ça (piston de la seringue)/ ça sert à rien

E : vas-y tu veux que je fasse quoi maintenant ...

Mais attends mais ça fait rien

A : ben oui/ (RIRE)/ attends c'est pas ça

E : c'est pas ça à mon avis

A : (lit) on doit rajouter de l'air dans la bouteille d'air et de l'eau dans la bouteille d'eau

A & E regardent vers la gauche (sûrement la prof)

A & E appellent la prof qui leur explique que le bouchon est percé

E : madame (3s)

Prof : oui

E : j'ai pas compris là/ quand faut qu'on ferme/ quand il y a de l'eau

Prof : ouais/ il est bouché regardes (inaud) il est bouché

E : et faut qu'on rajoute de l'eau

Prof : ouais

A : mais on peut pas/ si il

A on peut pas rajouter de l'eau

est bouché
E : si j'te dis par le trou
Prof : regarde y'a un petit
trou là
A : ah j'savais pas qu'il etait
percé de l'autre côté/ ah
d'accord donc on revide
E : Avec ça (seringue) on
mets
A : ben oui
Prof : par exemple
A : il faut re/ ah ouais/ c'est
pas bête
E : toi qui te foutais de ma
gueule tout à l'heure
A : mais j'savais pas/ que
c'était percé
de l'autre côté/

A & E font l'expérience A : là il faut/ rajouter de
l'eau/ rajoute là comme ça
(montre le bout de la
seringue)/ comme ça
comme ça
E : j'y suis encore demain là
A : j'le fait après
E : (**E essaie de remplir
par le bout**) moi j'te dis
que ça va pas aller comme **E**eau passe à
ça (3s) **tu vois ça passe de** travers la
l'autre côté seringue
(E enlève le piston et
remplit la seringue)
A : stop c'est bon remet la
dedans
E : mets ça sert à rien (E
remet le piston dans la
seringue remplit d'eau)
A : c'est pas grave.. Ah
(rire)
E : attends non vas-y (rire)
A : t'es pas doué (rire)
E : attends tends/
j'recommence/ ça fait trop
bizarre quand tu mets le
machin (E reremplit la
seringue par l'arrière)
A : mais non mais il faut
prendre la seringue pour
bien la pousser
E : ouais mais t'sais
A : attends non mais
parc'que là il y a les cours

élodie/ j'aimerais pas trop/
 (E pose la seringue sur la
 bouteille sans le piston)
 E : on s'en fout/ (A mets le
 piston sur la seringue)/
 attends attends/ non mais
 arrête
 A : mais si
 E : j'vois rien là
 A : vas-y mets le dedans
 (E pousse sur la seringue)
 ben voilà/ c'est bon on peut
 rajouter
 (la seringue contenant de
 l'air et de l'eau s'éjecte de la
 bouteille) ha (RIRE)
 A : ben voilà/ c'est
 vachement drôle
 E : c'est excellent

E parle avec A du fait
 qu'on ne peut pas
 rajouter de l'air
 E manip

Prof (à toute la classe): la
 conclusion c'est est-ce que
 l'on peut rajouter de l'air
 dans une bouteille d'air(?)

E : **non/ on peut pas non**
 (3s) **on peut pas de l'air**
 A : pourquoi (?)

E on ne peut pas
 ajouter de l'air

E: parc'que regarde quand
 tu fais ça(E tire sur le
 piston)/ tu vois pour
 prendre de l'air/ attends (E
pousse le piston jusqu'au
bout, bouche la seringue
et tire sur le piston)/ tu
 vois pour prendre de l'air
 t'es obligé de boucher

E pour attraper
 de l'air il faut
 boucher la
 seringue puis
 tirer sur le piston

A : ouais et alors
 E : ben quand tu **enlèves**
ton doigt (E enlève son
 doigt et la seringue fait
 pshhh) et bien il y a **plus**
d'air et le temps que tu le
 mets là dedans (bouteille)/
 tu peux pas

E si on enlève le
 doigt l'air
 s'échappe

A explique à E que l'on
 peut rajouter de l'air et
 le prouve en manipant

A : mais si tu fais ça (A
 mets la seringue sur la
 bouteille)

A on peut ajouter
 de l'air

E : ben vas-y essaye (8s, E
 vide l'eau de la bouteille)
 tiens voilà
 (A met la seringue sur la
 bouteille/ appuie sur le
 piston et enlève la seringue/

ça fait pshh) (3s)
 A : t'es d'accord regarde
 E : **ouais mets là t'as pas d'air (E montre la bouteille ouverte)** E il y a pas d'air dans une bouteille ouverte
(A met la seringue et appuie/ le piston remonte) A le piston remonte/ c'est qu'il y a de l'air
A : la preuve y'a d'air ça remonte A le piston remonte/ c'est qu'il y a de l'air
 (A appuie sur le piston et il remonte)

E : ouais
 A : la preuve qu'il y a de l'air et que là je le pousse (A pousse sur le piston)
pour en mettre dedans/ parc'que regarde (le piston remonte) (3s) A l'air de la bouteille qui fait remonter le piston
(A enlève la seringue et ça fait pshhh) tu vois y'a de l'air/ que j'en est mis

E : ouais
 A : parc'que même regarde (A mets la seringue sur la bouteille)/ malgré qu'tu mets ça y a quand même de l'air qui te reste dedans (A pousse sur le piston, puis le piston remonte) parc'que ça se voit
 E : ça se voit (?)
 A : parc'que ça (le piston remonte) c'est parc'que c'est de l'air qui est à l'intérieur/ qui est en contact avec ça (montre la partie noir du piston)
 E : ouais

A & E rédige leur réponse

A «Expérience 2: a- Pour arriver à rajouter de l'air dans une bouteille d'air il suffit de prendre de l'air avec une seringue et l'introduire dans le trou:

Idem pour l'eau sauf que pour l'eau ne rentre pas car la bouteille est pleine

b-conclusion: pour l'air nous pouvons rajouté mais par contre pour l'eau nous le pouvont pas car la bouteille est pleine (modèle G2)»

E « Expérience 2:

On peut rajouter de l'air mais pas de l'eau. Quand on met de l'air dans la seringue on peut en rajouter tandis que l'eau la bouteille est déjà pleine donc on peut pas en rajouter.»

00:46:51:23

A regarde d'autre en

00:47:06:04

train de faire leur

			peut rajouter de l'air (?) A & E & classe à la prof : oui Prof : ça vous a un peu perturbé le fait que la seringue remonte A à la prof : mais c'est normale Prof : quand je reste comme ça l'air qui était dans la seringue est passé dans la seringue/ donc j'peux effectivement rajouter de l'air est-ce que pour l'eau c'est pareils E + classe : non Prof : non/ car quand vous avez essayé d'en rajouter vous vous êtes pris des douches/ hein d'accord l'eau est sortie/ l'eau on peut pas	A&E on peut rajouter de l'air
00:50:54:04	Act 1 Expérience 2 c	Prof demande à la classe d'expliquer microscopiquement pourquoi on n'a pas pu rajouter de l'eau A & E écrivent	...	
00:52:36:21		Prof discute avec la classe de la correction	E à la prof : ben elles se touchent toutes (geste)	E les molécules d'eau se touchent
00:52:51:18		E explique que les molécules d'eau se touchent toutes	E : elles se touchent toutes/ elles sont pleines	
00:53:34:01			A : tu parles de quoi là E : des molécules d'eau	
		Prof discute avec la classe de la correction Prof discute avec la classe de la correction A & E écrivent		
		A «c- <u>Pour l'eau</u> : Les molécules sont en contacte les unes des autres donc on peut plus en rajouter <u>L'air</u> : Les molécules sont très éloignées : il y a de la place pour en rajouter» E «c) Dans la bouteille d'eau on peut pas rajouter de l'eau car elles se touchent toutes, elles sont en contactes les unes avec les autres tout le temps»		
00:54:54:01		Prof reprend la conclusion à la classe A & E écrivent		
00:55:23:01	Act1 Expérience 2 d	Prof discute avec la classe si c'est vrai pour		

tous les gaz

00:57:04:13

Prof discute avec la classe si c'est vrai pour tous les gaz

Prof à la classe : est-ce que c'est vrai/ pour tous les gaz
Autre : tous
A: ben pour tous

A on peut rajouter des gaz

00:57:24:01

Prof discute avec la classe si c'est vrai pour tous les gaz
A & E écrivent

A «d- oui, pour les gazs si c'est autre que l'air nous pouvons en rajouter (modèle microscopique) pour l'eau je pense que c'est la même chose que tout les liquides.»

E» d) D'après le modèle, on peut dire que c'est possible de faire cette expérience avec tous les gazs. Pour l'eau, je pense que c'est pareil pour tous les liquides»

00:59:21:01

Distribution du modèle

A & E écrivent

00:59:51:23

A(?) L'eau on peut en rajouter

A : mais pour l'eau on est pas obligé/ c'est ça
E : l'eau c'est pareil
A : on peut pas en rajouter (?)
E : ben oui
...
A : pour l'eau on peut ou pas
E : c'est pareil/ on peut pour tous les liquides (coupure de la bande car je devais changer de cassette)

01:00:18:24

Lecture du modèle

Prof lit le modèle à la classe

01:01:33:03

Activité 2

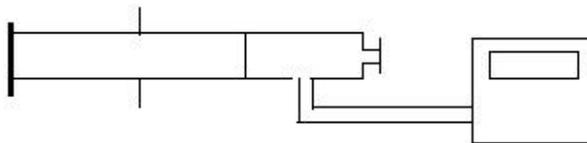
Prof explique les consignes

Activité 2 : Pression d'un gaz

La pression d'un gaz se mesure avec un manomètre (ou pressiomètre).

- Relier une seringue sèche (avec le piston à mi-course) au pressiomètre. Noter l'indication du pressiomètre.

a. En utilisant le paragraphe 1 du modèle macroscopique des gaz, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



- Pousser doucement le piston et observer sur le pressiomètre comment varie la pression de l'air dans la seringue. **Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.**

b. A votre avis, comment évolue l'action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?

c. En utilisant le paragraphe 1 du modèle, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma de la question a.

d. Proposer une interprétation microscopique de l'action du gaz sur les parois.

01:03:01:11

Distribution du

01:04:04:24

matériel par la prof

01:05:15:03

A & E discutent et font A : attends on le fera après
la manip (3s, A lit la consigne)

01:05:53:00

E : vas-y

01:06:16:08

(A essaie de brancher la seringue au pressiomètre)

A : merde/ il fallait tirer avant/ fallait tirer comme ça non (A tire sur le piston de la seringue et branche la seringue)/ c'est ça (?)

E : ouais

(A branche la seringue et A&E regardent le cadran du pressiomètre)

faut pas que ça dépasse 2000/appuies

A : ben non/ t'as pas compris

E : tires pas ça se casse

A : faut que tu laisse comme ça et que tu regardes/ regardes

notez l'indication/ tu relies une seringue/ avec le piston à mi-course(A lit son

cahier)/ donc déjà tu vois

on a faux (A appuie sur le piston)/ mi course c'est là

Prof à la classe : quand on utilisation des

vous dit de placer le piston appareils de
à mi course c'est à moitié à mesure ou
peu près consigne

A : tu vois/ (A place le
piston a mi-course) ici et tu
regardes combien ça fait
(3s)/ 1680

Prof explique la
consigne à A et E

A à prof : mais ça bouge
tout le temps (3s, prof
arrive)
Prof : c'est vrai qu'c'est très
sensible/ donc t'vois il
suffit qu'tu bouges un tout
p'tit chouilla pour que ça
bouge (Prof regarde A en
train de pousser sur le
piston) ah non mais là on
vous demande juste de la
(Prof montre l'énoncé) c'est
pas ça qu'ya marqué

A : si

Prof : regarde c'qu'y 'a
marqué

(A et E lisent l'énoncé)

Prof : relier une seringue
sèche avec le piston à mi
course

A : ah ouais d'accord

Prof : c'est-à-dire qu'il faut
le mettre avant

(A débranche la seringue,
met le piston à mi course)

Prof : voilà et après tu la
relie et tu pousses plus sur
le piston/ là ça bougera
plus (A connecte la
seringue)

A : j'touche plus à rien (?)

Prof : non

A&E font la manip

(A regarde le pressiomètre)

A : 1030

A & E rédigent leur
réponse

Réponses écrites :

A «la mesure obtenue avec le pressiomètre est de 1028»

E «La pression de l'air est de 1028»

01:06:39:18

A&E discutent de la
valeur à écrire

E : 1028

01:06:54:13

désaccord entre 1030
et 1028

A : non 1030 c'était

E : là ça bouche pas c'est
1028

A & E rédigent

A : ouais mais ça bouge

Prof explique à la classe la question a
A & E rédigent

tout le temps donc euh
Prof à la classe : bon on va s'arreter pour que vous ayez le temps de ranger /la question a/ qui suit/ alors c'est une question/ c'est une expérience de penser/ donc vous imaginez qu'est-ce qui se passerait si on pouvait brancher le pressiomètre sur le coté/ c'est à dire si la seringue avait un petit trou sur le coté
A : **la même chose**

A pression homogène

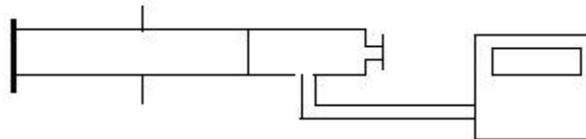
01:09:08:00 fin

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:00:00:00	Installation			
00:03:19:04	P2A2Ex1	Ad&M n'ont pas compris la question groupe lit l'énoncé		

Activité 2 : Pression d'un gaz

La pression d'un gaz se mesure avec un manomètre (ou pressiomètre).

- Relier une seringue sèche (avec le piston à mi-course) au pressiomètre. Noter l'indication du pressiomètre.
- a. En utilisant le paragraphe 1 du modèle macroscopique des gaz, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



- Pousser doucement le piston et observer sur le pressiomètre comment varie la pression de l'air dans la seringue. **Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.**
- b. A votre avis, comment évolue l'action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?
c. En utilisant le paragraphe 1 du modèle, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma de la question a.
d. Proposer une interprétation microscopique de l'action du gaz sur les parois.

00:03:40:10	A lit l'énoncé
00:04:28:10	M et Ad discutent
00:04:42:06	hors sujet
00:05:50:10	Groupe discute de

00:06:01:02

qui a fait la
question
Groupe discute de
comment faire la
question
Prof distribue le
pressiomètre et la
seringue

Groupe discute s'il faut pousser ou non sur le piston pour avoir de la pression

Ad: attends/ nous on a trouvé 1
A: bah (rires)
Ad: t'as trouvé 1028 pascals
M: c'est quoi ce bordel
A: attends non faut pas lire/ faut réfléchir/ t'as/
Ad: attends on a trouvé 1 t'as trouvé 1028 tu m'expliques
E: moi aussi hein/ ben nous on a trouvé 1028 (rires)
A: attends tu vas me dire regarde/ attends on va essayer tu vas voir/ on va mettre à mi/ à mi-chemin...(rires)/ merde/ fait chier/ j'vais faire l'intelligente
M : vas-y fais ton intelligente
A : attends/ après on a math/ alors autant faire l'intelligente ici
M : vas-y **pousse** maintenant M pousser = P
A : non faut **pas pousser** A pas pousser =P
Ad : mais bien sûr que si/ qui faut **pousser** Ad&M pousser = P
M: **sinon t'as pas de pression** A pas pousser =P
A : mais non faut **pas pousser**
Ad : voilà/ 1
A : faut pas pousser M pousser = P
M : t'as **pas de pression** si tu l'as mets (rires)/
A: y'a pas de pression
M : **la pression c'est quand ça pousse** (3s) M pousser = P
A : euh/ moi j'suis pas d'accord parc'que/ t'sais nous elle nous avais dit/

vous mettez comme ça/ A pas pousser=P
j'appuyais comme ça et
elle a dit **c'est faux**
Ad: ben je sais pas/ mais
Marina/ question dur/ mais
qu'est-ce la pression (?)
(rires)
A : non mais je suis
d'accord/ mais
Ad : (inaudible) (rires) A pousser=P
A : **donc on appuie** (2s)
M : ouais
A : donc ça fait 1
M : ça j'en suis pas sûr/ mais
j'penses/ mais moi j'l'avais
compris comme ça
A : demande à Aurélie toi
qui est copine/ demande/ ça
fait genre/ vas-y
Ma : on est filmée alors faut
qu'on fasse les intelligentes
là

Groupe demande à
une autre élève la
valeur qu'elle a
trouvée

E à autre : on trouve
combien à la valeur
(inaudible)
A : **tiens tu vois** A pas pousser=P
Ad à autre: et tu pousses pas
le truc toi(?)
M à autre: t'as poussé ou pas
(?) c'est 1
Autre : non mais 1 c'est la
valeur maximale/ c'est 2000
en fait

Groupe se met
d'accord sur la
valeur

Ad : tu nous expliques
parc'que c'est pas marqué
sur la feuille
A : donc j'ai raison encore
une fois
M : pourquoi nous on sait
jamais
A : c'est 1000/ tu vois
M : ça fait 108 là/ ah non
A : 1008/ bon ben mettez
1028/ comme on a trouvé
Ad : putain moi je
comprends pas
M : mais t'as écrit quoi/ t'as
écrit la valeur
A : et toi t'as mis quoi/ ah
mais toi t'as écrit après/ moi
j'ai écrit les trucs/ j'ai écrit là

Réponses écrites :

A «la mesure obtenue avec le pressiomètre est de 1028»

E «la pression de l'air est de 1028»

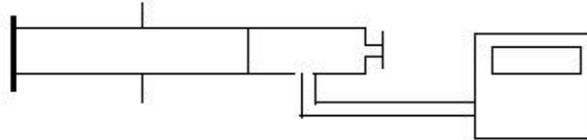
Ad «la valeur de la pression est 1028»

M «la valeur de la pression est de 1028»

00:08:32:22 P2A2Qa groupe lit la question

Question a.

En utilisant le paragraphe 1 du modèle macroscopique des gaz, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



00:08:53:22

Groupe discute de la réponse

00:09:08:18

00:09:23:12

A même surface

M: avec le premier paragraphe tu peux répondre

00:10:18:22

A: ouais/ réfléchis/ t'as/ t'as/

00:10:37:04

à la place qu'il soit là il est

00:10:53:14

là le truc (entrée du

00:11:26:20

pressiomètre)/ c'est la

00:11:39:18

même chose

00:11:45:00

Ad&M: ouais

00:12:15:18

A: **t'as la même surface/** A même surface/
donc lis là/ aïe (A écrit sur même pression
la feuille de Ad)

A exp les parties du modèle qu'il faut utiliser (parle pression et de place occupée)

Ad: non/ non s'te plait

A: s'cuse moi/ s'cuse moi/ (rires) ça/ ce paragraphe

M: les grandeurs

température et pression sont

les mêmes partout dans les

réipients fermés/ ouais

A: ben faut démontrer que

c'est la même chose

M: ouais et ben

A: ben que y sont partout

dans le récipient fermé/

que si tu le mets là il

auront tous le temps la

même place

A P = la place

Ad: j'sais pas si c'est la fin

de l'année mais il y a rien

qui réagi

M: ouais ouais ouais moi

non-plus/ ça c'est un peu

A: et la dernière aussi/ la

pression du gaz
Ad: elle a dit qu'il fallait
qu'utiliser le premier
paragraphe
A: oui mais le premier
paragraphe il fait tous ça
Ad: il fait tous ça
A: oui mais j'te dis qu'il y a
celui là aussi
Ad: ah
A: que la pression du rendre
rend compte de l'action du
gaz sur toutes les parois du
récepteur(A lit le modèle)
E: (inaudible) (rires)
A: d'après le modèle
microscopique

Groupe discute des
valeurs qu'il avait
trouvé

Groupe discute des
béquilles de Ad

A exp à Ad que l'on mesure la pression sans pousser sur le piston

A : regardez (geste déictiques)
M à Ad : bon ben toi tu te démerdes à cloche pied (rires)
A : tiens regardes
Ad à M : j'lai fait ce matin j'arrivai pas à rentrer le jeans dans la cheville
M à Ad: c'te conne
M à A : bien
A : pile comme on a eu (1s)
p'tain je me suis déchirée
M : ah mais non/ c'est pas 2-30/ c'est 2028
(Ad appuie sur la seringue):
(inaudible)
A : mais après
Ad : mais là c'est pour faire quoi là
A: là c'est juste pour que tu calcules la quantité/ la pression qu'il y a que comme ça (gestes déictiques)
Ad : là là
A : ouais
Ad : a:::h
A : et après c'est quand on appuie quand on rape-

quand on rapetissit le
volume (geste iconique)

quand on

M : quand on

rapetississe(rires)

A : quand on diminue le
volume

Ad : quand on rapetissit ça
craint (2s) (Ad appuie sur
le piston) 1

A : oui mais non mais là
fais gaffe parc'que c'est à
2000 donc le truc il va
exploser (rires) non mais il
augmente

M : on s'en fout/ écris Ad
parc'que là on est trop à la
bourre

A: ouais grave

Ad ne comprend
pas

A exp à AD avec le
modèle que la
pression est la
même dans toute la
seringue

A : le modèle le modèle y te
dis que/ que partout dans le/
regarde/ les grandeurs
tempérament et ça/ lis ça ça
veut tout dire

Ad : oui mais j'ai compris ça

A : **ça veut dire que la
pression elle est dans tout
tout le récipient**

A pression
homogène

Ad: ben oui

A : et ben alors que tu mette
la truc/ ça là que tu la mette
sur le coté ça sera la même
valeur

Ad : ben oui

A : ben voilà c'est ça

E : qu'il faut marquer

Ad : a::h/ c'est pour ça que
(inaudible) comme ça
(rires)/ on a compris (rires)

A: (rires) trois heures plus
tard

Groupe rédige la
réponse

Réponses écrites :

A «a.La valeur de la pression sera la même que précédemment c'est à dire 1028 Pa. En effet, grâce au modèle nous pouvons affirmer que la pression est identique à celle d'avant : ->les grandeurs température et pression st les mêmes partout dans le récipient fermé, de plus, la pression du gaz rend compte de l'action de ce gaz sur ttes les parois du récipient».

On en conclut que même si le pressionmetre se situe sur le côté, il aura tjrs la m(ême) pression a cause que

les molécules st dispersés de partout ainsi que la pression.»

E «a) d'après le modèle macroscopique des gaz, si on mettait le pressiomètre sur le côté de la seringue, la pression serait de 1028 hPa car la même partout dans le récipient.»

Ad « a. Ls grandeurs de press(ion) st les m(ême) partout dans le récipient.»

M «a. La valeur de la pression est de 1028. Les grandeurs de pression sont les m(ême) partout dans le recipient fermé»

00:12:56:18 P2A2Ex2 M & Ad rédige leur réponse
& A & E discute de l'expérience
E : ça va rien changer la b
A : ben si (1s) tu pousses (A pousse sur le piston)
Prof à la classe: bon faut que vous ayez fini l'activité deux
Groupe : (rires)
(A regarde le pressiomètre)
A : et ben si ça augmente

00:13:10:00 Groupe rédige

Expérience 2

Pousser doucement le piston et observer sur le pressiomètre comment varie la pression de l'air dans la seringue. **Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.**

b. A votre avis, comment évolue l'action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?

00:13:18:04 M & Ad discutent
00:13:40:00 A rédige
00:14:02:22 E lit l'énoncé
M : pousser doucement le piston et observer (M lit à voix haute)
E à A : non mais comment elle évolue la pression du gaz
Ma : (rires) sur le pressiosmens sur le pressiomètre la pression de l'air dans la seringue (Ma lit à voix haute l'énoncé)
A à E : mais j'te parle de ça et observer comment/ comment varie la pression (A lit l'énoncé)
Ma à A : tu mets quoi tu mets qu'elle augmente là le petit point là
(Ma écrit)

groupe écrit

Groupe discute
Ad à M: attendez mais voilà pourquoi j'ai pas compris / j'avais pas vu c'qui y'avait derrière
M à Ad: ouais
A à E : l'action du gaz **c'est quoi l'action du gaz (?)**
Ad à A: eh eh eh A
M à A : **c'est l'action de l'air le le gaz c'est de l'air**

			Ad : comment tu veux que je comprenne j'avais pas vu ce qui était derrière (2s)/ hein hein hein/ t'as vu je suis intelligente	M air = gaz
00:14:16:14	P2A2EX2	Groupe parle de l'action du gaz sur les parois E écrit	Ad : à votre avis comment- A : non il faut que tu fasses/ petit pois (1s) comment varie la pression de l'air (?) (1s) quand tu fais <u>ça</u> (A pousse sur le piston) M : tu mets quoi tu mets qu'elle augmente Ad : elle augmente A : ben ouais	M & A & Ad P aug = pousse sur le piston

Réponses écrites :

A «on observe que en poussant le piston que la pression de l'air augmente.»

E «on observe, si on pousse le piston de la seringue, la pression augmente»

M «la valeur de la pression augmente»

Ad «press(ion) «

00:14:26:04 P2A2Qb

Question b.

A votre avis, comment évolue l'action du gaz sur les parois lorsque sa pression augmente ?

00:14:52:00		le groupe parle de l'action du gaz sur les parois	M : à votre avis comment évolue l'action du gaz lorsque sa pression	
00:15:22:14		A, Ad & M lisent	augmente (?)/ ben il/ elle est plus forte (1s)	M Paug action aug
00:16:22:00		E écrit	A : c'est quoi l'action du de l'air (?) M : l'action de l'air sur les parois quand tu pousses (geste métaphorique) A : ah ben ouais M : ça exerce un truc (geste métaphorique) et au bout d'un moment ça fait poum (geste métaphorique) A : ouais ça se elle se com- (geste avec la main de se compresse) compresse quoi M : l'air se compresse et euh A air se compresse et ça euh p'tain j'arrive pas à parler et euh Ad : c'est pas grave c'est lundi matin c'est normale M : putain (1s)	M action de l'air

Groupe discutent	A : si elle se compresse et (2s)	A pousse = air se compresse
------------------	---	-----------------------------

M : il me manque les mots
là et exerce voilà et
A : et quoi (?)
M : et **exerce une pression** M pression = action
sur les parois/ une pression de pousser
plus forte
A : **si elle se presse** (geste A air se presse
métaphorique) elle exerce action air partout
une pression partout
(geste métaphorique) hein
M : ben ouais
A : (rires)
M : **oui sur les parois** donc/
oh vous faite chier M pression sur les
A : ouais mais comment elle parois
évolue (?) (2s)
M : ah pfff
A : (rires) en **augmentant**
M& Ad& E : ouais
M : ouais elle est **plus forte** A action aug

M action plus forte
sur les parois

Groupe discute et
rédige la réponse

E : t'as écrit quoi alors
M : alors si (2s) si la M P aug = air se
pression augmente/ et bien resserre
l'air se compense voilà (3s)
A : l'action du gaz se (3s)
t'écris l'air ou l'action du gaz
(?) (2s)
M : l'air (2s)
Ad : **c'est l'action du gaz là**
(inaud) Ad gaz différent air
A : **ouais mais c'est la** A gaz=air
même chose/ l'air ou
(4s, groupe rédige) A : tu
veux dire quoi par
compense (?) M se compense = se
resserre
M : **se resserre** quoi
(groupe rédige)
Ad : ça y'est on en a sauté
en route/ (rires) l'action du
gaz sur les parois (2s) se
compense lorsque sa
pression augmente/ c'est ça
(?)
A : ouais **elle exerce une** A pression = action
forte pression de pousser
A P augaction aug

Groupe rédige
A & E rédige
M & Ad parlent

hors sujet

Réponses écrites :

A «b. Lorsque sa pression augmente, l'air se compense et exerce une forte pression sur les parois de la seringue «

E «b) Si la pression augmente, l'air se compense et exerce une plus forte pression sur les parois de la seringue»

Ad «b l'act° du gaz sur les parois est différente lorsque sa press° «

M «b Si la pression augmente alors l'air se compense et exerce une force de + en + forte.»

00:16:45:04 P2A2Qc Groupe lit la question

Question c.

En utilisant le paragraphe 1 du modèle, indiquer la valeur de la pression que l'on mesurerait si on pouvait relier le pressiomètre comme indiqué sur le schéma de la question a.

00:16:56:02 Groupe dit que
00:17:19:04 c'est la même
00:17:45:00 réponse que le b
00:18:11:00 Groupe relit la question
Prof annonce la correction à la classe et demande à Ad où elles en sont
Prof corrige avec la classe

00:18:27:04 Correc P2A2Qa

00:19:12:00 Correc P2A2Qb Prof demande la réponse à des élèves

00:21:11:00 Prof explique la réponse à la classe A, M & E rédigent
prof : quand la pression augmente(3s) alors l'action du gaz (1s) sur les parois (3s) vous pensez qu'elle augmente progressivement/ c'qu'on peut dire déjà elle va être différente/ si la si la pression rend compte de l'action/ on aura plus la même pression on aura plus la même action (3s) et effectivement l:::a il est logique de penser que quand la pression augmente/ alors la le le l'air agit plus/ sur les parois/ il agit sur quelles parois (?)/ l'air (?)
A : ah j'ai rien compris/

l'action du gaz (A lit la
feuille de E) sur quoi (?)
sur les parois est différentes
(A lit sur la feuille de E) (A
écrit)
A : l'action du gaz sur les
parois est différentes (A lit
sa feuille)

Réponses écrites :

A «b. Lorsque sa pression augmente, l'air se compense et exerce une forte pression sur les paroi de la seringue

Alors l'action du gaz sur les parois est différente»

E «b) Si la pression augmente, l'air se compense et exerce une plus forte pression sur les parois de la seringue, l'action du gaz sur les parois est différente»

Ad «b l'act° du gaz sur les parois est différente lorsque sa press° «

M «b Si la pression augmente alors l'air se compense et exerce une force de + en + forte. La pression va être différente.»

00:22:05:00

Prof explique la
réponse à la classe

Prof à la classe : j'vous
demande sur quelles parois
de la seringue agit l'air (?)
M à prof : sur toute
A à M : sur quoi (?)
M à A : sur toutes les parois
Autre à la classe : (inaud)
Prof à la classe : alors si on
va voir dans le modèle on
peut voir qu'il agit sur
toutes les parois

00:22:32:02

Correc
P2A2Qc

prof explique à la
classe
groupe rédige

R éponses écrites :

A : «d'après le modèle macroscopique des gaz , on en conclut que la valeur de la pression est de 1028 car la pression est la même ds le récipient fermé»

E : «c'est la même chose que si on avait mit le pressiomètre au bout car la pression est la même partout ds le récipient»

Ad : «on mesure la même chose car la pression est la même ds tt récipient fermé»

M : «avec le modèle macroscopique, on peut dire que l'on mesure la même chose car la pression est la même dans les récipients fermés»

00:24:31:02

Correc
P2A2Qd

prof explique à la
classe
groupe rédige

00:25:26:00

Prof discute la
correction avec la
classe
groupe parle hors
sujet

00:25:54:00

Prof discute la
correction avec la
classe

	M rédige	
00:26:21:00	Prof discute de la correction avec la classe groupe discute M rédige	A : vous avez marqué quoi vous (?) Ad : j'ai mis l'action du gaz sur les parois est liée aux chocs des molécules sur les parois A : on était pas censé regarder ça hein Ad : ah bon j'm'en fout (rires)
00:26:32:22	Prof discute de la correction avec la classe M rédige	... autre : les molécules ont moins de place ... Prof : quand tu me dit les molécules sont plus resserée on parle pas de paroi là (2s) pourquoi l'action du gaz/ qu'est-ce qui peut faire que le gaz il est une action sur la paroi Autre : c'est les molécules qui s'approchent sur les parois pour les pousser j'sais pas A : oh la la on s'prend la tête sur ça
00:27:21:00	Prof discute de la correction avec la classe groupe parle hors sujet	
00:28:53:10	Prof ou élève parle des molécules collées aux parois	Prof à la classe : comment/ qu'est-ce qui se passe (1s) entre/ entre les molécules et la paroi (inaud)tu penses qu'elle va se mettre sur la paroi et qu'elle y reste/ vous m'avez dit elles vont pousser/ comment pleins de molécules peuvent pousser sur la paroi Autre : <u>ben en rebondissant</u> (pas sûr) A : ben ouais Prof : effectivement/ M qu'est-ce que j'viens de dire M : j'sais pas
00:29:24:10	Prof demande à la classe de faire	

moins de bruit

00:29:39:00

Prof discute de la correction avec la classe

Prof à la classe : C disait les molécules elles vont rebondir sur les parois (inaud) sur tous les chocs des molécules qui viennent taper sur la paroi (3s) qui sont à l'origine de la pression du gaz(2s) quand on dit qu'il y a une press- le gaz que la pression du gaz a augmenté/ ça veut dire que/ ça veut dire quoi par rapport aux molécules

Autre : **les molécules/ elles sont plus regroupées/ elle sont plus rapprochées**

Autre mol + rapprochées

Prof : elles se sont rapprochées/ elles sont plus regroupées/ mais par rapport à la paroi

Autre : **y'en plus sur la paroi**(inaudible)

Prof : Y'en a plus qui viennent taper la paroi/ y'a plus de chocs sur la paroi

Autre il y a plus de molécules sur la paroi

00:30:24:04

Prof discute des mol qui pousse sur la paroi

00:31:36:06

Groupe discute de se qu'ils ont écrit

E : t'as marqué quoi à la d (3s)

A : que les **que les (geste métaphoriques de se rapprocher)**

A P aug = mol + rapprochées

Prof à la classe : on va vous demander de prévoir si il faut pousser/ tout à l'heure vous avez poussé

A : ouais c'est-à-dire **que les molécu-** (gestes métaphoriques) merde/ y'a **beaucoup plus de**

molécules sur les parois donc ça les (écarte les deux mains)

A P aug = + de mol concentre sur les parois

M : y'en a pas plus elles sont **plus serrées**(geste

métaphorique de serrées)

M P aug = mol + serrées

00:31:57:16

Anne et Ellen copie la feuille

parc'que cette question elle
 risque d'être toute tordue
 M :mais non/ il faudrait
 pousser moins fort
 Ad : bon ben d'autre
 opinions/ nous on dit moins
 fort
 A : et comment tu m'as dit
 elles se quoi (?)

A cherche un mot pour dire se
 resserrer pour écrire
 sa réponse

A : et comment tu m'as dit
elles se quoi déjà (geste
 métaphorique)
 M : elles s'entrechoqu'te/ M mol
 elles **s'entrechoquent** s'entrechoquent
 Ad : s'entrechoquent
 A : non mais avant/ moi
 j'aime pas ce mot là
 M : ah ben j'sais pas alors
 A : elles se comment (geste
 métaphorique)
 M : **compense** M mol se compense
 A : n:::on (geste
 métaphorique) Ad : mol se tapent
 Ad : elles **se tapent** (rires)
 (A geste de taper Ad)
 A : tu sais elles se
machinent entre elles (geste
 métaphorique)/ mais non M : mol rebondissent
 elles se tapent pas
 M : elles **rebondissent**
 (rires) M mol rebondis
 A : ben non elles se (geste
 métaphorique)
 Ad : elles se tapent
 A : mais non elles **se**
tapent/ Ad : mol se tapent
 M : elles **rebondissent**
 (rires)
 Ad : c'est c'que j'ai dis elles
se tapent contre la paroi
 A : non elles se t'sais Ad : mol tapent
commeelles collent là elles contre les parois
se (geste métaphorique) tu
 m'as dis A mol se collent
 M : j'sais pas elles se
 Ad : j'me fais piquer sous la
 table (pas sûr)(rires)
 M : elles se ben non j'en sais
 rien
 A : elles se collent entre
elles elles se (geste
 métaphorique)

M : non mais j'sais pas elles A molécule se
se **resserrent**/ elles se Ad : collent
tu me fais pas du pieds hen
A : ben non j'te rassure
A : eh bon/ ben comment
t'avais mis toi
M : elles s'entrechoquent/
s'entrechoquent j'arrive pas
à le dire (rires)
A : j'vais mettre pareils
(A regarde sur le cahier de
E) j'savais pas que ça
existait s'entrechoque

Groupe rédige la
réponse

Réponses écrites aux questions c et d:

E «c) C'est la m(ême) chose que si on avait mit le pressiomètre au bout car la pression est la même ds le récipient

d) L'action du gaz sur une partie est liée aux chocs des molécules sur cette paroi. Les molécules s'entrechocs.»

A «c. D'après le modèle macroscopique, on en conclut que la valeur de la pression est de 1028. car la pression est la m(ême) ds le récipient fermé.

d. L'action du gaz sur une paroi est liée au fait que les molécules sont **plus nombreuses** et s'entrechocs.»

Ad «c on mesure la m(ême) chose

Car la pression est la m(ême) ds tt récipient fermé

d l'act° du gaz sur 1 paroi est liée aux chocs des (molécules) sur cette paroi. + il ya de chocs sur la paroi + la press° du gaz est gde»

M «c Avec le modèle macroscopique, on peut dire que l'on mesure la m(ême) chose car la pression est la m(ême) ds ts les récipients fermés.

D L'action du gaz sur une paroi est liée aux chocs des molécules sur cette paroi. Les molécules s'entrechocs.»

00:34:25:08 P2A3Qa Groupe discute de la
prévision

Question a :

On dispose de deux seringues, une grosse et une petite. Relier la petite seringue au pressiomètre. Pousser le piston jusqu'à ce que la pression de l'air dans la seringue soit de 1500 hPa.

a. Prévoir s'il faudrait pousser différemment pour avoir une pression de 1500 hPa, si on avait utilisé la grosse seringue :

il faudrait pousser de la même façon plus fort moins fort.

Réaliser l'expérience et indiquer si vos prévisions sont confirmées.

00:34:44:14 Prof discute avec le Prof au groupe : vous l'avez
groupe faite la prévision
M & Ad : ouais
Prof : et alors vous avez
prévu quoi/ faut le marquer
hein
M : c'est faut l'moins fort M pousser - fort avec
(7s) grosse seringue
Attends on a pas mis ça
Ad : mais on l'a déjà mis
celle-là

Prof : et pourquoi il faut pousser moins fort
 Ad : parc'que y'a plus de place m'dame donc euh (1s) l'air
 M : donc y'aura plus d'air
 Prof : ouais
 Ad : si on veut en avoir le même que la petite/ il faudra en pousser un pt'it peu moins fort = moins d'air (inaudible)
 M : en gros c'est pt'être dans l'autre sens aussi

00:35:13:20 P2A3Ex1

Expérience :

Réaliser l'expérience et indiquer si vos prévisions sont confirmées.

00:35:36:22	Groupe fait la manip avec la grosse seringue	A : mais pourquoi tu veux pousser Ad : attends aïe M : ben si il faut arriver à 1500
00:35:54:17		
00:36:53:06		
00:37:03:12	A pas d'accord	A : mais non faudra pousser plus fort / moi j'suis pas d'accord avec vous
00:38:07:14	Pousser + fort avec la petite seringue/	E : t'es jamais d'accord (rire)
00:38:25:00	Ad exp qu'on parle de la grosse seringue	A : j'suis pas d'accord (2s) elle est plus petite /il faudra pousser plus fort y'a moins de (Geste de se rapproche)
00:39:08:16		Ad : ben non on parle de la grosse
00:40:04:02		Ma : on parle de la grosse justement
00:40:30:00		A : ah d'accord
00:40:40:13		[...]
00:41:08:02		
00:41:16:02		
00:41:35:06		
00:42:29:18		
00:42:41:12		
00:43:12:02	Groupe fait la manip avec la grosse seringue Groupe regarde le volume Groupe fait la manip avec la petite seringue Groupe compare le volume obtenu des seringues compare le volume totale des seringues	M : elle ça va jusqu'à 5 et l'autre ça va jusqu'à 20 A : et alors M : ben comment tu veux

avoir la même euh (3s)
Ad : le diamètre il est plus
petit et c'est les mêmes de
longueur
A : attends
M : en fait la p'tite seringue
là elle représente ça
A : de quoi
M : cette seringue elle
représente ça
A : c'est vrai fait voir
M : **là ça fait 5 et là elle
fait 5**
A : ouais j'sais pas
justement
M : **donc toute l'air qui est
la dedans/ jusque là c'est
que ça**
A : et quand/ on trouve
combien quand tu
compresses avec celle-là
et ça confirme s'qu'on a
marquer

M Q diff V

Groupe discute
pour comprendre
l'énoncé

Prof explique les
consignes au
groupe

Prof explique les
consignes au
groupe +manip

A : ah c'est ça/ c'est pas par
rapport à ça là, par rapport
à ce qui est mesuré là (A
bouge son doigt sur la
longueur de la seringue)
A: c'est que part rapport à
la pression (geste iconique
d'appuyer sur le piston)
M : ben c'est comment on
poussait en fait

Prof explique les
consignes

Prof au groupe : oui se que
l'on vous demande c'est
comment vous poussez/ plus
fort ou moins fort

A : ben faudra pousser plus
fort avec la grosse on est
bête

A pousser + fort
avec la grosse
seringue

M : ouais (2s)

A : donc on a faux

Prof : ben c'est pas grave si
votre prévision est pas juste/
c'que vous faites après vous

notez c'que vous observer et
vous dites ma prévision était
juste ou pas

A : non mais attendez on va
refaire

M : non mais ça se voyait
qu'Ad elle poussait plus fort
sur la petite

Prof explique qu'il
faut pousser dans
les mêmes
conditions

Groupe refait et
discute la manip
avec le prof

M : non mais t'appuies plus
fort pour y arriver A : mais
celle-là (grosse seringue)

t'es obligé de **pousser plus
fort/ y'a une plus grosse
pression** (geste)/ **ben le
volume il et plus grand**

A poussé plus fort
car P + grosse = V +
grand

Prof : moi j'te demande de
faire l'expérience et de

sentir pas de voir pourquoi

M : mais j'peux pas voir t'es
bête

A : non mais fait le toi

groupe discute du
platre de Ad
M manip

Groupe discute
M manip

M : oh oh oh regardez c'te Emotion
pro

A : alors

tout le groupe : o::::::::::h
(rires)

A : alors (?)

M : on pousse plus fort avec M on pousse +fort
la grosse avec la grosse

Groupe rédige leur
réponse et discute

Ad : ouais c'était logique/
mais moi j'l'avait pas
compris dans ce sens j'avais
compris pour avoir/

M : ouais voilà

Ad : pour avoir le même
résultat

M : voilà exactement/ moi
aussi j'avais compris comme
ça/ en fait on est un peu
compliqué dans not' tête
j'crois

Ad : ouais on s'est
compliqué la vie/ vas-y moi
j'ai compris avoir 1500 pour

les deux
 E : ouais
 Ad : il fallait pousser moins fort avec la grosse/ vue qu'il y'a plus d'air dedans
 M : ouais ouais/ mais
 Ad : c'est quand même logique/ on avait pas complètement compris la question

Groupe rédige leur réponse

Réponses écrites :

M « a Il faudra poussé moins fort si l'on avait une plus grosse seringue.

Non, nos prévisions ne sont pas confirmés, il faut pousser plus fort avec la grosse seringue qu'avec la petite»

Ad «b prévis° fausse.

On doit pousser + fort avec la grosse seringue»

Pas de réponse pour A et E

00:43:22:02 P2A3Qb

Question b.

A votre avis, qu'est-ce qui, au niveau des seringues, est responsable de cette différence de poussée sur chacun des pistons ?

00:43:39:24	A explique sa réponse pour rédiger	A : ben c'est parc'que regarde c'est logique (1s) t'as un volume vachement plus important là que dans la petite donc la pression est vachement plus grande dans la grande que dans la petite	A P aug = V plus grand
00:43:59:24		Ad (rires)	
00:44:14:12		A : nan c'était pour faire mon explication	

Groupe rédige leur réponse

M : vous avez une solution à l'explication
 A : à la quoi à la b/ ben que t'as un plus grand volume d'air sur celle là que celle là/ donc la pression elle sera déjà plus forte donc c'est pour ça

Groupe rédige leur réponse

E ?	E : parc'qu'il y a un plus gros volume d'air	E P plus forte = V + gd
	M : ouais	M P plus forte = V + gd

Groupe rédige leur réponse

Réponses écrites :

E «b) Il faudra pousser plus fort avec la grosse car pour la grosse seringue, il y aura un plus gros volume d'air»

A «b-Ce qui est responsable de cette différence est que : La grosse a un volume d'air plus important que la petite donc la pression sera plus forte chez la grosse seringue»

Ad «b prévis° fausse.

On doit pousser + fort avec la grosse seringue

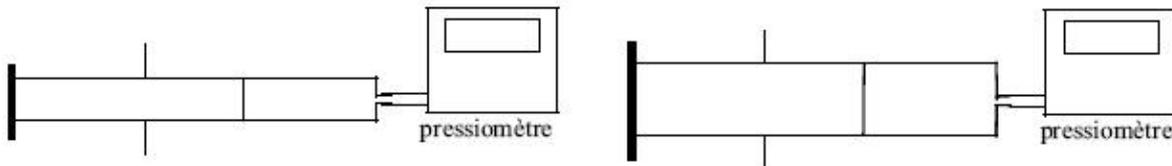
-ce qui est responsable de la de poussée sur chacun des pistons, car ds la grosse seringue la quantité d'air est + importante, dc il y a 1 press° plus gde»

M «Dans la grosse nous avons un plus gros volume d'air donc une pression plus forte par rapport à la petite»

00:45:35:08 P2A3Qc problème de compréhension de l'énoncé

Question c.

Représenter ces forces sur les schémas ci-dessous.



00:47:15:12

00:48:35:16

Groupe pense que ce n'est pas possible de représenter des forces sur le schéma Prof explique
Groupe rédige la réponse

00:49:41:04

Correc P2A3Qa

Prof discute avec la classe la correction

00:50:57:04

Correc P2A3Qb

Prof discute avec la classe la correction

00:51:48:02

Groupe discute de ce qui est responsable Prof à la classe : donc autre pense que c'est le volume qui est responsable de la différence
A : ouais
Prof : Ad vous pensez quoi
A : pareils
Ad : euh j'ai mis
A : le volume/ c'est le volume
Ad : le volume parc'qu'il y a une plus grande quantité dans la grosse seringue

Ad $V + gd = \text{diff de poussé}$

Prof : c'est le volume aussi/
qui est-ce qui à trouver autre
chose pour la question b

00:52:12:04 Correc Prof discute avec la
P2A3 Qc&d classe la correction

00:53:24:10 A geste du piston sur l'air

00:55:58:16 FIN

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:00:00:00	Installation			
00:07:28:01	P2.2A1Qa			

II. Relations entre grandeurs macroscopiques décrivant l'état d'un gaz

Activité 1 : Compression d'un gaz

a. A partir des observations de l'activité 2 du paragraphe I, indiquer par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume augmente.

On cherche ici à déterminer expérimentalement la relation entre cette pression et le volume correspondant.

00:10:07:11

Groupe lit et
discute l'énoncé

00:10:03:21

Discussion du
groupe sur P varie
comme V

00:11:50:14

A : à partir des observations de
l'activité 2 du paragraphe 1,
indiquer par une phrase comment
évolue la pression d'un gaz

00:12:13:18

Ad : Dans une enceinte lorsque
son volume augmente (.) dans
une enceinte/ c'est-à-dire dans
quelque chose (?) dans une
enceinte/ c'est dans quelque
chose (?)

00:14:03:21

A : alors c'est quand son volume
augmente comment évolue la
pression du gaz (.) tu sais on l'a
fait c'est le truc là

00:14:22:16

M : on la fait

E : **ben elle augmente**

(A lit sa copie)

A : sa pression augmente/ l'air se
compense exerce une forte
pression sur les parois de la
seringue (A lit sa feuille de TP)

E V aug P aug

ah non c'est pas ça

E : ben **ça augmente** (5s)

A : ben oui **elle augmente**

**par'que comme la pression/
attends regarde vous me dite si
vous êtes d'accord/ comme la
pression est la même dans tous
le récipient fermé/ si le volume
augmente/ elle sera/ la pression**

E V aug P aug

A V aug P aug

sera plus grande

A P même ds récip
V aug P aug

M : ouais

Ad : l'action du gaz sur les parois est différente lorsque la pression augmente/ on mesure la même chose/ 'fin la même pression/ car la pression est la même dans tous le récipient fermé (3s) l'action du gaz

M : c'est pas marqué dans le modèle là

E : oui (1s) t'as vu ça (rires) (5s)

A : parc'que là c'est ouais on a fait

M : ouais bon ouais ça doit être ça

Groupe lit l'énoncé et discute

Ad : (Ad lit l'énoncé) comment évolue la pression/ en fait on parle de la pression

E : **lorsque la pression augmente son volume augmente** (3s)

E P aug V aug

M : lorsque quoi

Ad : en fait c'est attends t'as le volume il augmente (geste volume diminue)

A : **lorsque lorsque son volume augmente/ la pression du gaz augmente** car

A V aug P aug

Ad : ben c'est logique

M : ben ouais mais les questions sont cons de toutes façons

A: non il faut marquer pourquoi en fait

M : non indiquer par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume augmente

A & E : ben ouais

A : **si on met qu'elle augmente il faut mettre** pourquoi

M : (inaudible)

A V aug P aug

Groupe discute et écrit

Ad : surtout avec la c de l'activité 2 regardes on mesure la même chose car **la pression est la même** dans tout

Ad P même

M : bon bref t'as écrit quoi

A : lorsque son volume augmente/ on cherche ici a

déterminer expérimentalement la relation entre cette pression et le volume correspondant (.) euh

M : t'as pas lu la bonne question

A : ouais mais c'est la suite

E : la pression du gaz/

Ad : la pression d'un gaz

A : ouais mais faut dire pourquoi je pense

Ad : dans un enceinte (2s)

A : **la pression de ce gaz**

augmente

Ad : c'est con ça/ lorsque son volume augmente

A : attends moi je mettrai pourquoi A P aug V aug

Ad : ben oui y faut mettre pourquoi c'est sûr

M : mais on en sait rien

A : mais si parc'que la pression(.) lorsque regarde (A lit sa feuille) lorsque la pression augmente l'air se compense et exerce une force pression sur les parois de la seringue

M : (rires)

Ad : **parc'que la pression de l'air elle augmente** Ad Paug V aug

M : et ça nous avance à quoi

A : non non regarde (A lit sa feuille) après on en conclut que la valeur quand on à augmenté le volume est de 200 machin/ car la

pression est la même dans le récipient fermé A P homogène Ad P aug V aug

E : (rires)

(inaudibles)

A : j'en sais rien

Ad : **parc'que la pression de l'air elle augmente** c'est tout A action gaz/parois = molécule plus nombreuse

A : l'action du gaz sur les parois est liée au fait que les molécules sont plus nombreuse(A lit sa feuille de TP) / vas-y dis

Ad : non non ça me soul/

j'comprends rien ça m'énerve

A propose une solution avec les

A : non mais moi je pense c'est parc'que quand t'as un plus grand A V aug = + de mol

molécules	volume/ quand t'as un plus grand volume les molécules elles euh elles euh/ y'en a plus donc elles occupent une plus grande place M : ouais mais alors pourquoi y'aurait la même pression A : j'sais pas	A V aug = Nbre mol aug et mol occupe plus de place
groupe cherche une explication pour P aug = V aug	Ad : alors la pression d'un gaz dans une enceinte augmente lorsque son volume augmente/ car la pression de l'air augmente hein (5s) (Ad lit son cours) pression et force pressante (2s) non mais elle marque pas dans son cours j'sais pas c'est pas bien/ attends grandeur pression l'action du gaz sur une paroi ben non A : (inaudible) E : ben on s'en fout ils disent pas pourquoi A : ouais bon ben on verra après si elle nous demande car on discutera en groupe	Ad P aug V aug

Réponses écrites (a près la correction):

A «-a- Lorsque son volume augmente, la pression du gaz diminue car les molécules prennent plus de place».

E (manque la feuille pour cette question)

M «Lorsque son volume augmente, la pression du gaz diminue»

Ad «La pression d'1gaz ds 1 enceinte diminue lorsque son volume «

Question b :

On cherche ici à déterminer expérimentalement la relation entre cette pression et le volume correspondant.

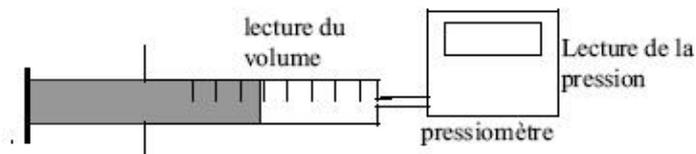
b. Indiquer quelles grandeurs décrivant l'état d'un gaz doivent rester constantes pour mener à bien cette étude ; on considère que ces conditions sont respectées durant toute la durée de l'expérience.

00:15:03:03 P2.2A1Qb prof discute avec le groupe et explique qu'il n'y a pas besoin de justifier à la question a et leur dit de passer directement à l'expérience

00:15:56:01 P2.2A1Ex

Expérience

- Placer le piston de la seringue à mi-course. Augmenter le volume de 5 mL en 5 mL. Pour chaque nouvelle valeur, relever la pression correspondante et le volume. Recommencer en diminuant le volume (après avoir ramené le piston à mi-course).



Attention à ne jamais dépasser la pression maximale indiquée sur le pressiomètre.

00:16:01:01	Groupe discute de	A : j'ai l'impression qu'elle	A P aug Vaug
00:16:36:19	P varie comme V	augmente c'est facile de dire ça	
00:17:35:24		(rires)	
00:18:08:19		Ad : attends oh on n'a pas écrit/	
00:19:09:01		on n'a même pas lu la suite/ on	
00:20:01:01		cherche à déterminer	
00:20:20:01		expérimentalement la relation	
00:20:53:03		entre cette pression et le volume	
00:21:15:01		correspondant	
00:21:30:23		A : ben c'est logique si le volume	
		y y l'augmente <u>de deux fois</u>	
		(geste)la <u>la pression augmentera</u>	A V aug P aug
		<u>de deux fois</u> (gestes) (.) en gros	(proportionnelle)
		c'est ça la truc	
		M : déterminer	
		expérimentalement/ faite	
		l'expérience	
		A : ouais mais	
		expérimentalement c'est par	
		rapport à c'est c'qu'elle viens de	
		dire c'est par rapport à c'qu'on à	
		fait avant/ maintenant on fait le	
		tableau avant les filles	

groupe discute
qu'il faut faire le
tableau & mise
en place de la
manip

Groupe discute
pour savoir
comment prendre
les mesures

Groupe discute
comment faire le
tableau/ à la
manip

Groupe dessine
le tableau

Groupe prend les
mesures en

augmentant V

Groupe prend les mesures en augmentant V et A réalise que P diminue quand V augmente

A : 1031/ à 30 c'est 1031
M : y'avais sept colonnes/ hein les amies
A : ouais/ 1031 j'recule
Ad : Aaaaaah
M : Y'en avais sept (rires)
A : eh **la pression elle diminue/ c'est pas pour vous faire chier hein** A P dim V aug
M : c'est vrai
A : merde 35/ ça ra'p'tissit ou pas (?) E P dim V aug
E: **ouais**
A : 35/ 92 virgule 9
E : hein
A : euh/ 923 j'veux dire (2s) eh la la (inaudible) elle (rires)
M : ouais

Groupe prend les mesures en augmentant V

M exp pourquoi P diminue lorsque V augm

A : j'continue
M : on est bête c'est normal
A : oui c'est normale pourquoi ça pff
M : parc'que si/ y'a moins de pression/ ça appuies moins quand t'as un plus grand volume et les molécules sont moins reserrées M - P car appuie - qd +gd V & mol - resserés
A : on va changer

A changer la prévision

Groupe prend les mesures en augmentant V

Ad geste des mains qui se rapprochent

Réponses écrites :

A, E, M & Ad font le à peu près le même tableau :

Tableau de A

Volume Cm ³	30	35	40	45	50	55	60
Valeur de la pression hpa	1031	923	791	709	638	586	526

00:21:57:00

Groupe discute sur P & V & mol

Ad : ah ben si c'est plus grand/ c'est moins resseré

Ad V aug = mol - serrées

00:22:11:18

M : ben oui

M & A V aug = mol

00:22:49:21

Ad : ben oui/ les molécules on plus d'espace donc c'est logique en fait

- serrées

00:23:31:03

00:25:19:01

M : et la pression est bien moins grande
 A : donc elle augmente pas elle diminue hein
 [...]

Prof discute des unités à mettre dans le tableau

Groupe discute de comment faire le tableau

Groupe prend les mesures en diminuant V

...
 A : mais j'comprends pas on va trouver la même chose
 Ad : ben ouais mais c'est (3s) c'est de la physique c'est normale
 ...

A & M parle de P & V

A : en fait c'est pour te montrer que quand on diminue le volume la pression augmente
 M : 1059 (3s) quand on diminue la pression elle augmente
 A V dim = P aug
 M V dim = P aug

Réponses écrites :

A, E, M & Ad font le à peu près le même tableau :
 Tableau de A

Volume Cm ³	60	55	50	45	40	35	30
Valeur de la pression hpa	528	578	638	709	792	905	1059

00:25:30:13 Prof discute avec le groupe pour savoir où il en est

00:26:19:23 P2.2A1Qc Groupe lit l'énoncé

Question c :

Sans calcul, déterminer quelle(s) relation(s) ne peuvent pas convenir parmi celles indiquées ci-dessous, sachant que dans toutes ces relations, on considère que a est une constante positive :

$p = a \cdot V$ $p = a \cdot V^2$ $p \cdot V = a$ $p \cdot V^2 = a$

00:26:40:01 Groupe essaie de savoir ce qu'est a
 00:27:02:04 M : c'est quoi a (?)
 00:27:12:21 A : l'air/ non j'en sais rien (.) P
 00:27:15:21 pression V volume
 00:27:46:13 M : ah bien
 00:28:09:01 A : a/ c'est quoi a (?)
 00:29:47:11 Ad : j'crois a c'est (inaudible)
 A : non sans calcul
 M : merde

00:30:47:03

00:31:05:01

00:33:06:19

Groupe essaie de
savoir ce qu'est a

A ? à la prof sur A à Prof : madame c'est quoi a
la cst a (?)

Ad : a c'est une constante
positive

prof exp a est une Prof : c'est une constante
constante A : positive

positive M : c'est la constante positive

Prof : c'est à dire que c'est un
nombre

A : j'ai vachement lu/ non non
j'ai vachement lu je disais

Prof : t'as encore lu à travers les
lignes/ t'as encore lu un mot sur
deux

A : ouais

Prof : t'as compris ce que c'est

A : ouais

Prof : c'est un nombre qui
change pas et qui est positif

A : qui change jamais

Prof : euh pour si on prend le
même gaz dans les mêmes

conditions il change pas

A essaie de
savoir la réponse

groupe cherche
la bonne relation

groupe cherche la ...
bonne relation

groupe discute si A : attends/ elle est constante ça A cst = ne change
la constante est veut dire qu'elle est tous le temps pas
toujours égale égale

M : mais pas pour tous les gaz (.) M cst = change
si (?) (2s) c'est comme par suivant les gaz

exemple en chimie 6 fois 10 M cst = ne change
puissance 23 pour les atomes là pas

E : non elle à dit c'est pas pour
tous les gaz/ j'crois

E cst = change

M : mais c'est pas pour tous les
gaz hein

suivant les gaz

M cst = change

suivant les gaz

groupe cherche la
bonne relation ne
trouve pas
d'argument qui
remporte
l'unanimité

Groupe écrit sa
prévision
(relation 2)

00:33:34:03 P2.2A1Qd Groupe vérifie par
le calcul

Question d :

$$p = a \cdot V \quad p = a \cdot V^2 \quad p \cdot V = a \cdot V^2 = a.$$

d. Utiliser un tableur pour déterminer la bonne relation, parmi celles restantes.

00:34:08:04

Prof explique la
cst a au groupe

Prof au groupe : vous en êtes où les filles
A : on comprend rien
Ad : moi s'que j'comprends pas c'est la constante a
Prof au groupe : a c'est un nombre
Ad : ouais j'ai compris ça
Prof au groupe : positif par exemple tu imagines c'est deux/ trois
M : et est-ce que c'est toujours le même (?)
Prof au groupe : ah oui y change pas
M : pour tous les gaz (?)
Prof à M : alors ça c'est la question petit e/ tu vas déjà un petit peu plus loin/ si tu veux en fait après y change dans certaines conditions/ si on change certaines choses
M : c'est comme par exemple en chimie où le truc de la mol ça fait 6 fois 10 puissance 23/ c'est un truc comme ça/ qui est valable pour tout
Prof à M : non (A rit) ce chiffre là
A : tu confonds
Prof à M : pour la mol c'est vrai c'est toujours le même chiffre/ c'est le nombre de molécules qu'on a choisi de mettre dans une mol
Ad : si je choisis de prendre 2 ça fait 2 partout
Prof à M : là/ y change pas pour cette expérience
Ad : ah ah
Prof à M : d'accord/ tu peux imaginer que c'est un deux où [...]

00:35:34:18

Groupe cherche la
valeur par le

		calcul	
00:37:25:03	Correc P2.2A1Qa	Prof discute la correction avec la classe	
00:38:44:03	Correc P2.2A1Qb	Prof discute la correction avec la classe	
00:39:58:03 00:40:33:01		Ad pense qu'il y a deux grandeur qui décrivent un gaz (macroscopique et microscopique)	Prof à la classe : il y a combien de grandeurs qui décrivent l'état d'un gaz/ ça c'est marqué Ad à M : deux macroscopique et microscopique/ non c'est pas ça M : ben non Ad : j'sais pas (3s) j'ai encore tous faux A : one two three four Prof à la classe : trois ou quatre (?) A : quatre Ad : deux (rires) A : deux (?) (rires) (inaudible) Prof à la classe : il y en a quatre/ le volume la pression Ad : A:::::H Prof à la classe : y'a la température et le nombre de mole Ad : j'ai tous compris encore Ad 2 grandeurs qui décrivent un gaz : macroscopique et microscopique Ad doute A 4 variables Ad 2 variables A pas 2 variables P : 4 variables : P, V, T, N
		Prof discute la correction avec la classe	

Corrigé écrit :

A «-b- la quantité de matière, la température, la pression, et le volume st les grandeurs décrivant l'état d'un gaz.»

E (manque la feuille pour cette question)

Ad « b La quantité de matière, la temp, son volume, sa pression st les 4 grandeurs décrivant 1 gaz.»

M «la quantité de matière, la température, la pression et le volume st les grandeurs décrivant l'état d'un gaz»

00:40:53:03	Correc P2.2A1Qc	Prof discute la correction avec la classe Le groupe a répondu au pif	
00:43:38:23		Ad ne comprend pas M lui explique	Ad à prof : moi j'ai pas compris, c'est pas grave (rires) A à Ad : mais si Ad à A : non non Prof à M : pourquoi t'as pas compris M (?) M : c'est bon
00:44:40:20			

Ad : (rires) elle dit ça à toi
 A : mais si oh
 Ad : c'est en contradiction/ j'ai compris ça
 A : non non regarde (d'écouter) le volume
 Ad : j'aime pas j'comprends rien
 M : on a dit que quand la pression augmentait le volume diminuait $M P \text{ aug} = V \text{ dim}$
 Ad : ouais
 M : et si on multiplie le volume
 Ad : ben oui ça j'ai compris M : par la grandeur le volume y aug/ la pression elle augmente (inaudible)
 Ad : ah ben ouais/ mais elle me le dit de façon compliqué/ donc j'ai pas compris $M a * V \text{ dim} = P \text{ aug}$
 A : ouais mais de toute façon du moment / a est multiplié par V/ ça veut dire qu'elle (2s) elle augmente/ moi j'suis d'accord $A a * V = P \text{ ou } V \text{ aug}$
 E : moi aussi

Prof demande la réponse au groupe

Prof : les autres là/
 Ad : ouais
 Prof : M (?)
 M : ouais j'ai compris
 Prof à Ad : t'as compris (?)
 Ad : ouais j'ai compris
 Prof : on t'as expliquer
 Ad : ouais (2s) (rires émotions)
 A : on est des bon prof
 Ad : quoi
 A : on est des bon prof
 Prof : bon tu arrêtes avec t'as règle s'il te plait
 A : après faut savoir si c'est bon

Prof explique les relations qui ne vont pas

Corrigés écrits :

A « voir feuille» (il manque la feuille d'énoncé)

E (manque la feuille pour cette question)

Ad « $p = a.v$ et $p = a.v^2$ st fausse, car qd le volume (flèche vers le haut interpréter par augmente) la press° (idem diminue) et qd on multiplie le volume par 1 nbre alors celui-ci va (augmenter) et il doit (diminuer)»

M « on élimine les deux premières car si l'on multiplie le volume par un nbre alors celui ci va augmenter or il doit diminuer»

00:45:20:03 P2.2A1Qd Prof continue la correction et le groupe se met à

faire les calculs

Question d :

d. Utiliser un tableur pour déterminer la bonne relation, parmi celles restantes

00:46:12:20

Ad rédige sa
réponse

Ad : comment t'expliques qu'elles
sont fausses

00:46:37:24

M : parc'que/ ah ben mince faut
que j'explique

00:47:45:00

Ad : c'est l'truc de volume qui
augmente ou diminue (2s)

parc'que quand le volume
diminue la pression augmente
(Ad se met à écrire)

Ad V dim = P aug

A à M : c'est un piège/ c'est tout
faux

Ad : (Ad écrit) le volume
augmente (2s) la pression
diminue

Ad écrit Vaug = P
dim

Groupe décide de
qui va faire les
calculs

M & E font les
calculs

Effectue les
calculs et trouve
la bonne réponse

Réponses écrites :

A «-d- $p.V = a$

$30.1031 = 31.10^3$

$45.709 = 31.10^3$ »

E (manque la feuille pour cette question)

Ad « $p.V = a$ (est entouré sur l'énoncé)»

M (pas de réponse)

00:49:02:18

00:50:06:08 Fin

Temps	Question	Description	Transcription	Idée
00:00:00:00	Installation			

Questions :

c. Sans calcul/ déterminer quelle(s) relation(s) ne peuvent pas convenir parmi celles indiquées ci-dessous, sachant que dans toutes ces relations, on considère que a est une constante positive :

$p = a.V$ $p = a.V^2$ $p.V = a$ $p.V^2 = a$.

d. Utiliser un tableur pour déterminer la bonne relation, parmi celles restantes.

00:07:23:23

Correc
P2.2A1Qd

Prof fait la
correction et
explique $P.V = cst$
A exp qu'en
arrondissant on

trouve une cst

Réponses écrites :

A «-d- p.V =a

30.1031 = 31.10³

45.709 = 31.10³»

E (manque la feuille pour cette question)

Questions :

e. A votre avis, de quoi dépend la valeur de la constante mise en évidence ?

00:08:18:03 **Correc** Prof exp que cst ne
P2.2A1Qe dépend pas du gaz
mais de la quantité

Réponses écrites :

A «-e- La constante dépend de :

-n (nbre moles)

-T (T°)»

E (manque la feuille pour cette question)

00:10:22:03 P2.2A2Qa Prof présente
l'activité

Activité 2 : Chauffage d'un gaz

On cherche à présent à déterminer le lien entre la pression d'un gaz et sa température.

a. Indiquer quelles grandeurs décrivant l'état d'un gaz doivent rester constantes pour mener à bien cette étude ; on considère que ces conditions sont respectées durant toute la durée de l'expérience.

00:11:13:24 A & E lisent et
écrivent

Réponses écrites

A «les grandeurs qui décrivent l'état d'un gaz sont :

-la température

-le volume

-sa pression

-sa quantité de matière»

E «Les grandeurs qui doivent rester constantes sont : la température, le volume, la pression et la quantité de matière».

00:16:46:03 **P2.2A2Qb** E branche la
seringue sur le
pressiomètre & A
lit les consignes

Question

Vous disposez d'un sèche-cheveux et du matériel de l'activité 1 précédente. Chauffer la seringue.

b. Déterminer comment évolue la pression de l'air dans la seringue lorsque sa température augmente.

00:17:13:11 A explique à un A : tu l'as mis à mi-parcours
00:17:34:18 autre groupe (?)
00:17:50:14 comment brancher E : ouais
00:18:27:03 la seringue au (A regarde un autre groupe
pressiomètre d'élève)
00:19:49:18 A à autre: non/ mais attends il A d'abord mettre
faut que tu le mette à mi (.) piston à mi-chemin,
oh y faut que tu l'mette à mi puis brancher au
parc'que là/ vas-y lâche-le tu pressiomètre
vas voir (.) non y faut que tu
le mette d'abord/ là/ y faut

que tu le mettes au milieu et
après tu mets (autre mets le
piston à mi chemin) là et
après tu mets

E exp ce qu'il faut
faire à A

E : vas-y tu le fais
A : ben j'sais pas faut faire
quoi le sèche cheveux
là-dessus
E : ouais (2s) et après tu
regardes ce que ça fait là (**E**
montre le cadran du
pressiomètre)

A : si ça augmente la
pression c'est ça (?)

A lien entre cadran
et pression

E : hum

A se prépare à
bouger mais D
apporte le
sèche-cheveux

A & E chauffent la
seringue et
constatent que la
pression augmente

A : et ben c'est toi qui va le
faire/ c'est bête hein

E : ben attends

A : (rires) attends on note
1045/ vas-y (2s)

A : oh la la/ non à deux

E : quoi

A : oh lala comme y fait
chaud déjà alors

E : vas-y fait le/ tiens (.)
attends

A : il est bien mis/ tiens tu
tiens

(A chauffe la seringue)

A : ah ça brûle

(A chauffe la seringue
pendant 10s)

A : c'est bon on fait pas ça
longtemps

Autre à A : vas-y chauffe

A : mais on fait ça longtemps/

madame on fait ça longtemps

Prof à A : ben c'est vous qui
voyez/ la question qu'on vous
pose c'est comment évolue la
pression quand on chauffe

E : **ben elle monte**

A & E : **on le sait**

(A chauffe la seringue
pendant 10s)

A : ah elle est brûlante

Autre à A : ça fait quelque
chose

E T aug = P aug

A & E T aug = P

aug (évident)

A : ben ça augmente
 (...)
 Groupe discute ...
 avec autre puis A à autre : ça fait bizarre de
 rédige leur réponse chauffer une seringue
 (...)

Réponses écrites :

A «lorsque sa température augmente, la pression d'air augmente»
 E «lorsque la température augmente sur la seringue, sa pression augmente»

00:20:35:20 P2.2A2Qc A & E lisent la question

Question c. Rappeler l'interprétation microscopique de l'augmentation la pression.

Modèle interprétation microscopique des grandeurs macroscopiques :

Pour un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé :

1. Grandeur pression

L'action du gaz sur une paroi est liée aux chocs des molécules sur cette paroi.

Pour une durée et une paroi donnée, plus il y a de chocs sur la paroi, plus la pression du gaz est grande.

00:21:28:03	A discute avec le	
00:21:43:01	prof du modèle à	
00:22:02:03	utiliser	
	Prof essaye de faire	Prof à la classe : essayer de
	trouver la solution	vous rappeler c'qu'on avait
	à la classe	dit/ au lieu de chercher dans
		le modèle/ qu'est-ce qu'on
		avait dit sur l'interprétation
		microscopique de la pression
		(4s) essayer de vous en
		rappeler la pression elle est
		liée à quoi
		Autre: au nombre de chocs
		A à prof : ah oui au nombre
		de chocs/ c'est tout
		Autre P = nbre
		chocs
		A P = nbre chocs

A & E rédigent

Réponses écrites :

A «c- L'augmentation de la pression est liée aux chocs des molécules sur la paroi»

E «c) L'augmentation de la pression est liée aux chocs des molécules sur la paroi»

00:22:41:03 P2.2A2Qd A & E lisent la question

Question d :

Utiliser la réponse de la question b. et l'interprétation microscopique de la pression pour proposer une interprétation microscopique de la température.

00:23:05:03	Prof discute la	Prof à la classe :essayer de
00:23:48:01	solution avec la	trouver sans regarder dans le
00:24:24:16	classe	modèle (2s) bon le modèle on
00:24:50:13		le lira après ensemble là
		j'vous demande de proposer
		quelque chose
		Autre à Prof : mais on l'a déjà

lu

Prof à autre : on l'a pas tout
lu/ sur la la température on l'a
pas tous lu

A à prof : eh ben

E à prof : et ben lorsque la
température augmente

E : ben ouais/ non/ c'est que
non/ c'est que t'as lu la d
(deictique) (2s)

Prof à la classe : la question c
vous avez répondu

A : ouais

Prof à la classe : donc faite la
d

E : beh d'après le b t'as dis
quoi dans le b

A : ben qu'elle augmente et
qu'en fait cette augmentation
elle est liée au fait que y'est
euh (2s)

A P aug = T aug

E : que la température elle
augmente

A : ouais c'est bête (3s)

A & E discutent du
lien macro/micro
de la T

A : attends l'augmentation de
la pression/ elle est liée aux
chocs des parois(A lit sa
feuille de TP)/ ben lorsque sa
température augmente/ c'est
liée donc

A P aug = chocs
(des mol) sur parois

E : ben oui c'est lié

A T aug = mol
+nombreuses au

A : nan quand sa température
augmente/ les molécules sont/
deviennent plus nombreuses
au niveau du choc/ non (?)

niveau des parois =
ça accélère

(1s) ça accélère

E : ben ouais

A mol plus
nombreuse

A : elles deviennent plus
nombreuse (?) (5s)

E : j'sais pas si c'est ça
(E lit sa feuille de TP)

A & E discutent du
lien macro/micro
de la T

E : oh si/ si la température
augmente il y'a plus de chocs
(2s) donc la pression
augmente (2s)

E T aug = + chocs
dc P aug

A : ouais mais/ lorsque vas-y
redit/ ouais/ ben ouais ça
s'rait/ c'est dans l'autre sens
t'as dit la même chose que
moi mais dans l'autre sens/
parc'que si sa température

A T aug = nb chocs
aug

augmente/ et ben le nombre

de chocs est multiplié/
augmente (2s) c'est plus
important

A & E rédigent

Réponses écrites :

A «Lorsque la température augmente, le nbre de chocs des molécules sur les paroi devient plus important de la pression augmente.»

E «Si la température augmente, le nombre de choc augmente donc la pression augmente.»

00:25:51:16 Correc

P2.2A2Qc

Prof discute la
correction avec la
classe

Prof à la classe : donc la
question c (.) la question c
vous m'avez dit
l'interprétation micro de la
pression c'est
E : liée aux chocs
A : liée aux chocs
Prof à la classe : ouais
A : les molécules
Prof : (inaudible) le nombre
de chocs
A : augmentent
Prof : pour une durée et une
paroi donnée/ ça c'était la
question c

00:26:15:03

Correc

P2.2A2Qd

Prof discute la
correction avec la
classe

Prof : ensuite c'qu'on vous
demande/ c'était d'utiliser ça/
vous deviez utiliser ça et le
résultat de l'expérience/ et ça
devait vous donner
l'interprétation microscopique
de la température
A : Ah de la température
A à autre : on s'est trompée/
vous aussi
A à Prof : heu c'est pff/ une
phrase de résumé on va dire
Prof à A : qu'est-ce que t'as
mis A
A : ben lorsque la
température augmentait le
nombre de chocs des
molécules sur la parois/ euh/
augmente aussi deviennent
plus important
Prof : oui ça c'est parc'que
vous avez vu que la pression
augmentait
A : oui

00:28:40:01

00:29:29:00

Prof : quand vous avez fait
l'expérience effectivement
(2s) alors à partir de là euh
quand on chauffe la pression

du gaz augmente d'accord/
donc ça veut dire qu'il y a
plus de chocs on le sait
parc'que l'interprétation de la
pression c'est terme de
nombre de chocs/ si y a plus
comment est-ce que c'est
possible de/ de qu'elle façon
qu'elle est le changement
dans les molécules qu'est-ce
qui c'est passé pour les
molécules pour qu'il y ai plus
de chocs sur la paroi/
qu'est-ce qui peu changer (?)
(7s)/ qu'est-ce qui pouvait
arriver aux molécules au
niveau du gaz/ de l'air
Autre : on avait pas dit que
qu'elles se dilataient/ que
quand on chauffait elles se
dilatait les molécules

Prof : que l'air se dilatait (1s)
quand on le chauffait/ euh
est-ce qu'il peut se dilater là
l'air (?) est-ce qu'il a la
possibilité de se dilater quand
vous avez chauffé

Autre : ben non il est restait
pareil

Prof : oui/ ça on va le
traduire par quoi

Autre : ben alors elles vont
plus vite parc'que là
parc'qu'elles bouge les
molécules et elles peuvent
aller plus vite

Prof : si elles allaient plus
vite elles iraient taper plus
souvent c'est ça que tu dit

Autre : ouais

Prof : qu'est-ce que vous en
penser les autres (?)

Prof : qu'est-ce qui peut
changer au niveau des
molécules et pour que ça
change le nombre de chocs C
nous a dit qu'elle iront plus
vite et elles iront taper plus
souvent la paroi

Autre : ou alors je sais pas
elles peuvent se couper en
deux quoi

Prof : c'est possible ça (?)
Autre : j'sais pas/ j'pense pas
(inaudible)
Prof : oui elles ne se coupent
jamais/ si on est pas en train
de faire de la chimie/ c'est
différent si on est en train de
faire de la chimie les
molécules se coupent/ quand
on a pas de réaction
chimique les molécules ne se
coupent pas
Prof à A : A t'es d'accord
avec l'idée que/ s'il y a plus
de chocs une des raisons ça
peut-être c'est parc'que les
molécules vont plus vite (3s)
A : ben ouais/ ça paraît
logique
Prof à A : hein ça te choques
pas
A : non (3s) pourquoi ça
choque qui (?)
Prof : euh non non/ alors
effectivement on peut/ eu::h
étant donné qu'il y a plus de
chocs/ on peut penser
logiquement que les
molécules se déplacent plus
vite/ qu'elles ont une vitesse
plus grande
A : hm (1s) et c'est pas ça
Prof : si si c'est ça/ se
déplace avec une vitesse plus
grande
...

Réponses écrites :

A «Corrigé : Si la T° augmente cela signifie que les chocs des molécules seront plus rapide sur les parois»

E «Si la température augmente car (rature) il y aura plus de choc car les molécules iront plus vite.»

00:32:17:05 **Lecture modèle**

Interprétation microscopique des grandeurs macroscopiques

Pour un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé :

1. Grandeur pression

L'action du gaz sur une paroi est liée aux chocs des molécules sur cette paroi.

Pour une durée et une paroi donnée, plus il y a de chocs sur la paroi, plus la pression du gaz est grande.

2. Grandeur température

La température du gaz est liée à l'agitation des molécules. On parle d'agitation thermique.

Plus la vitesse moyenne des molécules est élevée, plus l'agitation thermique est importante et plus la température du gaz est élevée.

Plus la vitesse moyenne des molécules est petite, plus l'agitation thermique faiblit, plus la température du gaz est faible.

L'absence d'agitation thermique correspond au zéro absolu.

00:39:30:03 **Utilisation
logiciel**

00:43:00:01 **A1 Q1**

A : prévoir l'évolution de la pression si on diminue le volume

E : ben faut qu'on/ fait voir/ c'est à cinquante (inaudible) cinquante

A : mais non là c'est soixante le maximum/ soixante dix

E : c'était à cinquante/ attends regarde le machin regarde ça

A : ah il faut qu'elle soit à combien la pression/ attends prévoir ce qui/ si on diminue le volume de moitié/ la température/ alors regarde

E : attends tends tends/ regarde ça

A : mais attends/ fait par de là

E : non c'est pareil si je vais à cinquante et jusqu'à vingt-cinq

A : ouais on s'en fout

E : ben ouais ben justement/ regarde ça et ça/ vingt et un/ vingt deux

A : la tempéra// **la quantité de matière diminue**/ la températu/ la pression augmente

Qdim Vdim

E : ben mets $P_2 = 2/03$ bar

A : c'est ça t'es sûr

E : ben j'sais pas y dise ça

00:44:23:05

A écrit le résultat sur l'ordinateur

00:44:42:21 **A1 Q2**

00:45:10:03 **A1 Q3**

A : vérifier votre prédiction en effectuant le changement de volume/ c'est-à-dire on change la pression/ non c'est pas ça

E : non le volume/ en fait nous on l'a déjà fait

A : Alors là c'est pas une valeur alors/ tu peux mettre/

si/ si on peut ben non
E : ben si c'est ça parc'que
regarde y nous dise P2 =
A : dans cette situation
faut-il ajouter ou enlever des
molécules pour que la
pression reprenne la de P1 ?
Il faut en enlever/ oui si il
faut en enlever
E : j'sais pas
A : si parc'que regarde/ là
quand on était là d'accord/ là
elle a augmenté/ donc pour
que ça revienne à P1/ il faut
en enlever
E : ben ouais vas-y met on
verra après

00:45:44:18

A écrit la réponse
sur l'ordinateur

00:46:09:03 **A1 Q4**

00:47:06:09

00:49:10:17 **A2 Q1**

A : vérifier votre réponse et
relever la valeur de
E : n3 c'est ça ?
A : oui/ mais quand on fait
quoi/ mais quand on fait
quoi/ j'ai pas compris/ si on
enlève les molécules/ t'étais à
quarante ou à cinquante ?
cinquante/ d'accord que
c'était à un et là on est
passer/ à vingt cinq c'était
plus/
Vérifier votre réponse/ la
valeur n3 correspondante/
elle est égale à un/ ben non
elle est égale à un
E : oui mais là il dise moins
quatre et là c'est moins trois
A : ouais parc'que nous on
est pas aller jusqu'au bout
aussi
A : mais pourquoi ça a/ ça
bouge pas la quantité de
matière/ attends on s'est
trompé/ ah non/ c'est
normale que/ ah bé c'est
normale/ après un virgule
zéro/ j'sais pas
E : non/ c'est pas ça
A à Prof : on va dans
corriger madame

Prof : pardon
A à prof : on va dans corrigé
Prof : si vous voulez ouais
A : oh lala
E: non c'était ça
A : un deux bar/ ouais c'est a
peu près pareil/ (rire)/ on a
faux là/ c'était cinq/ pourquoi
c'était cinq/ ah/ non
E : vas-y remet
A : j'comprends pas pourquoi
ça fait cinq
Madame
E : j'ai rien compris
A à autres : vous avez trouvé
la dernière question vous
Autres : ouais
A : et vous avez eu juste
Autres : ouais
A : comment vous avez fait/
j'ai rien compris pourquoi on
trouve cinq virgule zéro
Autres : ouais c'est ça
A : oui mais comment on
trouve
Autres : tu vois là quantité de
matière/ et tu mets ton truc
tout au fond à gauche et
voilà
A : ah ça fait ça/ mais c'est
vraiment balourd
A : prévoir la qualitative
E : ben ça va diminuer
A : attends j'ai même pas lu/
si on diminue la température/
le volume et la / quand quoi
y sont dit/ quand la
température est à zéro degré
E : t'as vu
A : ouais/ le volume et la
quantité de matière reste
constant