

Université Lumière Lyon 2
Ecole doctorale : Sciences des Sociétés et du Droit
Institut des Sciences et Pratiques d'Education et Formation

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

Par Bulent PEKDAG

Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation

Dirigée par Jean-François LE MARÉCHAL

Présentée et soutenue publiquement le 27 Juin 2005

Devant un jury composé de : Alain DUMON, Professeur de l'IUFM Aquitaine Gérard SENSEVY,
Professeur de l'IUFM de Rennes Louis PANIER, Professeur de l'Université Lyon 2 Jean-François LE
MARÉCHAL, Maître de Conférences HDR à l'Ecole Normale Supérieure Lettres et Sciences
Humaines

Table des matières

Résumé .	1
Influence of the text – picture relation of a chemical movie over a learner' cognitive activity - Summary . .	3
Remerciements . .	5
Introduction générale . .	7
Chapitre I. Technologies de l'information et de la communication . .	11
I.1. Hypermédias . .	12
I.2. Hypertextes . .	12
I.3. Multimédias . .	13
I.3.1. Animations .	14
I.3.2. Films . .	14
Chapitre II. Outil de recherche – <i>Hyperfilms</i> .	17
II.1. Introduction .	17
II.2. Cadre théorique .	18
II.2.1. Conceptions et difficultés des élèves . .	18
II.2.2. Représentations sémiotiques .	19
II.2.3. Catégorisation des connaissances en chimie .	21
II.3. Construction des hyperfilms . .	24
II.3.1. Pourquoi les hyperfilms ? .	24
II.3.2. Définition de l'hyperfilm .	24
II.3.3. Origine des films constituant les hyperfilms . .	25
II.3.4. Réalisation des films constituant les hyperfilms .	26
II.3.5. Structuration des hyperfilms .	37
II.3.6. Création des liens au sein des hyperfilms . .	38
II.3.7. Description des pages et des boutons des hyperfilms .	40
II.3.8. Représentation des hyperfilms .	45

II.4. Conclusion .	46
Chapitre III. Utilisation des hyperfilms . .	47
III.1. Introduction .	47
III.2. Cadre théorique .	48
III.2.1. Tâche, action, opération, activité .	48
III.2.2. Recherche d'informations . .	50
III.2.3. Navigation des utilisateurs .	52
III.3. Questions de recherche .	53
III.4. Méthodologie . .	53
III.4.1. Méthode de prise de données .	54
III.4.2. Méthode d'analyse .	55
III.5. Résultats . .	66
III.5.1. Résultats sur l'utilisation des hyperfilms . .	66
III.5.2. Résultats sur les relations entre la tâche et l'hyperfilm . .	77
III.6. Discussion et conclusion . .	81
Chapitre IV. Choix des liens conceptuels et des films dans les hyperfilms . .	83
IV.1. Introduction . .	83
IV.2. Cadre Théorique . .	84
IV.2.1. Concept et Catégorisation des concepts .	84
IV.2.2. Mémoire et Mémorisation . .	87
IV.2.3. Apprentissage multimédia .	89
IV.2.4. Mémorisation et Apprentissage .	92
IV.2.5. Trait de surface .	93
IV.3. Questions de recherche .	93
IV.4. Méthodologie .	94
IV.4.1. Méthode de prise de données .	94
IV.4.2. Méthode d'analyse . .	94
IV.5. Résultats et discussion . .	98
IV.5.1. Résultats sur le choix des liens conceptuels .	98

IV.5.2. Résultats sur le choix des films .	103
IV.6. Synthèse des résultats .	118
Chapitre V. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. A	
– Ce que les élèves utilisent du film . .	121
V.1. Introduction .	121
V.2. Cadre Théorique .	122
V.3. Question de recherche .	122
V.4. Méthodologie . .	122
V.4.1. Méthode de prise de données . .	122
V.4.2. Méthode d'analyse .	123
V.5. Résultats et discussion .	126
V.5.1. Résultats qualitatifs . .	126
V.5.2. Résultats quantitatifs . .	134
V.6. Synthèse des résultats .	138
Chapitre VI. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. B	
– Comment les élèves utilisent le film .	141
VI.1. Introduction . .	141
VI.2. Cadre théorique .	142
VI.2.1. Carte conceptuelle .	142
VI.2.2. Construction d'une carte conceptuelle . .	143
VI.2.3. Cartes des cheminements conceptuels .	144
VI.2.4. Interprétation des images des films .	146
VI.3. Questions de recherche .	146
VI.4. Méthodologie .	147
VI.4.1. Méthode d'analyse . .	147
VI.4.2. Exemples d'utilisation de la méthode d'analyse . .	148
VI.5. Résultats et discussion . .	154
VI.6. Synthèse des résultats .	161
Conclusion générale .	163
Utilisation des hyperfilms .	163

Choix des films et mémorisation . .	164
Impact de la relation entre le texte et l'image d'un film sur son utilisation par l'élève . .	165
Modes de fonctionnement des élèves et comment les élèves utilisent le film .	165
Perspectives .	166
Bibliographie . .	169
Annexes . .	181

Résumé

Ce travail s'intéresse à la construction de films de chimie à visée didactique, et à leur utilisation par les élèves dans le cadre de l'enseignement des acides et de bases en classe de Première S. Le cadre théorique de l'analyse de l'activité cognitive de l'élève est celui de la théorie de l'action, et celui de la construction des films adapte à la chimie les notions de registres sémiotiques utilisés pour représenter des connaissances. Ces dernières, quand elles sont spécifiques à la chimie, ont été catégorisées en perceptibles ou reconstruites. La collecte des données de recherche a requis le développement d'un hypermédia pour articuler une banque de films créés pour l'occasion. Elle s'est déroulée en demandant à des élèves d'utiliser les films pour répondre à une série de questions préparées à l'avance. L'influence de la relation entre le texte et l'image des films sur l'activité des élèves a ainsi pu être déterminée.

Plusieurs facteurs responsables du choix d'un film par les élèves ont été identifiés : les *traits de surface*, la *reformulation* d'une question posée, la production d'une *nouvelle question* pour comprendre une information donnée dans un film, la *non-mémorisation* de certaines informations vues dans les films. Cette dernière semble liée à la catégorie des connaissances mises en jeu dans le film, et aux effets de charge cognitive et de double codage. Les informations présentes dans le texte du film, mais non montrées à l'écran, étaient par exemple plus difficilement mémorisées, ce qui montre l'importance de la combinaison texte-image. Lors de la mémorisation la supériorité de l'image sur le texte a été observée. Les connaissances présentées avec les représentations iconiques et celles présentées avec les niveaux perceptibles étaient mieux réutilisées par les élèves.

L'impact de la relation entre l'image et le texte d'un film sur l'activité cognitive d'un apprenant a également été analysé d'un point de vue didactique. Deux types de films ont été comparés, les films P pour lesquels le texte décrit surtout les aspects perceptibles de l'image, et les films R pour lesquels le texte se place à un niveau d'interprétation de l'image. Les films R sont généralement plus et mieux utilisés que les films P correspondant. Il apparaît que ces derniers conduisent à une plus grande utilisation des images et que les films R conduisent à une plus grande utilisation du vocabulaire spécifique de la chimie. Copier et coller des informations des films P et R, que ce soit au niveau de l'image ou du texte, s'est révélé être le mode d'utilisation le plus abondant.

Mots clés : film, hypermédia, analyse de l'image, analyse d'un texte scientifique, registres sémiotiques, acides et bases, chimie.

Influence of the text – picture relation of a chemical movie over a learner' cognitive activity - Summary

This work deals with the construction of chemical movies and their use by students. The movies are related to acids and bases at the upper secondary school level. The theoretical framework of this research involves the action theory for the analysis of students' cognitive activity. As movies are concerned, the framework is adapted from a semiotic point of view. Chemical knowledge is categorised with the two world model involving perceptible and reconstructed levels. Research data were collected while students were using movies imbedded in a hypermedia. Movies had been created for the purpose of this work. The influence of the relation between text and picture over the activity of students has therefore been determined.

Several factors have been found responsible for the choice of a movie by students: surface features, reformulations of a question, productions of new questions to understand information provided by a movie, non-remembering of specific information seen in movies. The latter seems in relation to the category of knowledge that is involved in the movie but not visible on the screen. We have also found the influence of cognitive load and double coding. Memorisation of information imbedded in the text of the film, but not displayed on the screen, is low. Information is best remembered when it comes from pictures than from text. Iconic representation helps students to reuse the knowledge.

The effect of the text – picture relation over a learner's cognitive activity has also been analysed from a didactic point of view. Two kinds of movies have been compared, the P's, the text of which mainly describes the perceptible aspect of the picture and the R's, where the text interprets and reconstructs the picture. The R's are generally more and better used than the corresponding P's. The pictures of the latter are more used and the R's lead to a larger use of the specific vocabulary of chemistry. The copy – paste process is the most occurring way of using the P's and the R's text and picture.

Key words : movie, hypermedia, picture analysis, scientific text analysis, semiotic, acids and bases, chemistry.

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Jean-François Le Maréchal pour avoir guidé cette recherche, sa disponibilité, ses encouragements, ses conseils. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers mon directeur de thèse pour l'intérêt qu'il a bien voulu accorder à ma recherche et pour le soutien scientifique et humain permanent dont j'ai bénéficié tout au long de la réalisation de ce travail. Il m'a tout appris ce qu'était la recherche en didactique des sciences, depuis mon DEA, au cours d'innombrables réunions, de certaines d'heures de discussion entre nous dans son bureau. Les nombreux échanges, sortant bien souvent du champ de la recherche, ont été essentiels, en rendant le travail bien plus agréable. Merci, de m'avoir appris l'exigence qui oblige à aller toujours plus loin et de passer à encadrer cette thèse du début à la fin. Pour tous ses raisons, je le remercie chaleureusement.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance envers Messieurs Alain Dumon, Gérard Sensevy et Louis Panier pour leurs conseils judicieux et pour la lecture de cette thèse. Je vous remercie pour avoir bien voulu rapporter ce travail, mais également pour avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse.

Je remercie le Ministère de l'Education de Turc pour m'avoir fourni une bourse et m'avoir orienté vers un tel domaine important comme la didactique des sciences. Sans son soutien je n'aurais pu mener à bien cette recherche.

Mes remerciements vont tout naturellement à Andrée Tiberghien pour m'avoir accueilli très gentiment au sein de l'équipe COAST et pour ses conseils judicieux lors de mes exposés. Je voudrais également exprimer ma gratitude aux membres de l'ICAR, particulièrement ceux de l'équipe COAST pour m'avoir aidé dans ce travail. Merci à ICAR et COAST de donner les meilleures conditions possibles pour la recherche.

Je salue tout particulièrement enseignants et élèves qui m'ont si aimablement accueilli. Je les remercie pour accepter de participer à cette recherche.

Je tiens à adresser mes remerciements à tous les amis turcs et français pour leur générosité, leur aide, leur soutien, la finesse de leurs réflexions, leurs nombreux conseils, la qualité des discussions que nous avons pu avoir.

Une pensée particulière va à mes parents qui m'ont encouragé tout au long de mes études. Ils m'ont soutenu. Je les remercie.

Gül Nihal, ma femme. Elle était toujours là dans des périodes difficiles. Elle m'a supporté et m'apporté tous les réconforts dont j'avais besoin aux moments les plus difficiles de mes recherches. Je la remercie.

Introduction générale

Depuis que deux illustres Lyonnais, les frères Lumières, ont pu animer l'image et créer le cinématographe, l'enseignement n'a eu de cesse de s'approprier cette technique. La chimie n'a pas échappé à cette évolution et des films qui permettent de découvrir, depuis la salle de classe, des aspects de l'industrie chimique, des expériences de laboratoire, des cours ou des conférences de chimie etc. ont vu le jour dès la seconde moitié du XX^e siècle. Pour nous, didacticiens, les questions qui se posent couvrent l'élaboration de films, leur utilisation dans l'enseignement et leur impact sur l'apprentissage. Ces trois aspects doivent être maîtrisés si l'on prétend faire évoluer les conceptions des élèves dans le domaine de la chimie, ce qui a été reconnu comme essentiel (Taber, 2001). La présente recherche va les aborder tous les trois dans un domaine précis, celui des acides et des bases, dans le contexte du programme de Première S. Un nombre important de concepts de la chimie y sont présentés, ce qui constitue une difficulté pour l'apprentissage (Sisovic & Bojovic, 2000 ; Schmidt, 1995), mais une richesse propice à la création de films.

Aider à la conception de films consacrés à l'enseignement de la chimie nécessite d'avoir une bonne compréhension de l'influence, sur l'activité cognitive de l'apprenant, des textes et des images dont ils sont constitués. En construisant un film à visée didactique dans le cadre de la chimie, une multitude de questions émergent. Le choix des images qui peuvent être de nature différentes : vidéo d'expériences, éventuellement légendées, présentations de formules, animation moléculaires, etc. Ceci étant réglé, l'écriture définitive du texte d'accompagnement est également un moment d'interrogation essentiel ; il ne doit être ni trop court ni trop long pour rester en phase avec les images. Doit-il décrire ce qui est visible à l'écran ou ce qui ne l'est pas ? La deuxième question qui

se pose concerne la décision d'un élève de regarder ou non un film. A la différence d'un livre où d'une photo, un film est un objet dont on ne peut avoir une idée du contenu qu'au moyen d'un autre objet qui permet de le montrer : le projecteur, la télévision, l'ordinateur. A ce titre, choisir de regarder un film, pour en extraire de l'information, ne peut être comme choisir de lire un livre ou de regarder une image. Nous nous sommes intéressés aux facteurs qui pourraient gouverner le choix d'un film à visée didactique. Enfin, le troisième volet de notre travail a consisté à étudier comment le rapport entre les images et le texte qui constituent un film pouvait avoir une influence sur son utilisation par un apprenant. Cette partie de la thèse est bien sûr fortement liée à la première, relative à la construction d'un film. Elle donne du sens aux questions liées à l'écriture du texte d'accompagnement des images. Ces trois volets de notre travail sont présentés avec la structure suivante.

Dans le chapitre I de la thèse, nous présentons une synthèse bibliographique sur les TIC (technologies de l'information et de la communication) qui permet de comprendre la place des films au sein des hypermédias. Nous y verrons que peu de travaux se sont penchés sur les questions que nous abordons.

Dans le chapitre II, nous expliquons sur quelles bases nous avons construit une banque de films et comment nous les avons rendus consultables au sein de ce que nous appellerons un hyperfilm. Un double point de vue, sémiotique et didactique, est présenté, en particulier en passant en revue les conceptions et les difficultés des élèves.

Dans le chapitre III, nous utilisons la théorie de l'activité et de l'action pour décrire le comportement des utilisateurs d'hyperfilms. Nous prenons en compte l'adaptation des élèves au système et leur désorientation éventuelle lors de la navigation. Nous montrons ainsi comment nos hyperfilms sont utilisés en relation avec une tâche prescrite.

Dans le chapitre IV, nous mettons en évidence les facteurs influençant le choix des films par les élèves. Il faut pour cela analyser les liens permettant de passer d'un film à l'autre à partir de concepts communs à différents films. Quelques aspects de psychologie cognitive sont abordés, telle la mémoire des élèves, la charge cognitive imposée par certains films et la théorie du double codage.

Dans le chapitre V, nous cherchons l'influence de la relation entre le texte et l'image d'un film sur son utilisation par les élèves. Nous avons pour cela dû élaborer des paires de films qui ne diffèrent que par leurs textes. Ces derniers se focalisent soit sur la description perceptible des images, soit sur la reconstruction que le point de vue du chimiste permet d'offrir.

Le VI^e et dernier chapitre s'intéresse à la façon dont les élèves utilisent les films pour répondre à des questions suivant la nature du texte qui accompagne les images. Nous avons dû pour cela adapter la notion de carte conceptuelle.

Les chapitres III à VI, bien que dans la continuité de la réflexion qui sous-tend ce travail, ont été rédigés avec une certaine autonomie. La synthèse de leurs résultats prend sens dans la conclusion générale qui montre que tous ces chapitres sont au service d'une même et unique thèse.

Afin de ne pas alourdir la lecture de ce travail, le détail de certaines informations sur

la construction des hyperfilms, les productions verbales et écrites des élèves et les analyses des données sont présentées en annexes.

Chapitre I. Technologies de l'information et de la communication

Ce chapitre présente une synthèse des travaux de recherche sur l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) afin de positionner l'outil de recherche dont l'élaboration et l'utilisation va être présentée dans cette thèse.

La fin du 20^{ème} siècle a été marquée par l'accélération du développement des TIC (Depover et al., 1998) qui résultent de la convergence, au sein de l'ordinateur, de trois technologies : informatique, télécommunications et audiovisuel (Sani, 1999). Les développements actuels de l'informatique permettent de combiner souplement des informations aussi diverses que textes, dessins, graphiques, images, vidéo, son pour les présenter à partir d'un support de visualisation (Depover et al., 1998). Les TIC constituent non seulement un nouvel outil mais aussi un moyen d'ouverture sur des ressources du monde (Sani, 1999). La diversification des technologies permet de franchir une nouvelle étape, rendant indispensable l'évolution du concept de média. Les objets techniques sont multipliés et offrent aujourd'hui de nouvelles modalités de communication et de représentation (Peraya, 1998).

Avec le développement des TIC et leur ouverture croissante vers le multimédia, c'est à une révolution à laquelle nous assistons et nous participons (Depover et al., 1998). Les modalités d'apprentissage évoluent, en s'appuyant sur de nouveaux lieux et de nouveaux outils d'apprentissage, désormais utilisés dans les environnements éducatifs : *Internet*, *hypermédiias*, *hypertextes*, *multimédiias*, *animations*, *films*, etc. qui rendent disponibles

une quantité d'informations variées. Des situations d'apprentissage mieux adaptées aux besoins des élèves font déjà partie de notre environnement.

Pour encourager et faciliter l'apprentissage, l'utilisation des TIC dans les environnements éducatifs augmente. Leur importance dans l'enseignement de la chimie sensibilise les élèves à l'informatique, facilite l'apprentissage de concepts scientifiques, développe des aptitudes cognitives, offre des outils d'enseignement. Les technologies éducationnelles (ordinateurs, films, images,...) permettent d'innover pour représenter, en classe, des phénomènes chimiques et fournissent aux étudiants les ressources matérielles et sociales aptes à soutenir leurs investigations. Ces environnements doivent être conçus avec certaines caractéristiques et capacités qui fournissent aux étudiants les systèmes de symboles facilitant leur compréhension des processus et des entités chimiques invisibles (Kozma et al., 2000).

I.1. Hypermédias

Les hypermédias, développés depuis la fin des années 80 (Tricot, 1993a), désignent un mode de gestion d'unités d'information connectées entre elles par des liens. Ils sont définis comme une combinaison d'hypertextes (réseau d'informations organisées de façon non-linéaire) et de multimédias (intégration sur une même page d'informations textuelles, imagées, sonores, etc.) (Rouet, 1999). Ils représentent simultanément des connaissances au sein de contextes différents. Cette richesse s'utilise avec profit pour soutenir et faciliter l'apprentissage dans les milieux éducatifs.

La perspective « utilisateur » des hypermédias comporte trois aspects principaux : *tâche, profil des utilisateurs, contexte d'usage de l'hypermédia* (Nanard & Nanard, 1998). L'étude de la tâche détermine l'information qui doit être présentée à l'utilisateur et avec laquelle il interagit. Le profil définit les attentes et les comportements de l'utilisateur. Les documents hypermédias sur un même sujet diffèrent selon le profil, ce qui influe sur la navigation de l'utilisateur. Le contexte d'usage de l'hypermédia influe directement sur la perception et les possibilités d'interaction.

Les outils hypermédias peuvent être conçus pour étudier les sujets d'apprentissage comme le changement conceptuel et le transfert de connaissances. Ils peuvent aider les élèves à construire une compréhension utile et riche de connaissances (Jacobson & Archodidou, 2000) ou favoriser la simple copie d'informations apparaissant à l'écran (Rousseau et al., 2001 ; Le Diouris, 2000).

I.2. Hypertextes

Les hypertextes apportent une nouvelle fonctionnalité dans la communication de l'information. Ils consistent en fragments de textes (nœuds) connectés par des liens. Les

nœuds contiennent l'information dont l'utilisateur a besoin et peuvent être considérés comme une représentation des concepts et des idées. Les liens permettent à l'utilisateur de déterminer l'ordre dans lequel l'information est présentée (Rayward, 1994). Le principe de consultation d'un hypertexte est invariable : à l'intérieur du texte, une action, à l'aide de la souris, sur une zone sensible de l'écran appelée ancre (une chaîne de caractères, une image ou une partie d'image, un bouton, etc.) provoque l'affichage d'une nouvelle unité d'information.

L'hypertexte fournit de nouveaux chemins dans le processus d'apprentissage grâce à l'accès flexible d'une grande quantité d'informations. Son facteur limitant est la désorientation due à la complexité de la topologie du texte ou à l'excès d'informations accessibles (Conklin, 1987). Quand les hypertextes ne sont pas trop complexes, les étudiants (24-25 ans) ne s'y perdent pas et ceux ayant un peu de connaissances préalables en bénéficient plus que les autres (Balcytiene, 1999). Du point de vue pédagogique, leur efficacité tient à ce qu'ils (a) favorisent un accès facile et direct à l'information, (b) permettent à l'utilisateur d'être l'auteur de ses apprentissages en lui façonnant l'information pour la rendre pertinente et (c) permettent un travail collaboratif (les élèves sont plus actifs, plus responsables et plus engagés ; ils échangent leurs informations et collaborent à la tâche à accomplir). Des inconvénients ont cependant été relevés comme la moindre performance de la lecture de l'écran, l'usage abusif du copier-coller, etc.

I.3. Multimédias

Dans le domaine de l'informatique, le terme "multimédia" est plus récent que dans la sphère éducative où la découverte des possibilités de la communication multimédia date des années soixante. Le terme "package multimédia" y désignait des ensembles de formations mettant en œuvre plusieurs médias (Depover et al., 1998). Le terme "multimédia" se définit comme une combinaison des divers médias (texte, son, image, animation, vidéo) (Schnotz & Bannert, 2003 ; Seufert, 2003) utilisés pour véhiculer l'information (Kozma, 1991). Ces médias peuvent être mis au service de représentations utiles aux élèves (Kozma & Russell, 1997).

On trouve une large définition du terme "multimédia" par Schnotz et Lowe (2003, p.117) :

"Le terme "multimédia" réfère à la combinaison de ressources techniques multiples pour représenter l'information dans des formats multiples via les modalités sensorielles multiples. Les ressources multimédia peuvent être considérées à trois niveaux : a) le niveau technique, ordinateurs, réseaux, écrans, etc. qui transportent de l'information ; b) le niveau sémiotique qui représente sous forme de textes, d'images et de sons cette information ; c) le niveau sensoriel relatif à la réception de l'information (modalité visuelle ou auditive)".

Les environnements d'apprentissage multimédia permettent de représenter plusieurs formes nouvelles et innovatrices de l'information (Stern et al., 2003). Ils peuvent stimuler

l'apprentissage en initiant des nouveaux modes de dialogues, d'échanges et de relations entre l'apprenant et les connaissances. Ils offrent un lieu puissant pour l'amélioration de la compréhension de l'élève (Mayer & Moreno, 2002 ; Schnotz & Lowe, 2003) et de nouvelles possibilités pour étudier et promouvoir le changement conceptuel (Mikkilä-Erdmann, 2001). En matière d'apprentissage, l'exploitation de données multimédia permet une communication et une compréhension plus efficace, et génère une excitation favorisant l'attention. Le multimédia encourage une exploration active de l'information plus qu'une réception passive, et il fournit une source de contenus riche pour l'esprit (Dubois & Tajariol, 2001). Les environnements d'apprentissage multimédia, grâce à leur capacité à créer des situations d'apprentissage adaptées et interactives, semblent capables de promouvoir et de supporter le changement cognitif chez l'apprenant (Depover et al., 1998). Le multimédia a ouvert de nouvelles perspectives d'apprentissage par sa possibilité de combiner les divers médias (Dubois & Tajariol, 2001 ; Chera & Wood, 2003).

I.3.1. Animations

Les animations présentent un caractère attrayant exploitable pour attirer et maintenir l'attention de l'élève sur des informations importantes (Rouet et al., 2001). Elles doivent être adaptées aux connaissances des élèves et à leur évolution dans le contexte d'apprentissage (Schnotz, 2001). Leur aspect dynamique et la réduction de leur niveau d'abstraction procurent à leur utilisation un impact positif sur le sujet d'apprentissage (Lewalter, 2003). Une animation peut expliciter une dynamique implicite et non disponible dans des images statiques (Lowe, 2003). La visualisation d'un phénomène chimique et des concepts associés au niveau microscopique peuvent aider à la compréhension de concepts (Russell et al., 1997). L'apprentissage impliquant des animations encourage une meilleure compréhension des apprenants (Mayer, 1997), mais ne semble pas avoir d'impact sur la mémorisation, en comparaison à l'utilisation de représentations visuelles statiques (Lewalter, 2003).

I.3.2. Films

La littérature relative aux films comme outil d'enseignement de la chimie est pauvre bien que ce moyen de communication ait proliféré dans le domaine scientifique. Grâce au développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication, l'enseignement des sciences se voit doté d'aides didactiques de plus en plus efficaces et décisives pour son évolution, bien que peu utilisés dans les faits.

Pour Jacquinet (1977, p.63-64), un film à "*intention didactique*" a une structure signifiante propre qui repose sur (i) la relation entre le message filmique et le monde qu'il représente, (ii) un discours centré sur le destinataire, (iii) la codification de l'agencement des images et (iv) l'articulation des rapports entre la bande image et la bande son. Elle considère que le film favorise chez l'élève une auto-construction du savoir en jeu.

Robles (1997) et Quintana-Robles (1997) ont étudié les films comme support et aide didactique pour l'enseignement des sciences pour lequel ils ont également discuté la

place de l'audiovisuel. Robles (1997) considère l'intérêt d'utiliser le film comme outil dans le processus d'enseignement-apprentissage, vue la capacité de mobilisation perceptive, affective et motivationnelle reconnue au langage audiovisuel. Il a expliqué les multiples intérêts de l'utilisation des films : a) montrer un phénomène avec facilité ; b) suppléer aux limites de nos sens dans l'observation de phénomènes qui, eu égard à leur vitesse, sont trop rapides ou trop lents pour être observables ; c) faciliter l'accès et l'expression d'éléments difficilement exposés par le seul langage verbal ; d) permettre aux élèves de voir ce qui est expliqué oralement par l'enseignant (Robles, 1997, p.39). Quintana-Robles (1997) a mentionné que le film favorise la compréhension des élèves puisqu'il leur permet de voir en même temps ce qui est expliqué et ce qui les amène à se concentrer sur la compréhension du contenu. Elle pense que les principaux apports du film ciblent souvent l'illustration et l'aide à la motivation ou à la mémorisation. Le film est considéré par Astolfi (1989) comme une aide pédagogique, dans la mesure où il se réfère à un apprentissage conceptuel particulier. Il ne remplit ce rôle que si son rythme est contrôlé par ceux qui le regardent. Martins (1990) a signalé que, grâce à l'utilisation du film, on peut provoquer chez l'apprenant l'activation de l'attention, l'aide à la mémorisation, la facilitation de la compréhension de concepts, la sensibilisation au thème et l'implication plus intense de l'individu. Pour cet auteur, le film peut faciliter la compréhension des concepts grâce à l'illustration de l'abstrait.

Plusieurs recherches ont fait le point sur l'effet positif de l'audiovisuel dans le processus d'enseignement-apprentissage: clarté, facilité dans la compréhension, la mémorisation, l'activation de l'attention, etc. Robles (1997) a affirmé que l'audiovisuel a été utilisé, d'une part en raison de son pouvoir de conviction et de désignation et, d'autre part, à cause de sa capacité supposée à faciliter les apprentissages. Il pense que les documents audiovisuels permettent de présenter et d'expliquer les phénomènes ou les situations pour lesquelles les éléments dynamiques jouent un rôle fondamental, quand les mots sont inefficaces ou quand ils ne peuvent donner seuls qu'une idée vague et imprécise de la situation. Pour Peraya (1993), l'audiovisuel est sollicité pour sa fonction psychologique de motivation et son pouvoir de conviction importants, sa faculté de visualisation des phénomènes imperceptibles et d'aide à la mémorisation. Il considère que les moyens audiovisuels sont au service de l'enseignement d'une discipline. Duchastel et al. (1988) ont signalé trois rôles que doit tenir l'audiovisuel en pédagogie : a) *rôle attentionnel* (il peut motiver) ; b) *rôle explicatif* (il peut faciliter la compréhension) ; c) *rôle rétentif* (il peut aider à la mémorisation).

Not (1979, cité par Robles, 1997, p.26) soutient une position favorable à l'égard des apports de l'audiovisuel dans le processus enseignement-apprentissage. Il considère qu'une des conditions fondamentales, pour que l'acquisition des connaissances se produise, est la capacité de l'individu à reconstruire au niveau de ses structures mentales, des propriétés réelles des objets. L'individu doit ainsi parcourir à l'envers le cheminement de la mise en scène qui a abouti au film. A cet égard, Robles (1997) pense que les messages audiovisuels peuvent être employés en fonction de la matière à enseigner, mais aussi en tenant compte des caractéristiques du support utilisé par rapport aux objectifs pédagogiques fixés.

L'utilisation de vidéo de chimie a été rapportée pour différentes innovations. Goedhart

et al. (1998) ont constaté une meilleure perception de la relation entre la théorie et la pratique dans le cas de l'apprentissage de la distillation. Laroche et al. (2003) ont remplacé certaines expériences de chimie par leur vidéo pour réaliser des activités de groupes.

Chapitre II. Outil de recherche – *Hyperfilms*

II.1. Introduction

Certains chercheurs en didactique de la chimie ont proposé d'utiliser les outils informatiques dans les environnements d'enseignement pour améliorer la compréhension des élèves sur les concepts chimiques. Yalçinalp et al. (1995) ont étudié l'influence de l'enseignement utilisant les TIC sur cent élèves de lycée. Ces auteurs ont constaté la présence d'améliorations importantes dans l'apprentissage du concept de mole et des formules chimiques. Morgil et al. (2004) ont observé que l'utilisation des TIC dans l'enseignement de la chimie améliore l'apprentissage. Gilbert et al. (2004) ont souligné que les ordinateurs permettent d'aider les élèves à comprendre les aspects dynamiques des représentations moléculaires. Ils pensent que les chercheurs ont besoin de déterminer la façon dont les élèves font évoluer leur connaissances quand ils travaillent dans un environnement informatique. Özmen et Ayas (2003) considèrent que les supports audio-visuels peuvent être utilisés dans l'enseignement parce que la chimie nécessite d'articuler plusieurs concepts abstraits et difficiles pour les élèves. Gabel (1999) a examiné les travaux de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage de la chimie dans le but d'identifier les possibilités permettant d'améliorer l'éducation de la chimie. Elle en

conclut que, bien que plusieurs études utiles et intéressantes aient été publiées, il y a encore besoin de développer certains domaines comme l'utilisation des TICE en chimie.

Dans ce chapitre, nous allons expliquer comment nous avons construit notre outil de recherche "hyperfilms" et nous verrons son originalité au sein des TICE. Les différents aspects du cadre théorique de ce chapitre permettent de préciser les étapes de la construction de notre outil de recherche. Lorsque la réalisation de films nécessite de choisir des connaissances à mettre en jeu dans ces films, les représentations de ces connaissances et leurs catégorisations en chimie sont importantes pour analyser l'activité cognitive des élèves qui regardent nos films.

II.2. Cadre théorique

Nous faisons l'hypothèse que les paramètres didactiques essentiels pour le fonctionnement cognitif d'un apprenant qui regarde un film sont d'une part la façon dont les connaissances sont représentées dans le film (représentations sémiotiques) et d'autre part les relations entre ces connaissances. Ces deux paramètres sont précisés ci-dessous. De plus, les conceptions et les difficultés des élèves dans le domaine étudié sont également expliquées.

II.2.1. Conceptions et difficultés des élèves

Les films que nous avons conçu n'étaient pas pour un large public et mais pour les élèves de chimie 1^{re} S. Les conceptions de ces derniers ont dû être prises en compte.

II.2.1.1. Caractéristiques des conceptions

Une conception est un ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques que le chercheur attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève dans un ensemble de situations données. Selon Robardet et Guillaud (1997), les conceptions ne sont pas une propriété des individus mais une construction du chercheur pour modéliser le fonctionnement cognitif de l'élève en vue d'interpréter les procédures observées dans les situations d'apprentissage. Ils considèrent que ce ne sont pas des idées fausses que les élèves conservent en marge des connaissances acquises, mais plutôt des structures profondes de pensée qui fonctionnent comme des théories naïves. Le point de vue constructiviste de l'apprentissage a mis en évidence que les conceptions résultent d'observations, d'événements divers, du langage et de connaissances scolaires (Tal, 2004).

Robardet et Guillaud (1997, p.160) ont mentionné que : "*les conceptions apparaissent le plus souvent en relation avec un (ou des) concept(s), elles sont liées au savoir en jeu et les connaissances auxquelles elles correspondent constituent de véritables théories implicites et naïves, mais qui sont pertinents dans la vie quotidienne et encore souvent dans l'enseignement*". Les conceptions ne sont pas forcément conformes

aux connaissances scientifiques. Elles sont souvent résistantes à la modification (Driver et al., 1985 ; Stavy, 1991 ; Abraham et al., 1992).

II.2.1.2. Travaux de recherche sur les conceptions et les difficultés des élèves

En didactiques des sciences, les premiers travaux sur les conceptions datent des années 70. Ils visent à mieux connaître *les connaissances préalables des élèves, les difficultés des élèves dans l'apprentissage et les acquis des élèves après enseignement* (Cordier & Tiberghien, 2002). Les études sur les conceptions des élèves ont été réalisées à niveaux d'étude différents et dans les pays différents. Plusieurs recherches ont montré que les élèves ont des difficultés dans l'apprentissage des concepts chimiques (Ross & Munby, 1991 ; Schmidt, 1995 ; Laugier & Dumon, 2000). Certaines études ont mis en évidence que les élèves utilisent les modèles naïfs pour décrire les concepts chimiques (Barker & Millar, 1999). Tsaparlis (1997) a expliqué que les élèves forment leurs propres modèles pour les atomes, les molécules et les liaisons chimiques. Ces modèles sont en désaccord avec ceux enseignés.

Ross et Munby (1991) ont étudié la compréhension des concepts d'acide et de base. Leur travail a mis en évidence que les élèves pensent que "*l'acide nitrique ne se trouve pas dans la pluie acide*". Les élèves ont expliqué le concept d'acide comme : "*l'acide contient les ions hydrogène*" ; "*il a un goût qui est un peu amer*" ; "*si tu le mets sur ta peau, il va piquer (brûler)*" ; "*il est trop corrosif*" ; "*il est transparent et incolore*". De plus, les élèves pensent que *tous les acides sont forts et puissants ; tous les acides sont toxiques ; le goût d'acides est amer et poivré ; toutes les substances ayant les odeurs piquantes ou fortes sont acides ; les fruits sont basiques*. Ces auteurs ont mentionné que la description d'acides des élèves comme *amer* est une *erreur* parce que les manuels de chimie, selon le programme officiel, décrivent les acides comme *aigre* et les bases comme *amère*. Ils ont constaté que les élèves ont des difficultés avec les concepts de base, d'ions et d'équations chimiques. Plusieurs élèves n'ont pas compris que le pH est une mesure de basicité aussi bien que d'acidité. Certains pensent que les ions OH^- se trouvent dans les acides.

Le travail de Schmidt (1995) indique que les élèves fonctionnent avec deux conceptions possibles du concept de couple acide/base. Ils confondent les couples acide/base « *non conjugués* » avec ceux « *conjugués* », et ils considèrent les ions chargés positivement et négativement comme les couples acide/base conjugués.

II.2.2. Représentations sémiotiques

Nous nous sommes intéressés aux représentations sémiotiques des connaissances à mettre en jeu dans les films.

II.2.2.1. Généralités sur les représentations sémiotiques

Pour Duval (1993, p.39), "les représentations sémiotiques sont des productions constituées par l'emploi de signes appartenant à un système de représentation qui a ses

contraintes propres de signifiante et de fonctionnement. Une figure géométrique, un énoncé en langue naturelle, une formule algébrique, un graphe sont des représentations sémiotiques qui relèvent de systèmes sémiotiques différents. On considère généralement les représentations sémiotiques comme un simple moyen d'extériorisation des représentations mentales pour des fins de communication". Les représentations sémiotiques sont des représentations à la fois conscientes et externes. Elles permettent une « visée d'objet » à travers la perception de stimuli (points, traits, caractères, sons...) ayant valeur de « signifiant » (Duval, 1995, p.27). Il y a une grande variété de représentations sémiotiques possibles: figures, schémas, graphiques, écritures symboliques, langue naturelle, etc. (Duval, 1993 et 1995).

II.2.2.2. Fonctions des représentations sémiotiques

Selon Denis (1994), les représentations permettent de conserver l'information, de la rendre accessibles, de l'explicitier, de la transmettre et de la communiquer ainsi que de guider, d'orienter et de réguler les actions des individus et de systématiser un corpus. *"Une représentation sémiotique peut faire les trois fonctions cognitives fondamentales suivantes: fonction de communication, fonction de traitement et fonction d'objectivation. [...] Les représentations sont également essentielles pour l'activité cognitive de la pensée. En effet, elles jouent un rôle primordial dans le développement des représentations mentales et dans la production des connaissances (Duval, 1993, p.39)".*

II.2.2.3. Représentations multiples

Certains auteurs expliquent pourquoi les représentations multiples¹ peuvent promouvoir l'apprentissage et lui être bénéfiques. Ainsworth et al. (1998) ont mentionné deux raisons de l'utilisation des représentations multiples : (a) il est probable que les représentations différentes expriment plus clairement les aspects différents d'un sujet traité et que l'information obtenue à partir des représentations combinées est plus riche que celle déduite d'une seule ; (b) la compréhension du rapport entre deux représentations. Ces auteurs pensent que l'utilisation des représentations multiples a un coût dû au lien à établir entre deux ou plusieurs représentations. L'utilisation de représentations multiples dépend des caractéristiques de la tâche, du but d'apprentissage et des différences individuelles. L'acquisition de connaissance à partir des représentations multiples nécessite que l'apprenant crée les connections entre les éléments et les structures correspondantes dans les représentations différentes (Seufert, 2003). Les représentations multiples peuvent aider les élèves à traduire une information exprimée dans une représentation symbolique (Russell et al., 1997).

Les apprenants ont souvent des problèmes dans la coordination et l'intégration des représentations multiples (Kozma & Russell, 1997). Ils ne les utilisent pas mais ils se concentrent plutôt sur une représentation plus familière ou plus concrète (Scanlon, 1998). Les principales difficultés des élèves proviennent de leur incapacité à traiter les conversions entre représentations sémiotiques différentes et à les articuler. *"Les élèves et étudiants, le plus souvent, ne reconnaissent pas le même objet à travers les*

¹ présence de plusieurs représentations sémiotiques disponibles à présenter un sujet ou un concept

représentations qui peuvent en être données dans les systèmes sémiotiques différents : l'écriture algébrique d'une relation et sa représentation graphique, l'énoncé d'une formule en français et l'écriture de cette formule sous forme littérale, etc. Et, de façon plus significative, un tel cloisonnement persiste même après un enseignement ayant largement utilisé ces différents systèmes sémiotiques de représentation (Duval, 1995, p.5). [...] L'absence de coordination entre différents registres [sémiotiques] crée très souvent un handicap pour les apprentissages conceptuels (Duval, 1995, p.44)". "La compréhension conceptuelle, la différenciation et la maîtrise des différentes formes de raisonnement, les interprétations, herméneutique et heuristique des énonces sont intimement liées à la mobilisation et à l'articulation quasi-immédiate de plusieurs registres de représentation sémiotique. La conversion des représentations dépend de cette coordination (Duval, 1995, p.7)". Certains chercheurs ont expliqué que l'aptitude à transformer une représentation en une autre peut être considérée comme un des facteurs importants dans l'activité de résolution de problème (Hitt, 1998).

Les représentations sémiotiques (diagrammes, graphes, modèles, cartes, images) aident à présenter une information de façon plus claire (Deloache et al., 1998). La structure des graphiques a un impact sur l'activité cognitive des élèves (Schnotz & Bannert, 2003).

II.2.3. Catégorisation des connaissances en chimie

Une approche constructiviste largement partagée sur l'apprentissage d'un concept en physique ou en chimie formule l'hypothèse que les élèves apprennent lors d'une activité de modélisation, c'est-à-dire s'ils mettent en relation différents types de connaissances (Tiberghien, 1994a). En chimie, il est approprié de distinguer les objets, les événements et les propriétés du monde perceptible séparément de ceux du monde reconstruit, constitué par exemple d'objets, tels que les atomes et les molécules, mis en jeu dans des événements tels que les réactions chimiques... (Le Maréchal, 1999 ; Pekdağ & Le Maréchal, 2003a).

Une connaissance mise en jeu dans un film qui va être regardé par les élèves peut se catégoriser par les niveaux perceptibles (ex. solution bleue), reconstruits (ex. molécule), théorique (ex. pH). Par ailleurs, il faut considérer les différentes représentations sémiotiques de ces connaissances (ex. équation chimique).

II.2.3.1. Niveaux perceptibles

Le monde perceptible comprend les objets, les événements et les propriétés associés à des observations dans des situations expérimentales ou des situations de la vie quotidienne.

- Les *objets perceptibles* (O) sont les objets que tout le monde peut voir, toucher ou sentir, par exemple les liquides, les tubes à essais, etc. D'un point de vue cognitif, un objet perceptible peut être considéré comme une relation entre un signifié, un signifiant et une référence (Vergnaud, 1990).

- Le niveau d'*événements perceptibles* (E) correspond à ce qui arrive aux objets

perceptibles, comme le tube qui a été chauffé ou le liquide qui a changé de couleur.

- Le niveau de *propriétés perceptibles* (P) aide à décrire ce qui est observé ; par exemple la couleur, le fait qu'un objet soit froid ou chaud...

Dans une situation de la vie quotidienne, par exemple, le fait qu'un verre de jus d'orange (O) soit bu (E) par une personne (O), et le fait que le jus d'orange (O) soit jaune (P). Dans une situation expérimentale, par exemple, l'acide éthanoïque (O), le fait que le contenu du tube contenant de l'acide éthanoïque change d'aspect (E), le fait que l'acide éthanoïque (O) ait une odeur de vinaigre (P).

II.2.3.2. Niveaux reconstruits

Le monde reconstruit est structuré avec les mêmes niveaux que le monde perceptible. Il comprend les objets, les événements et les propriétés associés à des interprétations, à des explications ou à des prédictions d'une personne à propos de ce qu'elle a observé dans des situations expérimentales.

- Les *objets reconstruits* (o) sont les « objets » qui ont un signifié et un signifiant, mais pas de référent concret empirique (Sallaberry, 2000). Une molécule, par exemple, est un objet reconstruit. Son signifié peut être défini comme la sous-division ultime d'une substance qu'elle représente. Un signifiant peut être sa formule, une fonction d'onde, etc. En revanche, il n'y a pas de référent concret empirique qui montre ce qu'est une molécule.

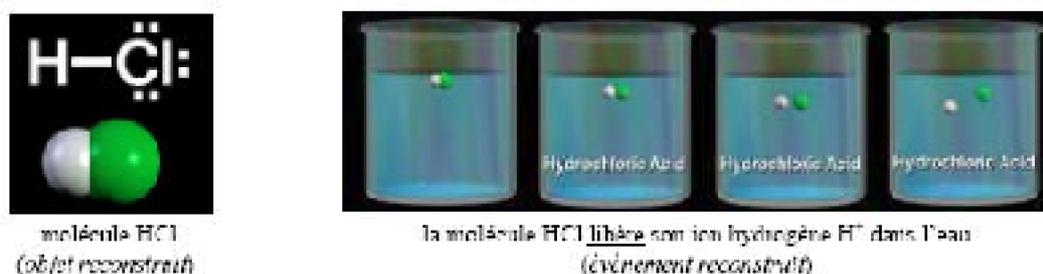
- Les *événements reconstruits* (é) sont les événements qui arrivent aux objets reconstruits. Une réaction chimique est un événement reconstruit qui met en jeu les molécules, des ions, etc.

- Les objets et les événements reconstruits peuvent avoir les *propriétés* (p). L'objet reconstruit "molécule" a une masse, l'événement reconstruit "réaction chimique" peut être rapide ou lente, etc.

Dans une situation expérimentale, par exemple, on a observé "*le sulfate de cuivre anhydre est devenu bleu* (E)". On peut interpréter ou expliquer cet événement perceptible comme "*le sulfate de cuivre anhydre est devenu le sulfate de cuivre hydraté* (é)" ou "*le sulfate de cuivre contient de l'eau* (p)".

Les images suivantes illustrent sur des exemples les niveaux perceptibles et reconstruits.





L'animation ci-dessus montre que la molécule HCl a la faculté de libérer un ion H^+ en solution aqueuse : c'est une propriété de l'objet reconstruit HCl.

II.2.3.3. Niveau théorique

Les interprétations, les explications ou les prédictions sont basées sur les systèmes explicatifs qui ne sont pas uniques et qui dépendent des objets et des événements (Tiberghien, 1994a et 1999). Une théorie a pour fonction d'*interpréter* et surtout de *prévoir* les phénomènes à travers lesquels l'homme perçoit le monde (Robardet & Guillaud, 1997). Elles rassemblent les lois et les faits en une unité cohérente le plus souvent traduite par un modèle (Astolfi & Develay, 1998). Elles sont nécessaires dans l'enseignement de la chimie, et essentielles pour expliquer les concepts chimiques, les expériences, ou les propriétés chimiques (Tsaparlis, 1997).

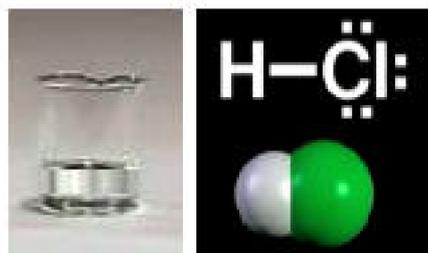
Un film de chimie peut mettre en jeu des connaissances relatives au niveau théorique, par exemple le pH. Cette grandeur théorique est utilisée pour mesurer l'acidité d'une solution. Sa valeur permet de connaître si une solution est acide, basique, ou neutre.

II.2.3.4. Articulation des niveaux de connaissances

Certains didacticiens utilisent les niveaux microscopique et macroscopique pour catégoriser les conceptions des élèves relatives à un concept ou un phénomène chimique (Ben-Zvi et al., 1990 ; Johnstone, 1993 et 2000). Nous pensons qu'une telle catégorisation n'est pas suffisante d'analyser finement les activités cognitives des élèves dans le cas de notre travail. Nous ne cherchons pas à opposer les mondes microscopique et macroscopique et, dans le monde reconstruit, on trouve aussi bien les niveaux microscopique (atomes, ions, molécules) que macroscopique (espèces chimiques).

Nous considérons qu'une des principales difficultés des élèves en chimie se situe dans l'articulation entre les connaissances perceptibles et reconstruites (Pekdağ & Le Maréchal, 2001).

Lors de la réalisation de nos films, nous avons cherché à établir des relations entre les niveaux de connaissances différents. Par exemple, les images ci-contre, si elles sont simultanément sur l'écran, peuvent permettre une relation entre deux niveaux de connaissances différentes : un objet perceptible (à gauche) et un objet reconstruit (à droite).



II.3. Construction des hyperfilms

L'objectif de cette thèse est de comprendre et d'observer l'influence, sur l'activité cognitive d'un apprenant, des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie à caractère didactique. L'élaboration et l'utilisation des films scientifiques ont été peu étudiées du point de vue didactique bien que leur apparition dans l'enseignement ait été rapportée depuis plus de 50 ans (Depover et al., 1998). L'importance de montrer des films de chimie à des élèves peut être facilement comprise : *coût et difficultés de réaliser certaines expériences en présence des élèves, faible visibilité, etc.*, mais on est en droit de se poser la question de l'utilisation cognitive de ce qui est donné à voir (image) et à entendre (son), et de l'articulation entre ces deux modes de communication (Mayer, 2003). La difficulté d'apprécier l'influence de la relation entre le texte et l'image d'un film de chimie traitant des acides et des bases sur le fonctionnement cognitif des élèves de Première S qui regardent le film a nécessité l'élaboration d'un hypermédia spécifique.

II.3.1. Pourquoi les hyperfilms ?

Des recherches ont montré la difficulté d'obtenir des observations pertinentes à partir des élèves regardant des films (Quintana-Robles, 1997 ; Robles, 1997). Une des principales critiques faites au film pédagogique est la passivité des spectateurs liée à l'impossibilité d'interférer dans le cours du message transmis (Quintana-Robles, 1997). En général, les élèves (comme tout spectateur) ne parlent pas en regardant un film. Pour avoir les productions verbales et écrites des élèves, les techniques d'interviews, de narrations de films ou de mise en situation de résolution de problèmes ont été utilisées à la suite du visionnement des films. Dans le présent travail, nous avons créé un outil de recherche, *hyperfilms*, pour obtenir les données sur le fonctionnement cognitif des élèves alors même qu'ils regardent un film. Cet outil devait permettre aux élèves de mettre en jeu les concepts de la chimie lors d'une discussion pendant le visionnement des films. Pour cela, nous avons décidé de concevoir une série de films courts (entre 1 et 3 minutes) et autonomes. Ces films pouvaient être visionnés par les élèves dans l'ordre qu'ils décident au moment où ils voient le film. Nous décrivons cet outil ci-dessous.

II.3.2. Définition de l'hyperfilm

en vertu de la loi du droit d'auteur.

Nous avons créé un hypermédia spécifique que nous appelons "hyperfilm" (Pekdağ & Le Maréchal, 2003b), mot façonné sur le même modèle que le mot hypertexte. Dans un hypertexte, chaque unité de texte est en relation avec d'autres par des liens. De la même façon, chaque film court appartenant à l'hyperfilm est en relation avec les autres films par des liens. On peut donc définir un hyperfilm comme un "*ensemble de petits films et de liens au sein d'un hypermédia*" (Pekdağ & Le Maréchal, 2003b).

Les films sont liés à un autre par des liens appropriés que les élèves peuvent activer au moment où ils voient un film. Nous pensons qu'activer un lien va nécessiter une discussion d'élèves lors de son activation. Ainsi, les élèves vont prendre une décision sur le choix d'un lien permettant de visionner un film. Les discussions d'élèves vont être les données de recherche que nous allons étudier. La figure suivante représente un hyperfilm.

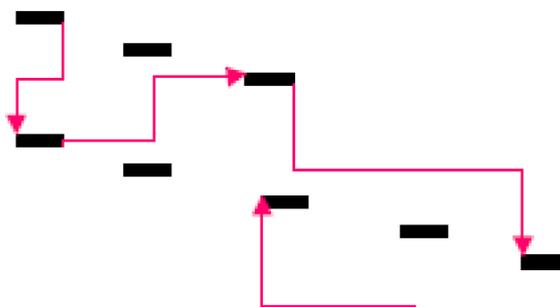


Figure 2.1 Représentation d'un hyperfilm (chaque trait gras représente un film, et chaque flèche un lien)

Un hyperfilm est constitué des films et des liens. Les traits gras représentent les films, avec un commencement et une fin. Les flèches sont les liens disponibles à activer par les élèves pour passer d'un film à un autre. Cette figure représente ainsi les films alors qu'ils sont groupés.

II.3.3. Origine des films constituant les hyperfilms

Le choix des connaissances mis en jeu dans les films résulte de l'analyse :

- du programme officiel de la classe de Première S (BOEN, 2000) ;
- des livres de chimie générale, niveau premier et second cycle universitaire (Silberberg, 2000 ; Huheey et al., 1996 ; Miessler & Tarr, 1991) ;
- du manuel scolaire utilisé par des élèves que nous projetons d'impliquer dans cette recherche (Le Maréchal et al., 2001, Hatier) ;
- d'autres manuels scolaires d'élèves que nous avons consulté (Parisi et al., 2001, Belin ; Tomasino et al., 2001, Nathan).

Le manuel Hatier, comme d'autres manuels consultés, met en valeur un certain nombre de phrases dans des encadrés présents dans un cours. Chacun de ces encadrés a été à l'origine de la création d'un ou plusieurs films en fonction de la facilité d'accès à

des images pertinentes.

II.3.4. Réalisation des films constituant les hyperfilms

Avant de réaliser les films sur le sujet "*réactions acido-basiques*" qui correspond à un chapitre du manuel de Première S, nous avons (i) étudié les conceptions et les difficultés des élèves sur ce sujet (Ross & Munby, 1991 ; Schmidt, 1995) et (ii) considéré certaines transpositions du savoir.

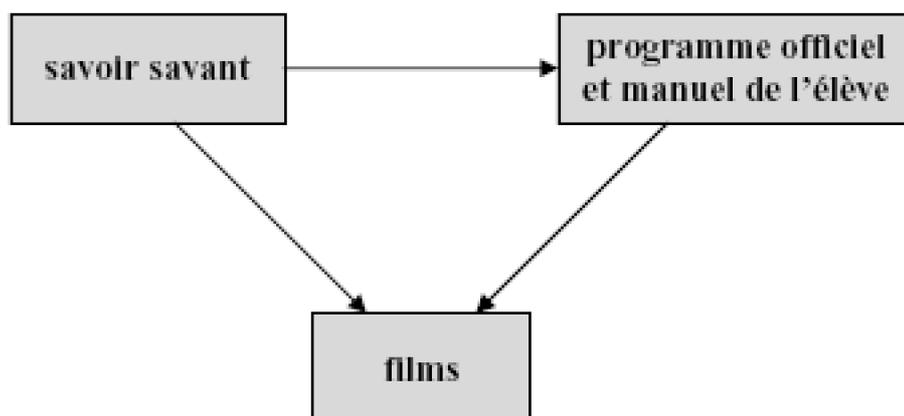


Figure 2.2 – Transpositions envisagées pour la réalisation des films

La structure de la présentation des connaissances dans le livre de chimie générale (Silberberg, 2000), niveau premier et second cycle universitaire, et celle des connaissances dans le programme officiel sont comparées ci-dessous.

<p style="text-align: center;"><i>Libre de chimie générale</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Acides et bases usuels • Propriétés des acides et bases • Acides et bases dans l'eau <ul style="list-style-type: none"> - définition d'Arrhenius - constante de dissociation (K_a) - force des acides et des bases • Dissociation de l'eau et pH <ul style="list-style-type: none"> - dissociation et K_w - pH • Transfert de proton et définition de Bronsted-Lowry des acides et des bases <ul style="list-style-type: none"> - réactions acido-basiques - couple acide/base conjugué - couples de l'eau et ampholyte • Bases faibles et leur relation avec les acides faibles <ul style="list-style-type: none"> - ammoniac et amines - anions des acides faibles - relation entre K_a et K_b • Définition de Lewis des acides et des bases • Truquements actuels <ul style="list-style-type: none"> - pollution de l'air et pluies acides, etc. 	<p style="text-align: center;"><i>Programme Officiel</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemples de réactions acido-basiques comme réactions impliquant des transferts de protons • À partir de l'écriture de chacune des réactions, faire émerger la définition d'un acide et d'une base au sens de Bronsted • Quelques acides et bases usuels • Couple acide/base • Couples de l'eau : H_3O^+/H_2O ; H_2O/HO^- • L'eau est un ampholyte
--	---

Figure 2.3 – Transposition didactique de la noosphère

Nous sommes partis du manuel scolaire qu'utilisent les élèves concernés, après nous être assurés que le savoir contenu dans le manuel était conforme au programme officiel.

<p style="text-align: center;"><i>Programme Officiel</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemples de réactions acido-basiques comme réactions impliquant des transferts de protons • À partir de l'écriture de chacune des réactions, faire émerger la définition d'un acide et d'une base au sens de Bronsted • Quelques acides et bases usuels • Couple acide/base • Couples de l'eau : H_3O^+/H_2O ; H_2O/HO^- • L'eau est un ampholyte 	<p style="text-align: center;"><i>Manuel scolaire de l'élève</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transfert d'ion H^+ <ul style="list-style-type: none"> - Exemples de réactions acido-basiques - Acides et bases au sens de Bronsted • Couples acide/base <ul style="list-style-type: none"> - Notion de couple - Les couples de l'eau - Les indicateurs colorés • La réaction acido-basique <ul style="list-style-type: none"> - Critères de reconnaissance d'une réaction acido-basique - Acides et bases hors du laboratoire - Réactions acido-basiques dans la vie quotidienne
---	--

Figure 2.4 – Transposition des auteurs du manuel scolaire

Le passage du manuel à la réalisation des films a été basé sur l'analyse conceptuelle du manuel de l'élève (voir l'annexe I.1).

La création des films a été effectuée par les étapes mentionnées ci-dessous.

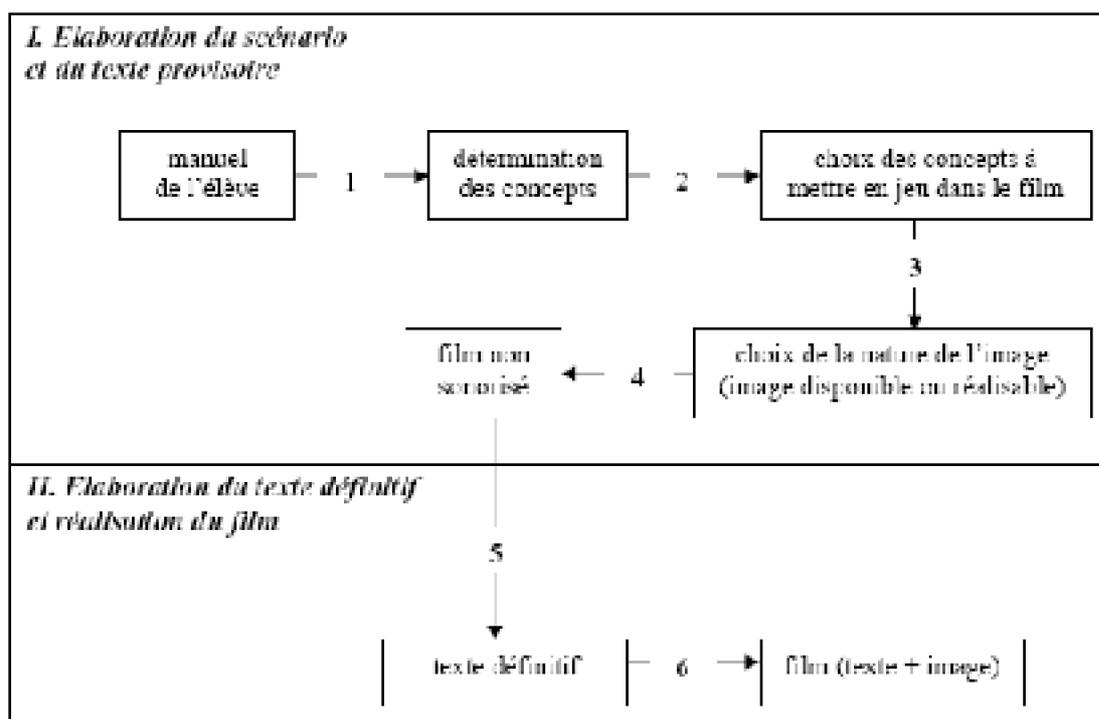


Figure 2.5 – Etapes utilisées pour créer les films

L'élaboration du scénario d'un film est une étape importante et délicate parce qu'il faut envisager à la fois : les connaissances à mettre en jeu, les événements à mettre en scène, le choix des représentations sémiotiques, l'usage du monde perceptible ou du monde reconstruit, les couleurs à utiliser, la durée du film, etc. Par exemple à partir de l'encadré du manuel (p.82) qui traite du concept de couple acide/base et conjugué :

Un couple acide/base est constitué de deux entités chimiques qui se transforment l'une en l'autre par transfert d'un ion H^+ . On représente ce transfert par la demi équation :



La forme acide et la forme basique d'un couple sont dites conjuguées.

l'analyse conceptuelle a permis de relever les concepts : couple acide/base, entités chimiques, transformation, transfert d'ion H^+ , demi-équation, forme acide, forme basique, ion H^+ et conjuguées. Pour élaborer le scénario d'un film qui traite de conjugaison, nous avons choisi les concepts : entités chimiques, transformation, transfert d'ion H^+ , ion H^+ et conjuguées.

Pour montrer la transformation d'une entité chimique par transfert d'un ion H^+ , l'utilisation d'une animation était appropriée. Le scénario construit a donc été :

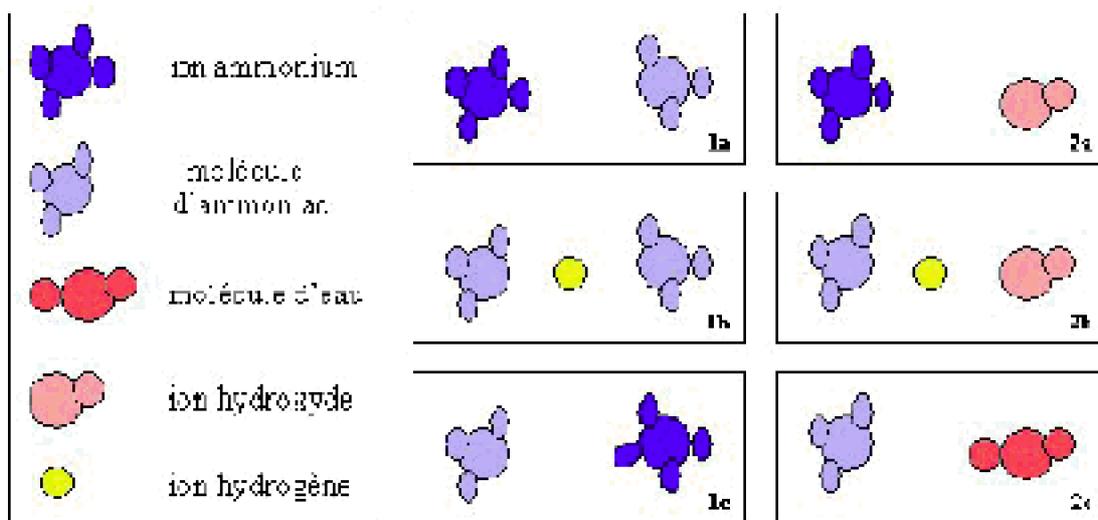


Image 2.1 – Scénario du film traitant du concept de conjugué

Après avoir élaboré le film non sonorisé, nous avons construit le texte définitif.

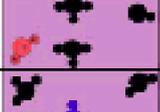
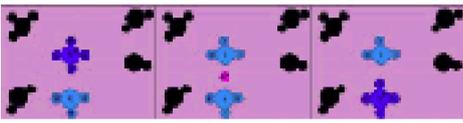
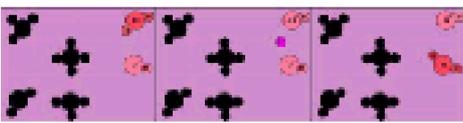
Texte du film	Image du film
Considérons le système chimique constitué de ces six unités en solution dans l'eau.	
Deux molécules d'ammoniac NH ₃ ,	
deux molécules d'eau H ₂ O	
ou six ammoniacs NH ₃	
ou six molécules H ₂ O	
Considérons maintenant un ion ammonium et une molécule d'ammoniac. Si un ion H ⁺ passe de l'un d'eux vers la molécule d'ammoniac, on retrouve les mêmes entités avant et après le transfert d'un NH ₃ ⁺ et la molécule NH ₃ se chargeant l'un en l'autre lors du transfert d'un H ⁺ . On dit que ce sont des entités conjuguées.	
On retrouve une situation analogue entre la molécule d'eau et l'ion hydroxyde. En effet, le transfert d'un ion H ⁺ entre ces deux entités se modifie par la composition de chacune d'elles: la molécule d'eau se transforme en l'ion hydroxyde se chargeant l'un en l'autre lors du transfert d'un H ⁺ . Ils sont donc conjugués.	
En revanche, si l'on considère l'ion ammonium et l'ion hydroxyde, l'échange d'un ion H ⁺ entre ces entités modifie la composition de chacune d'elles puisque après l'échange, on n'a plus les entités NH ₃ ⁺ et OH ⁻ mais les entités NH ₃ et H ₂ O. On ne peut donc pas dire que ces entités sont conjuguées même si elles peuvent s'échanger un ion H ⁺ .	

Tableau 2.1 – Film Exemples de couples : NH_4^+/NH_3 et H_2O/OH^-

La réalisation des films a été présentée en annexes (voir l'annexe I.4).

II.3.4.1. Création des images

Nous avons retenu cinq types d'images : *diaporama*, *vidéo*, *animation*, *tableau* et *schéma*.

Le diaporama est un *ensemble d'images fixes successives*.

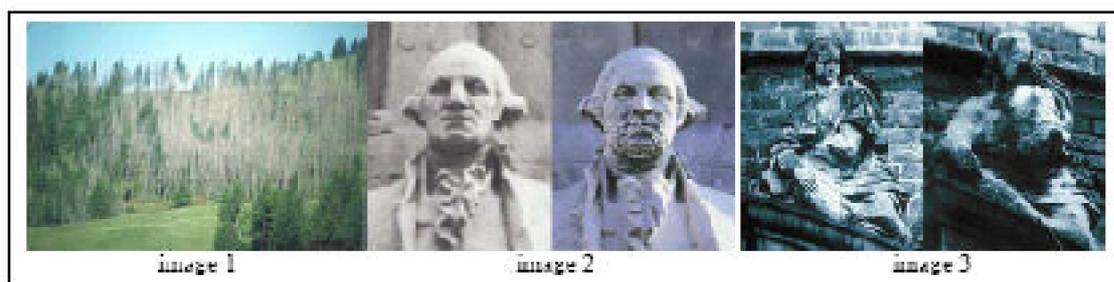


Image 2.2 – Succession d'images utilisées dans le diaporama du film Effets des pluies acides

La vidéo permet de reconstituer la réalité de façon dynamique.

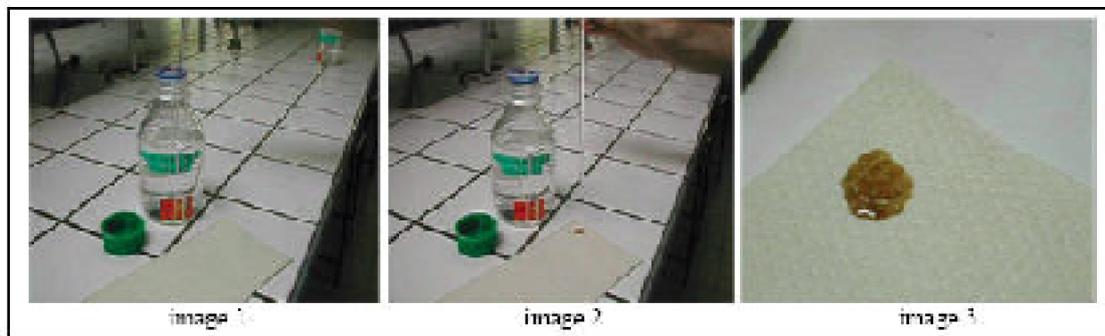


Image 2.3 – Succession d'images utilisées dans la vidéo du film Acide corrosif

Les animations sont des successions d'images animées. Elles représentent la réalité ou l'imaginaire de façon dynamique.

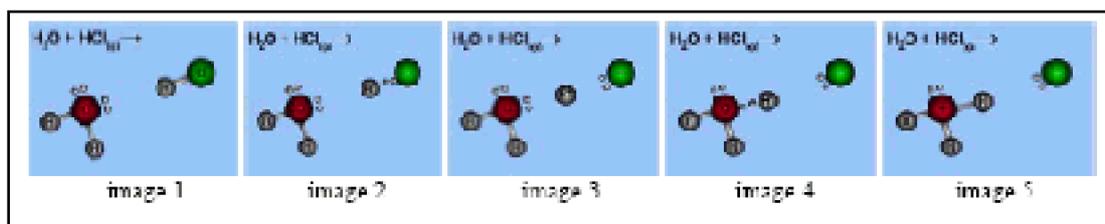


Image 2.4 – Succession d'images utilisées dans l'animation du film HCl acide de Brønsted

Un tableau peut être considéré comme le système de représentation de résultats et de données disposés sous forme synoptique et visuelle (Quintana-Robles, 1997). Il est constitué d'un ensemble d'éléments visuellement indifférenciés et dont l'information est extraite par une analyse de rapprochements et de comparaisons (Belisle & Jouannade, 1988). Les images suivantes appartiennent au film pH des solutions basiques.

Solutions basiques	pH	Solutions basiques	pH	Solutions basiques	pH
Soude concentrée	14	Soude concentrée	14	Soude concentrée	14
Dégrossisseurs de canalisation		Dégrossisseurs de canalisation		Dégrossisseurs de canalisation	
Eau de Javel	10 - 13	Eau de Javel	10 - 13	Eau de Javel	10 - 13
Solutions d'ammoniac		Solutions d'ammoniac		Solutions d'ammoniac	
Lessives	9 - 11	Lessives	9 - 11	Lessives	9 - 11
Détergents		Détergents		Détergents	
Eaux savonneuses		Eaux savonneuses		Eaux savonneuses	
Eau de mer	7 - 8,5	Eau de mer	7 - 8,5	Eau de mer	7 - 8,5
Eau de Vichy		Eau de Vichy		Eau de Vichy	
Eau du robinet		Eau du robinet		Eau du robinet	

Image 2.5 – Différentes images utilisées pour donner un aspect dynamique à un tableau

Un schéma est utilisé pour la présentation et l'explication des objets ou des phénomènes complexes. Il peut apparaître comme un instrument de formalisation de la connaissance, ou être considéré comme le support d'une stratégie d'apprentissage et l'instrument d'acquisition de connaissances (Belisle & Jouannade, 1988). Il est considéré comme une forme de représentation et de communication (Duchastel et al., 1988). Les

images suivantes appartenant au film *pH des solutions acides*.

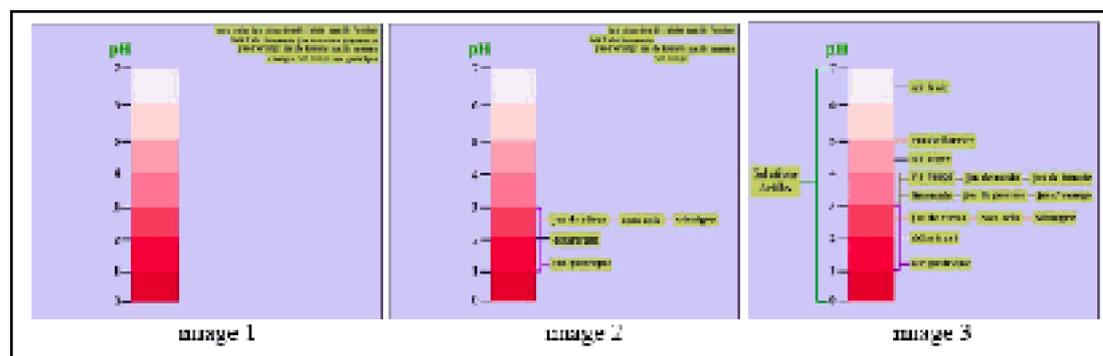


Image 2.6 – Différentes images utilisées pour donner un aspect dynamique à un schéma

Le diaporama et la vidéo nous ont permis d'illustrer des connaissances mises en jeu dans les films plutôt aux niveaux perceptibles, par exemple le changement de couleur ou de pH du système chimique. Les tableaux et les schémas ont été utilisés pour représenter des connaissances théoriques comme la valeur du pH.

Les animations encouragent la compréhension meilleure pour les apprenants (Mayer, 1997) et sont efficaces pour attirer et maintenir l'attention des élèves sur un sujet donné (Rouet et al., 2001). Nous avons utilisé des animations quand il s'est agit de mettre en œuvre des connaissances aux niveaux reconstruits ou théoriques, par exemple la définition du concept d'acide ou de base au sens de Brønsted.

Nous avons créé certaines images, par exemple pour montrer les événements perceptibles (vidéos) ou reconstruits (animation), ou pour représenter la valeur du pH des entités (schéma ou tableau). Certaines images ont été récupérées de sites d'Internet² et nous les avons éventuellement modifiées. Les images suivantes appartenant aux différents films contiennent ces modifications pour ajouter des informations (noms des espèces chimiques, leurs formules chimiques, équations chimiques, etc.) fixes ou dynamiques. Cela permet d'attirer l'attention des élèves sur un point important, par exemple quand il s'agit du changement de la valeur de la conductivité d'une solution.

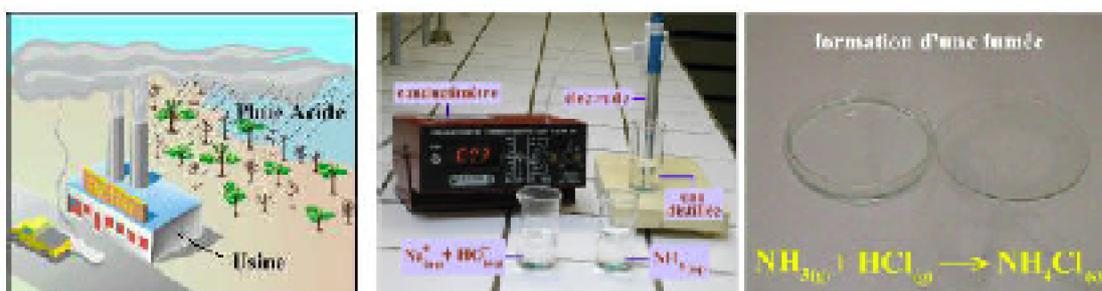


Image 2.7 – Exemples d'images modifiées

II.3.4.2. Création des textes

Une attention particulière a été portée aux textes de films à sonoriser parce que le but de

² par exemple, http://cw.x.prenhall.com/petrucci/medialib/media_portfolio/index.html

la réalisation des films était de chercher l'influence de la relation entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant. Ainsi, dans plusieurs cas deux textes ont été rédigés pour le même film en traitant les mêmes concepts : l'un mettant en jeu un maximum de connaissances reconstruites (films R), l'autre un maximum de connaissances perceptibles (films P). La figure suivante montre deux textes rédigés pour le même film *Dissociation – animation microscopique*.

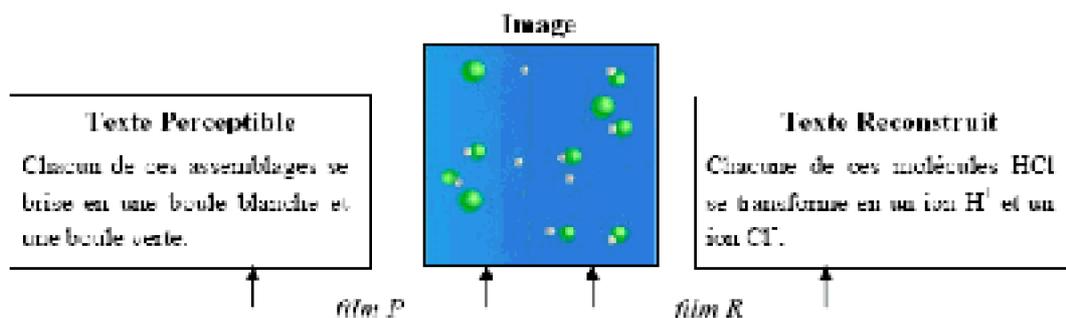


Figure 2.6 – Film *Dissociation – animation microscopique* (versions P et R)

Les textes des films ont été élaborés avec une phrase *d'introduction*, le corps *principal* du film et une phrase de *conclusion*. Les phrases d'introduction et de conclusion sont communes aux textes P et R d'un même film afin de garantir un contenu aussi commun que possible.

Tableau 2.2 – Comparaison des textes P et R du film *Dissociation – animation microscopique*

Texte Perceptible	Texte Reconstruit
Cette animation montre le comportement des molécules de chlorure d'hydrogène HCl dans l'eau.	Cette animation montre le comportement des molécules de chlorure d'hydrogène HCl dans l'eau.
On considère que du gaz chlorure d'hydrogène est introduit dans l'eau. Quelle représentation microscopique le chimiste en a-t-il ? Les boules vertes représentent des atomes de chlore et les boules blanches représentent des atomes d'hydrogène. Ces assemblages verts et blancs représentent donc des molécules HCl. Leur quantité est représenté par la barre verte. Chacun de ces assemblages se brise en une boule blanche et une boule verte. Il s'agit d'un ion H ⁺ et d'un ion Cl ⁻ .	On considère que du gaz chlorure d'hydrogène est introduit dans l'eau. Quelle représentation microscopique le chimiste en a-t-il ? Le nombre de molécules de chlorure d'hydrogène HCl introduites dans l'eau est représenté par la barre verte. Chacune de ces molécules-HCl se transforme en un ion H ⁺ et un ion Cl ⁻ .
Le diagramme montre que pour chaque molécule HCl qui se transforme, un ion H ⁺ et un ion Cl ⁻ sont formés.	Le diagramme montre que pour chaque molécule HCl qui se transforme, un ion H ⁺ et un ion Cl ⁻ sont formés.

La totalité des textes de films rédigés, en étant analysé aux niveaux de

connaissances, est donnée en annexes (voir l'annexe I.3).

II.3.4.3. Représentations sémiotiques utilisées dans les films

Dans une activité de chimie, les représentations sémiotiques divers jouent un rôle important parce que comprendre la chimie est basé sur la construction du sens de l'invisible et de l'intouchable (Kozma & Russell, 1997). "*Les chimistes utilisent les représentations pour comprendre et manipuler les molécules parce que les molécules et leurs propriétés ne sont pas disponibles à la perception directe. Les chimistes conçoivent les systèmes de représentation qui servent d'intermédiaire entre quelque chose qu'ils ne peuvent pas voir et quelque chose qu'ils peuvent voir. Les chimistes utilisent les représentations pour expliquer, prédire et changer le phénomène chimique qui est le foyer de leur travaux* (Kozma et al., 2000, p.106)". Nous avons pris en compte cette dimension pour analyser des films, avec un point de vue proche de Duval (1995).

Les registres sémiotiques utilisés lors de la création des films sont présentées ci-dessous :

- *Le langage naturel* – Un texte (écrit ou lu) est principalement basé sur ce registre.
- *Les représentations symboliques* – Une connaissance peut se représenter avec des symboles comme dans le cas des atomes, des molécules ou des équations chimiques.
- *Les représentations iconiques* – Ce sont des représentations avec lesquelles une connaissance peut être représentée, par exemple la molécule HCl ci-contre.



- *Les tableaux et les schémas* – Ils constituent un autre type de représentation de la connaissance.

Nous considérons que la photo d'un tube à essais ou d'un bécher contenant un liquide n'est pas une représentation mais une image de l'objet réel comme on peut le voir. En revanche, cette image peut être modifiée par exemple par une annotation précisant la nature chimique du contenu. Cette modification peut se faire avec le registre du langage naturel (acide chlorhydrique) ou symbolique ($H^+ + Cl^-$) par exemple.



Ces différents types de registres sémiotiques ont été utilisés pour représenter les connaissances mises en jeu dans les films.

II.3.4.4. Aspect aidant la réalisation des films

Pour que les connaissances mis en jeu dans les films soient compréhensibles par les élèves, il faut savoir les conditions d'acceptation d'une nouvelle idée ou un niveau concept. La première théorie sur ce sujet a été mise en évidence par Posner et al. (1982). Ces auteurs considèrent que l'apprenant accepte une nouvelle idée ou un nouveau concept quand quatre conditions sont réunies :

- 1) Les conceptions actuellement utilisées par l'apprenant doivent être insatisfaisantes de son point de vue.
- 2) Une nouvelle conception doit être intelligible et cohérente.
- 3) Une nouvelle conception doit apparaître a priori plausible.
- 4) Un nouveau concept doit être préférable par ses vertus d'élégance, de parcimonie et/ou d'utilité.

Nous pensons que les changements dans le système conceptuel de l'apprenant peuvent être relatifs à l'utilisation des concepts appropriés et/ou à l'augmentation du nombre de relations entre les niveaux de connaissances et à l'utilisation d'une grande variété de représentations sémiotiques dans les films. Pour observer ces changements, les élèves doivent être face à des situations insatisfaisantes. Les objets et événements perceptibles présents dans les films peuvent contribuer à cette insatisfaction. Mayer (1997) a souligné que les apprenants peuvent facilement construire des connections entre les informations verbales et visuelles si le texte et les images sont cohérentes (principe de cohérence) et en relation (principe de contiguïté). Dans le cas de la chimie, nous faisons l'hypothèse que la simultanéité d'informations catégorisables dans des mondes différents grâce au son et à l'image peut être à la base de la mise en relation de connaissances et les rendre, par ce fait, intelligibles.

Pour qu'un nouveau concept soit préférable pour l'élève, son utilité, mentionnée par Posner, a été impliquée dans les films. Ainsi, certains films réalisés contenaient les concepts associés aux objets et aux événements de la vie quotidienne : pluies acides, pollution de l'air, acides et bases de notre environnement, etc. *"La chimie a plein de concepts abstraits. Ces concepts, pour les élèves, ne sont pas faciles à comprendre. Ainsi, ils doivent au moins se rattacher aux événements de notre vie quotidienne"* (Orgill & Bodner, 2004).

Les films peuvent être un outil utile dans l'enseignement de la chimie parce qu'ils donnent une occasion de présenter des concepts nouveaux à travers les expériences et des représentations moléculaires dynamiques. Les conditions mentionnées par Posner sur le concept de changement conceptuel ont, de cette façon, guidé la réalisation des films.

II.3.4.5. Analyse des films

Il n'existe pas de méthode universelle pour analyser des films et l'analyse de film est interminable (Aumont & Marie, 1988). Le tableau suivant résume notre analyse basée sur les relations entre l'image et le texte.

<i>Film</i>					
<i>Image</i>					<i>Texte</i>
<i>Nature de l'image</i>	<i>Modification de l'image</i>	<i>Registre sémiotique de la modification</i>	<i>Niveau de connaissance de la modification</i>	<i>Technique de la représentation de la modification</i>	<i>Niveau de connaissance</i>
Diaporama Vidéo	incrustations (noms, formules, équations, etc.)	langage naturel, représentation symbolique, ou représentation iconique (addition d'un cercle par exemple)	perceptible, reconstruit, ou théorique (pH par exemple)	fixe ou dynamique	perceptible, reconstruit, ou iconique
Animation ³ Tableau Schéma	—	—	—	—	

Tableau 2.3 – Grille d'analyse des films

Le tableau 2.3 montre comment la relation entre le texte et l'image peut être analysée, et comment la diversité des registres sémiotiques et des niveaux de connaissance est prise en compte. Cette grille permet de répondre aux questions que l'on se pose sur l'influence des relations entre l'image et le texte d'un film sur l'activité cognitive d'un apprenant.

II.3.4.6. Liste des films

Pour la production de deux hyperfilms (P et R), nous avons réalisé 34 films courts (entre 1 et 3 minutes) et autonomes dont 26 perceptibles (FP) ou reconstruits (FR) et 8 films (FC) pour lesquels un seul texte a paru pertinent. La liste des films réalisés est donnée ci-dessous.

Tableau 2.4 – Films réalisés pour construire deux hyperfilms

N°	Films constituant les hyperfilms	Type de film	Nature de l'image de film
1	Acide conductivité	FP et FR	Diaporama
2	Acide corrosif	FP et FR	Vidéo
3	Ammoniac et chlorure d'hydrogène	FP et FR	Vidéo
4	Base corrosive	FP et FR	Diaporama
5	Basicité de la cendre	FP et FR	Vidéo
6	Dissociation – animation microscopique	FP et FR	Animation
7	Dissociation – équation	FP et FR	Animation
8	Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	FP et FR	Diaporama
9	Dissolution – animation microscopique	FP et FR	Animation
10	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FP et FR	Vidéo
11	Effets des pluies acides	FP et FR	Diaporama
12	Evaporation de l'eau	FP et FR	Diaporama
13	Exemple de couple acide/base : HCO ₃ ⁻ /CO ₃ ²⁻	FP et FR	Animation
14	Exemple de couple acide/base : NH ₄ ⁺ /NH ₃	FP et FR	Animation
15	Exemples d'acides	FC	Diaporama
16	Exemples de bases	FC	Diaporama
17	Exemples de couples : NH ₄ ⁺ /NH ₃ et H ₂ O/HO ⁻	FC	Animation
18	Exemples de couples acide/base	FP et FR	Diaporama
19	HCl acide de Brønsted	FP et FR	Animation
20	H ₂ O amphotère	FP et FR	Animation
21	HCl et H ₃ O ⁺ acides de Brønsted	FP et FR	Diaporama
22	NaOH base de Brønsted	FP et FR	Animation
23	NH ₃ base de Brønsted	FP et FR	Animation
24	Notation générale des demi-équations	FC	Animation
25	pH de la solution d'ammoniac	FP et FR	Animation
26	pH des solutions acides	FC	Tableau/Schéma
27	pH des solutions basiques	FC	Tableau/Diaporama
28	pH du vinaigre	FP et FR	Animation
29	Pollution de l'air	FP et FR	Diaporama
30	Quantité d'ions dans différentes bases	FC	Vidéo
31	Réaction acide/magnésium	FP et FR	Vidéo
32	Réaction acide/zinc	FP et FR	Vidéo
33	Respiration	FC	Diaporama
34	Vinaigre et soude	FP et FR	Vidéo

II.3.5. Structuration des hyperfilms

La structure du cours "réactions acido-basiques" du manuel de l'élève a été utilisée pour structurer de façon arborescente les hyperfilms. Trois thèmes émergent : *Acides*, *Bases* et *Couples acide/base*. Chacun constitue une partie des hyperfilms contenant entre 6 et 18

films. Les parties sont subdivisées afin que dans chaque sous-partie contenant entre 1 et 11 films. Dans certains cas, une autre subdivision était nécessaire, présentée dans une page appelée *multi-choix*, avec 1 à 4 films (voir le tableau 2.5). Ce nombre volontairement limité est lié à l'utilisation commode des hyperfilms.

Parties	Sous parties	Multi choix
Acides (18 films)	Acides au sens de Bronsted (2 films)	
	Acides hors du laboratoire (5 films)	acides faisant partie de notre environnement (1 film) acidité de la pluie (4 films)
	Propriétés des acides (11 films)	conduction électrique (1 film)
		danger (1 film)
		libération d'un ion H ⁺ (3 films)
	pH (3 films) réaction avec certains métaux (2 films) réaction avec les bases (1 film)	
Bases (10 films)	Bases au sens de Bronsted (2 films)	
	Bases hors du laboratoire (1 film)	
	Propriétés des bases (7 films)	conduction électrique (1 film) danger (1 film)
		dissolution de certaines bases (1 film) pH (3 films) réaction avec les acides (1 film)
Couples acide/base (6 films)	Introduction au couple acide/base (1 film)	
	Définition du couple acide/base (2 films)	
	Forme conjuguée (1 film)	
	Amphotère (1 film)	
	Demi-équation (1 film)	

Tableau 2.5 – Structuration des hyperfilms

II.3.6. Création des liens au sein des hyperfilms

Deux types de liens, permettant la navigation d'un film à l'autre, ont été créés.

- 1^{re} type – *lien de structure* : Il permet de naviguer dans la structure arborescente des hyperfilms. Il est illustré par un bouton, en haut à gauche de l'écran, qui permet de passer d'une partie des hyperfilms à une autre, ou entre films appartenant à une même partie.

- 2^{re} type – *lien conceptuel* : Il articule un film par l'intermédiaire des concepts

communs à plusieurs films. Activer un tel lien, correspondant à l'un des concepts présents dans un film qui vient d'être vu, conduit à un menu qui permet à l'utilisateur de sélectionner un film parmi ceux qui mettent aussi en jeu ce concept.

II.3.6.1. Détermination des liens conceptuels – sur un exemple

Dans le texte perceptible du film *Acide corrosif*, nous avons trouvé 3 concepts. Ils sont représentés ci-dessous en gras.

Tableau 2.6 – Texte perceptible du film *Acide corrosif*

Les **acides** sont **corrosifs**, comme le montre cette expérience. Quelques gouttes d'**acide sulfurique** sont déposées sur un papier. Immédiatement il noircit et l'acide transperce le papier. Ce signe indique qu'un liquide est corrosif. On doit respecter certaines consignes comme le port de gants de protection. Les acides commerciaux sont tous très corrosifs.

L'analyse de 60 textes de films (26 perceptibles + 26 reconstruits + 8 communs) a fait émerger 108 concepts. Le tableau 2.7 en donne quelques exemples. Chaque concept a été numéroté pour en faciliter la détermination des liens conceptuels.

Tableau 2.7 – Exemples de concepts trouvés dans les textes des films

Concepts mis en jeu dans les textes des films					
1	acide	37	corrosif	81	liaison chimique
13	amphotère	38	couple acide/base	84	molécule
14	anion	40	déshydratation	85	neutre
16	atome	48	dissolution	86	oxydation
20	base	53	électron	91	pH
26	cellulose	55	espèce chimique	94	réactif
27	charge (+/-)	58	forme acide	95	réaction chimique
31	concentration	60	homogène	100	solution
34	conductance	66	indicateur coloré	102	système chimique
36	conjugué	68	ion	104	tension

Ces 108 concepts et 34 films ont été mis dans un tableau pour savoir quels concepts se situent au moins dans deux films (en gras ci-dessous). Un extrait de détermination de concepts communs dans les films est donné ci-dessous.

Nous avons déterminé 56 concepts présents dans deux films au moins. Par exemple, 7 concepts du film *Acide corrosif* permettent de relier ce film à d'autres : 3 du texte perceptible et 6 du texte reconstruit, dont 2 concepts sont identiques. Ces 7 concepts ont donc permis autant de *liens conceptuels* (voir le tableau 2.9).

Tableau 2.9 – Liste des concepts du film *Acide corrosif* (en gras ceux qui permettent des liens)

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

Film <i>Acide corrosif</i>	
Texte perceptible	Texte reconstruit
acide	acide
corrosif	corrosif
acide sulfurique	
	concentré
	espèce chimique
	ion H ⁺
	réaction chimique
	cellulose
	déshydratation

L'union des listes de liens conceptuels de chaque film est utilisée pour chaque hyperfilm afin de leur assurer une structure commune. Ainsi, les deux hyperfilms ont les mêmes pages et les mêmes liens (structures et conceptuels) ; seuls les films ayant deux versions différentes.

La détermination des liens conceptuels et la totalité de ces liens mentionnés dans les pages des hyperfilms sont présentées dans les annexes (voir les annexes I.5 et I.6). Le tableau suivant donne la liste des 15 films contenant le concept d'acide.

Tableau 2.10 – Films se reliant par le concept d'acide dans chaque hyperfilm

Concept d'acide	
Acide corrosif	Exemples d'acides
Ammoniac et chlorure d'hydrogène	HCl acide de Brønsted
Dissociation – équation	HCl et H ₃ O ⁺ acides de Brønsted
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	pH des solutions acides
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	pH du vinaigre
Effets des pluies acides	Réaction acide/zinc
Exemple de couple acide/base : HCO ₃ ⁻ /CO ₃ ²⁻	Vinaigre et soude
Exemple de couple acide/base : NH ₄ ⁺ /NH ₃	

II.3.7. Description des pages et des boutons des hyperfilms

II.3.7.1. Pages des hyperfilms

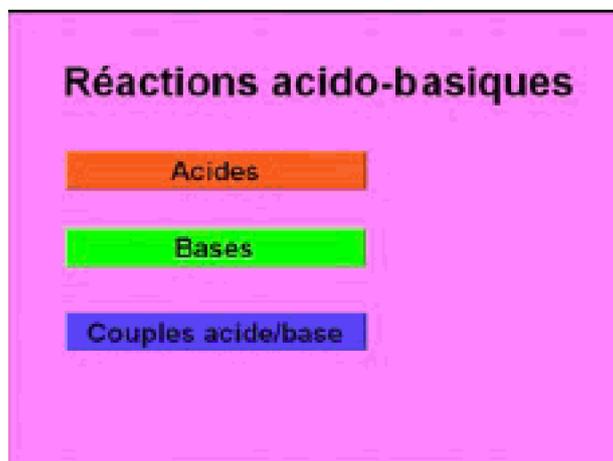
Chaque hyperfilm contient 118 pages qui ont 3 fonctions : 28 pages de « structure », 34 pages de « film » et 56 pages de « Menu de films ». Elles sont décrites ci-dessous.

II.3.7.1.1. PAGE DE « STRUCTURE » DES HYPERFILMS

Ce sont les pages d'accueil, de partie, de sous-partie et de multi-choix des hyperfilms.

- Page d'accueil

C'est la première page des hyperfilms. Elle contient trois liens vers les trois parties des hyperfilms : la partie « Acides », la partie « Bases » et la partie « Couples acide/base ». Les couleurs des boutons servant de lien sont réutilisées dans la suite des hyperfilms. Pour aller dans une des parties, il suffit de cliquer sur un bouton.



- Page de partie

Les pages de partie contiennent les liens vers les sous-parties des hyperfilms. La partie « Acides » à l'écran consiste en trois sous-parties : « Acides au sens de Brønsted », « Acides hors du laboratoire » et « Propriétés des acides ». Chacune de ces sous-parties est accessible par un lien représenté par un bouton ayant la couleur rouge. Le bouton « Menu » en haut à gauche de l'écran permet de revenir à la page d'accueil. Pour aller dans une des sous-parties, il suffit de cliquer sur un bouton rouge. On ne peut pas ouvrir en même temps deux menus « sous-partie ». Il faut fermer d'abord le premier pour en ouvrir un autre.



- Page de sous-partie

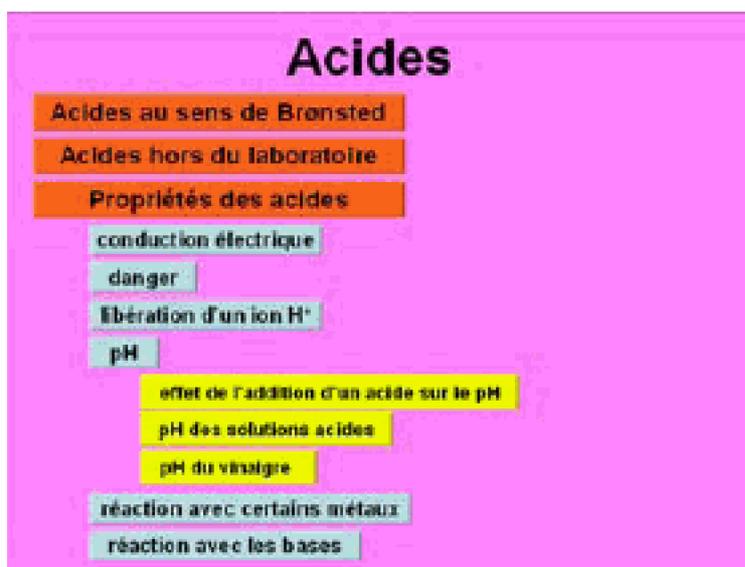
Les pages de sous-partie contiennent les liens vers les multi-choix des hyperfilms. La

sous-partie « Propriétés des acides » à l'écran est subdivisée en six multi-choix : « conduction électrique », « danger », « libération d'un ion H^+ », « pH », etc. Tous les multi-choix des hyperfilms sont des boutons bleu ciel. On ne peut pas ouvrir en même temps deux menus « multi-choix ».



- Page de multi-choix

Les pages de multi-choix contiennent les liens vers les films des hyperfilms. Le multi-choix « pH » à l'écran implique les noms de trois films représentés par les boutons jaunes : « effet de l'addition d'un acide sur le pH », « pH des solutions acides » et « pH du vinaigre ». Tous les boutons permettant d'activer des liens vers des films ont les mêmes couleurs jaunes. Pour aller dans une page de « film », il suffit cliquer sur un bouton jaune.



II.3.7.1.2. PAGE DE « FILM » DES HYPERFILMS

La page ci-contre est appelée page de « film ». La page du film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH* dans l'exemple ci-contre contient 3 types de boutons : le bouton « Menu » en haut à gauche de l'écran permet de passer à un autre film faisant partie du même multi-choix ; le bouton « film » au milieu de l'écran, représenté toujours dans les hyperfilms avec la couleur verte, permet de voir le film ; les boutons de « concepts associés » à droite de l'écran, représentés dans les hyperfilms avec la couleur orange, permettent de passer à une page de « Menu de films ». Les concepts représentés par les boutons orange sont présents dans ce film.



II.3.7.1.3. PAGE DE « MENU DE FILMS » DES HYPERFILMS

La page de « Menu de films » contient des liens vers tous les films qui mettent en jeu le même concept. Après avoir cliqué sur le bouton représentant le concept de « réaction chimique » qui est présent dans le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*, on arrive à cette page de « Menu de films ». Elle contient douze boutons jaunes représentant les noms de films. Dans chacun de ces films, le concept de réaction chimique est présent. Pour passer à une nouvelle page de « film », il suffit de cliquer sur un des ces boutons jaunes.



II.3.7.2. Boutons des hyperfilms

Lors de la construction des hyperfilms, nous avons créé trois types de boutons :

- les boutons correspondant aux liens de structure,
- les boutons correspondant aux liens conceptuels,
- les boutons correspondant à l'appel des films.

Nous donnons des exemples de boutons dans les tableaux suivants.

II.3.7.2.1. BOUTONS CORRESPONDANT AUX LIENS DE STRUCTURE

Acides	parties des hyperfilms	Tous ces boutons ci-contre sont appelés <i>liens de structure</i> . Ce cas nous a permis d'utiliser un seul nom au lieu de plusieurs dans les analyses de données pour faciliter la compréhension.
Bases		
Couples acide/base		
Propriétés des acides	sous-partie des hyperfilms	
pH	multi-choix des hyperfilms	
effet de l'addition d'un acide sur le pH	nom d'un film donné dans un multi-choix	
 	boutons de « Menu »	
Effets des pluies acides	nom d'un film donné dans une page de « Menu de films »	

II.3.7.2.2. BOUTONS CORRESPONDANT AUX LIENS CONCEPTUELS

acide	▶	Les boutons représentent les noms de concepts présents dans les pages de « film » sont appelés <i>liens conceptuels</i> . Les exemples ci-contre montrent trois liens conceptuels.
indicateur coloré	▶	
réaction chimique	▶	

II.3.7.2.3. BOUTON CORRESPONDANT À L'APPEL DE FILM

▶	Le bouton ci-contre qui est présent dans la page de « film » est appelé <i>bouton « film »</i> . Ce bouton est une fonction d'appeler le film que l'on souhaite regarder
---	--

Environ 600 boutons étaient disponibles.

II.3.8. Représentation des hyperfilms

Nous pouvons représenter nos hyperfilms d'une manière générale comme ci-dessous.

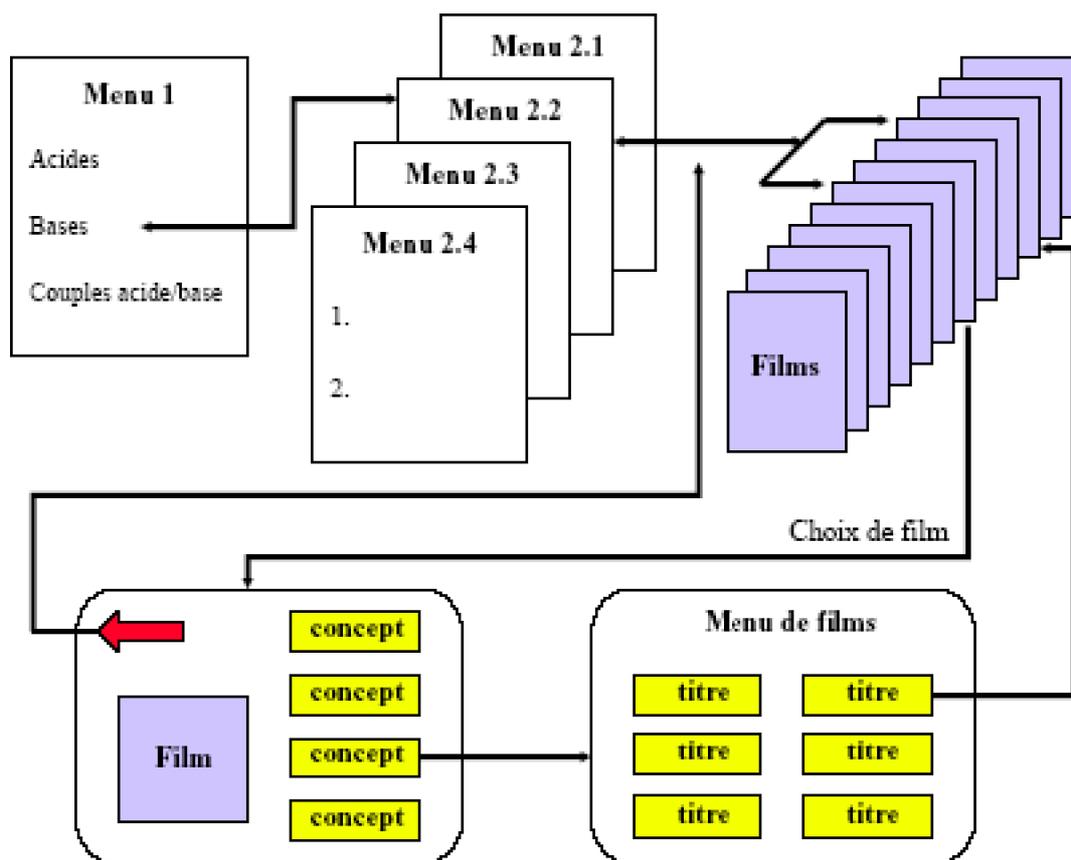


Figure 2.7 – Représentation des hyperfilms

II.4. Conclusion

Même si peu de travaux a été réalisé sur l'élaboration des films scientifiques (Robles, 1997 ; Quintana-Robles, 1997), leur utilisation pour l'enseignement constitue une aide pédagogique possible (Astolfi, 1989). Les films facilitent les apprentissages parce qu'ils possèdent une fonction psychologique de motivation et un pouvoir de conviction important en permettant de visualiser des phénomènes imperceptibles. Ils assurent également une meilleure mémorisation et compréhension des élèves (Duchastel et al., 1988 ; Peraya, 1993 ; Quintana-Robles, 1997). L'utilisation de films dans les travaux de recherche basés sur l'apprentissage de la science augmente de plus en plus (Goedhart et al., 1998 ; Laroche et al, 2003 ; Dhingra, 2003).

L'intérêt de la création des films pour notre travail est relatif à la recherche des réponses à de nombreuses questions de recherche. Ces questions de recherche ont été basées sur les différents aspects de l'activité d'élèves impliquant les hyperfilms : l'utilisation des hyperfilms par les élèves (chapitre III) ; les facteurs influant sur le choix d'un film par les élèves (chapitre IV) ; la nature des informations, présentes dans un film, utilisées par les élèves (chapitre V) ; le fonctionnement des élèves utilisant des films (chapitre VI). Ainsi, à partir de la création des films nous avons cherché à répondre à ces questions.

Chapitre III. Utilisation des hyperfilms

III.1. Introduction

Du point de vue didactique nous nous sommes intéressés à l'utilisation des hyperfilms par les élèves et aux relations que ces derniers établissent entre la tâche et l'hyperfilm. L'utilisation des hyperfilms par les élèves est relative à la recherche d'informations dans ces outils informatiques. Pour chercher une information, les élèves doivent naviguer dans les différentes pages des hyperfilms. Bien que la navigation soit un problème primordial au sein de la recherche sur les hypermédias, son étude par une démarche véritablement expérimentale est peu fréquente (Tricot, 1993b). En partant de ce constat, nous avons voulu mettre en évidence l'utilisation d'hyperfilms par les élèves. Pour établir des relations entre la tâche et l'hyperfilm les élèves doivent réaliser certaines actions. Nous considérerons que l'action de lecture de la tâche ou celle d'écriture d'une réponse est réalisée dans le lieu lié à la tâche, alors que l'action de regarder un film ou de naviguer dans l'hypermédia se déroule dans un autre lieu, celui de l'hyperfilm. Nous pensons que décrire les actions réalisées par l'élève dans ces deux lieux permet de comprendre son activité. Ainsi, donner un sens à ce que fait l'élève du point de vue didactique est relatif à la détermination de son objectif. Par exemple, quand il s'agit de répondre à une question, l'élève peut prendre la décision de regarder un film ou d'activer un lien. Les objectifs sont des éléments majeurs de la motivation (Lemos, 1996) lors de la réalisation d'une activité

qui requiert que soient effectuées des actions parmi lesquelles certaines mettent en jeu des connaissances impliquées dans l'apprentissage. Pour comprendre l'activité cognitive des élèves, nous nous sommes donc intéressés à leurs actions ; c'est l'objet de ce chapitre. Cela a nécessité d'adopter un point de vue théorique sur l'activité et sur l'action.

III.2. Cadre théorique

Le cadre théorique de ce chapitre a été basé sur des informations permettant de comprendre des problèmes liés à la navigation des élèves dans un système informatique donné (hypermédia, hypertexte) et de savoir comment les élèves recherchent des informations dans ce système.

III.2.1. Tâche, action, opération, activité

Les notions de *tâche*, *d'action*, *d'opération* et *d'activité* utilisés dans notre travail vont être définis en les articulant les unes avec les autres.

III.2.1.1. Tâche

La tâche indique ce qui est à faire (Leplat & Hoc, 1983). Elle véhicule l'idée de prescription. Elle est conçue par celui qui en commande l'exécution. Elle préexiste à l'activité qu'elle vise à orienter et à déterminer de façon plus ou moins complète. Tricot et Nanard (1998) considèrent que la représentation cognitive de la tâche (dans la tête de l'apprenant) a un rôle primordial dans sa planification et dans sa réalisation par l'apprenant.

III.2.1.2. Action

Dans le cadre de la psychologie cognitive, Richard (2002) envisage l'action sous un double aspect : "*Celui auquel on pense d'abord, c'est son déroulement : c'est l'exécution de l'action, son mode de réalisation. Cet aspect indique comment l'action s'exécute. L'autre aspect, c'est son résultat : l'état auquel elle aboutit (p.62)*". Von Wright (1971, cité par Baudouin & Friedrich, 2001) a résumé le caractère double de l'action : "*un événement en tant que système clos de comportement et une intervention intentionnelle*". La sémantique de l'action fournit les catégories sans lesquelles on ne peut donner à l'action son véritable sens d'action. Évoquer des actions, c'est évoquer nécessairement des intentions, des buts, des raisons d'agir, des motifs, des agents, des responsabilités. L'analyse des propriétés sémantiques de l'action permet d'objectiver le sens de l'action (Baudouin & Friedrich, 2001). Friedrich (2001) pense que chaque type d'action est situé dans un monde bien spécifique : d'une part celui des objets et des changements réels et d'autre part celui des significations et des interprétations partagées. Les actions qu'effectue le sujet lors de la réalisation de la tâche permettent de passer d'un sous-but n à un sous-but $n+1$ (Tricot & Nanard, 1998).

Selon Thévenot (1998), une action peut obéir à différents niveaux d'exigences de coordination :

- Elle peut nécessiter un accommodement local, reposant sur des repères perceptifs localisés et personnalisés, qui sont le fruit d'une familiarisation progressive avec cet environnement.
- L'action peut encore être téléologique, c'est-à-dire caractérisée par un but volontaire. Ce but peut être individuel ou collectif, ce qui amène à considérer l'action (collective ou individuelle) avant l'individu. Dans ce *régime* d'action dit *téléologique*, les acteurs se coordonnent en recherchant et en explicitant des buts à poursuivre (ou poursuivis) et les moyens matériels et conceptuels à utiliser pour les atteindre. Les objets ou les règles présents offrent des références communes qui permettent une certaine mise en forme partagée des situations.

III.2.1.3. Opération

Les actions ont des aspects opérationnels (Nardi, 1997). Elles concernent les aspects physiques de l'activité du sujet. Kuutti (1997) a expliqué la relation entre l'action et l'opération : "*Les actions consistent en chaînes d'opérations. Au début, chaque opération est une action consciente* (p.31)". Un bon exemple pour la relation action-opération est l'apprentissage de l'utilisation d'une boîte de vitesses lors de la conduite d'une voiture. Au commencement, chaque étape dans le processus (relâcher la pédale de gaz, appuyer sur la pédale d'embrayage, déplacer le levier de vitesse à une nouvelle position, libérer l'embrayage, donner plus de gaz encore) est une action consciente qui nécessite planification, organisation et décision. On a besoin de regarder le levier de vitesse pour le déplacer. Ces actions conscientes se transforment progressivement en opérations ; la planification et la prise de décision disparaissent peu à peu (Kuutti, 1997, p.31-33). Les relations entre les actions et opérations sont dynamiques. Les actions deviennent des opérations inconscientes et routinières par automatisation (Kaptelinin, 1997).

III.2.1.4. Activité

La théorie de l'activité, initialement développée au sein de l'école soviétique de psychologie des années 1930, en particulier grâce à L.S. Vygotski, relève maintenant de nombreuses disciplines (Nardi, 1997). A.N. Leont'ev et A.R. Luria ont développé ces idées et introduit le terme "activité" qui recouvre différentes formes de pratiques humaines, comme le processus de développement, avec les niveaux individuels et sociaux (Kuutti, 1997). Cette théorie est un outil puissant et flexible, utile à de nombreuses disciplines comme l'éducation, les sciences sociales, la recherche culturelle, l'anthropologie et la science du travail (Nardi, 1997).

"*L'activité réfère à l'ensemble des événements (gestes ; perceptions ; communications ; réflexions ; interprétations) imputables à un acteur. L'activité n'est pas à étudier isolément de l'environnement dans lequel elle s'effectue : elle s'accompagne d'interactions avec le monde environnant qu'il faut prendre en compte* (Veillard, 2000, p.40)". L'activité humaine ne peut être comprise en dehors des conditions contextuelles dans lesquelles elle se manifeste (Spasser, 1999). L'activité n'est pas réductible à des

entités statiques ou rigides ; elle change et se développe continûment. Ce développement est ni linéaire ni franc mais inégal et discontinu (Kuutti, 1997). Lorsque l'activité met en jeu des objets matériels, elle est en partie observable à partir des actions du sujet. Lorsqu'elle porte sur des représentations mentales on peut n'en percevoir que le résultat ultime (Séjourné, 2001). Une activité comporte toujours les artefacts (i.e., instruments, signes, procédures, machines, méthodes, lois, formes de l'organisation de travail) créés et transformés durant son développement (Kuutti, 1997). L'artefact (matériel ou symbolique) devient un instrument lorsqu'il est produit par le sujet comme moyen pour atteindre le but de son action. Les sujets n'instrumentent pas tous l'artefact de la même manière (Froger, 2003).

"Une activité est un effort cohérent et stable orienté vers un but ou un objet défini (Roschelle, 1998, p.243)". Leont'ev (1974, cité par Nardi, 1997, p.73), un des architectes de la théorie d'activité, a décrit une activité comme composée du *sujet*, de l'*objet*, des *actions* et des *opérations*. Le sujet est une personne, ou un groupe de personnes, engagé dans une activité. L'objet (dans le sens de "objectif") motive l'activité et oriente le sujet dans une direction spécifique. Les actions, conscientes, constituent le processus de but orienté qui doit être entrepris pour exécuter l'objet. Les différentes actions peuvent être entreprises dans un même but. L'activité s'articule donc autour : des *personnes* (sujets) qui réalisent l'activité, des *objets* qui motivent leur activité, des *outils* qu'ils utilisent, de la *communauté* à laquelle ils appartiennent, des *règles* qui dirigent leurs actions et de la *division du travail* au sein de l'activité (Engeström, 1987, cité par Roschelle, 1998).

III.2.1.5. Intérêt de la théorie d'activité pour notre travail

La théorie de l'activité nous permet de comprendre les actions et les opérations des élèves lors de l'utilisation de l'hyperfilm. Elle permet de distinguer actions opérations. La discussion sur une question posée (dans le lieu de tâche) ou le visionnement d'un film (dans le lieu de l'hyperfilm) sont à des actions, alors que le clic sur la souris de l'ordinateur est une opération. En revanche, répondre à une question est une activité qui nécessite l'articulation de certaines actions (chercher un film, le regarder, lire une question posée ou écrire sa réponse) et opérations. Nous pensons que lors de l'utilisation de l'hyperfilm des opérations vont s'automatiser et devenir inconscientes dès que l'élève se sera adapté au système. Il s'agira donc de la phase d'apprentissage de l'utilisation de l'hyperfilm.

III.2.2. Recherche d'informations

Tricot et Nanard (1998) ont décrit une démarche qui peut être effectuée par l'utilisateur lors de la réalisation de la tâche de recherche d'informations dans le domaine des hypermédias : *"Le sujet perçoit la tâche prescrite dans l'environnement et, en fonction de ses connaissances antérieures et de ses objectifs, il interprète cette tâche : il élabore une représentation du but à atteindre, des moyens qu'il devra mobiliser et de l'environnement – du système – dans lequel il va réaliser cette tâche. Cette représentation est le guide de la planification de son activité. Dès qu'une action a été exécutée, l'utilisateur voit le résultat (i.e., un changement d'état de l'environnement). L'interprétation de ce résultat à*

l'instant t va jouer un rôle de contrôle-régulation : maintien ou changement de la représentation de la tâche (i.e., de la représentation du but et/ou des moyens et/ou de l'environnement) (p.38)".

Rouet et Tricot (1998) ont mis en évidence trois caractéristiques essentielles de la recherche d'informations dans un hypertexte :

1) il s'agit d'abord d'une activité complexe qui fait largement appel aux connaissances individuelles et donc à la *mémoire* (mémoire de travail) ;

2) cette activité passe ensuite par le traitement d'informations, et fait donc appel à la *compréhension* ;

3) enfin la recherche d'informations implique l'exécution d'un certain nombre d'actions successives visant à transformer la situation de son état initial vers le but, et s'apparente donc à la *résolution de problèmes*.

Le langage fournit à l'élève des outils qui l'aident à résoudre les tâches et à planifier la solution d'un problème avant de passer à son exécution (Vygotski, 1997). La résolution de problème est envisagée comme étant étroitement associée à l'acquisition de connaissances (Billett, 1996). L'élève peut construire des connaissances sur le monde matériel à travers la communication langagière dont l'enjeu s'exprime par les rétroactions qu'exercent l'un sur l'autre les deux interlocuteurs pour s'assurer qu'ils ont compris (Brousseau, 1986).

Rouet et Tricot (1998) ont distingué trois processus de base de la recherche d'informations :

- l'*évaluation* : l'identification des informations qui manquent pour effectuer une tâche ;

- la *sélection* : la décision d'examiner une catégorie d'informations par opposition aux autres catégories disponibles ;

- le *traitement* : l'ensemble des processus qui se déroulent lorsque l'utilisateur examine une unité de contenu ou « page » du système d'informations.

Ces auteurs pensent qu'au cours de la recherche d'informations le sujet doit non seulement comprendre mais aussi évaluer la pertinence de l'information par rapport à son objectif. Le traitement réalisé dépend étroitement des buts que le sujet s'est construits lors de la phrase d'évaluation. Schnotz et Bannert (2003) ont mentionné que l'apprenant doit sélectionner l'information appropriée avant de s'engager dans une activité.

Beaufils (2003) a étudié les difficultés des élèves de lycée lors de la recherche documentaire sur Internet. Il a constaté la présence de certaines améliorations chez les élèves au cours des différentes étapes de l'activité : navigation plus productive, traitement des documents plus élaboré. Il a expliqué cette évolution perceptible en termes de motivation et d'adaptation des élèves au système informatique. Un autre travail de recherche a été réalisé par Giroux et al. (1987, cité par Rouet & Tricot, 1998). Ces auteurs ont réalisé une expérience pour étudier l'effet de l'organisation sémantique des menus sur la sélection. Ils ont montré que le temps de sélection est plus court lorsque le menu est organisé de façon sémantique. Rouet (1997) a indiqué que l'utilisation d'hypertextes

simples permet à des élèves, âgés de 11 à 14 ans, de réaliser efficacement des tâches de recherche d'informations en vue de répondre à des questions. Il a également souligné que les utilisateurs d'hypertexte peuvent utiliser les différentes stratégies efficaces lors de la recherche d'informations.

Dans notre travail, la recherche d'informations a lieu en cliquant sur les boutons de l'hyperfilm. Ces opérations permettent aux élèves de trouver un film et de le regarder. Les films contiennent des informations nécessaires pour répondre aux questions posées. Après avoir regardé un film approprié parmi une banque, les élèves doivent évaluer et sélectionner certaines informations pour répondre à une question. L'étape suivante est liée au traitement des informations sélectionnées en utilisant des connaissances déjà acquises pour réaliser cette activité. Les étapes d'évaluation, de sélection et de traitement des informations d'un film sont relatives à sa compréhension. Si la réalisation d'une activité nécessite de faire les aller et retour entre l'hyperfilm et la tâche, on relève des actions permettant d'échanger les informations entre les élèves, par exemple discuter sur la question posée ou sur le film vu. L'échange d'informations au moyen de la communication langagière permet aux élèves de résoudre le problème et de construire des connaissances (Vygotski, 1997).

III.2.3. Navigation des utilisateurs

Certains travaux de recherche ont mis en évidence la présence des problèmes de navigation ³ lors de l'utilisation d'un système informatique. Conklin (1987) a identifié les principaux problèmes liés à la navigation : la *désorientation* de l'utilisateur et la *surcharge cognitive*. En ce qui concerne la désorientation, cet auteur a expliqué que : "*être désorienté*" ou "*se perdre*" c'est ne plus savoir où l'on est, ou ne pas savoir comment accéder à un document existant. La désorientation de l'utilisateur résulte de l'organisation complexe des informations dans le système (Conklin, 1987, p.38). Pour Foss (1988, cité par Tricot, 1993b, p.22), être désorienté est aussi "*arriver à un endroit et ne plus savoir pourquoi on est là, oublier quelles sélections on a fait précédemment, ne pas être capable de se représenter une vue d'ensemble ou un résumé cohérent de ce que l'on vient de voir*". Lin (2003) a observé que le problème de désorientation dans l'hypertexte entraîne une difficulté sévère chez les utilisateurs âgés. Quant à la surcharge cognitive, elle est liée à l'absence de signification des liens proposés à l'utilisateur (Conklin, 1987, p.39). L'ajout de gadgets dans le système entraîne souvent une surcharge cognitive (Tricot, 1993b).

Tricot (1993b) a expliqué les principales dimensions du problème de navigation dans les hypermédias : *les objectifs du concepteur ; le champ traité ; le temps d'adaptation de l'utilisateur au système ; les connaissances et les capacités de traitement de l'utilisateur ; la structure et la logique du système*. De nombreuses études dans le domaine des hypermédias montrent qu'un des facteurs principaux de l'utilisabilité d'un système est la familiarisation avec le système, l'ordinateur et le sujet traité (Tricot, 1993b). Beaufils (2003) a souligné que la recherche documentaire sur Internet est une activité qui

³ déplacement de l'utilisateur à travers un réseau de lien (Séjourné, 2001)

demande certaines compétences que la plupart des élèves ne possèdent pas suffisamment. Les difficultés habituellement observées sont à la fois techniques et méthodologiques. Les premières sont liées à la maîtrise des environnements utilisés (ordinateur, logiciels, Web).

Quand on navigue dans un hypermédia, on doit à chaque étape prendre des décisions qui doivent s'accompagner d'un bon contrôle de l'activité et sa compréhension. Il n'est pas rare qu'un utilisateur se perde dans un hypermédia, par rapport à ses buts et à la façon de les atteindre. Rouet et Tricot (1995) considèrent que "*naviguer dans un système hypertexte, c'est avant tout se construire des buts, les maintenir, et s'orienter dans le système afin d'y faire des sélections appropriées* (p.326)". Une stratégie de navigation est mise en place par un sujet en fonction de sa problématique et du système (contenu et structure) (Tricot, 1993b).

Nous pensons que lors de l'utilisation de l'hyperfilm les élèves peuvent avoir certaines difficultés de navigation. Ce cas sera relatif au temps d'adaptation des élèves au système que les élèves utilisent pour la première fois. En revanche, les élèves connaissent déjà le sujet traité dans l'hyperfilm. Nous pensons que la simplicité de la structure d'un tel système et une connaissance préalable du sujet traité peuvent diminuer le temps d'adaptation des élèves.

III.3. Questions de recherche

La question principale est basée sur l'utilisation par les élèves des deux hyperfilms dont la construction est détaillée dans le chapitre précédent.

- Peut-on décrire, en termes d'actions et d'opérations relevées pendant la réalisation d'une tâche, une différence d'activité suivant que les élèves utilisent un hyperfilm perceptible ou reconstruit ?

Des questions secondaires se posent également :

- Constate-t-on une désorientation des élèves dans l'hyperfilm lors de la navigation ?
- Comment les élèves établissent-ils des relations entre la tâche et l'hyperfilm ?

Répondre à ces questions permet d'observer les passages effectués par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm et de savoir quelles actions motivent ces passages. Nous pourrons ainsi comprendre pourquoi les élèves changent le lieu (lieu de la tâche ou de l'hyperfilm).

III.4. Méthodologie

Nous présentons ci-dessous la méthodologie de ce travail basée sur la méthode de prise de données et sur la méthode d'analyse.

III.4.1. Méthode de prise de données

La situation expérimentale que nous avons construite a consisté à donner une tâche à des élèves, en relation avec un hyperfilm.

III.4.1.1. Situation

Quatre élèves de Première scientifique (17 ans) ont été confronté par binôme à nos hyperfilms. Deux ont travaillé avec l'hyperfilm perceptible et les deux autres avec l'hyperfilm reconstruit. Une série de questions les incitaient à regarder certains films pour en retirer des informations nécessaires à leurs réponses. Les binômes ont été filmés et leur productions écrites ramassées. À partir des enregistrements vidéos (chaque séance a duré entre 1h et 1h 15 min.), leurs dialogues ont été transcrits et leurs opérations ainsi que leurs actions avec l'ordinateur ont été identifiées.

La tâche proposée aux élèves consistait en cinq parties contenant chacune plusieurs questions (voir l'annexe II.2). Pour y répondre, les élèves devaient utiliser des informations verbales et/ou visuelles d'un ou plusieurs films. Ils devaient naviguer dans l'hyperfilm qui constituait donc une source d'informations. Nous avons donné à chaque binôme une feuille contenant la description de l'utilisation de l'hyperfilm que nous leur avons commentée de vive-voix (voir l'annexe II.1). Avant de répondre aux questions, les élèves devaient pouvoir naviguer dans les différents menus et arriver à une page de « film » en cliquant sur des liens de nature différente.

III.4.1.2. Présentation des transcriptions

Les transcriptions des dialogues d'élèves ont été présentées comme sur le tableau 3.1.

Tableau 3.1 – Grille de transcription

N° de l'intervention	Temps (min.)	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
1	00:00	A		
2		B		
...		...		
n		A		

Numéro de l'intervention : un numéro pour chaque changement de locuteur, de 1 à n.
Temps : en minutes, écoulé depuis le début de l'expérimentation. *Locuteur* : chaque locuteur a un nom. *Dialogue* : correspond à la production verbale du locuteur. *Action/Opération* : ce que fait le locuteur dans le lieu de tâche ("lire la question/action", "écrire une réponse/action" par exemple) ou dans le lieu d'hyperfilm ("cliquer sur le bouton/opération" ; "regarder le film/action" par exemple).

Les locuteurs sont repérés par les deux premières lettres d'un pseudonyme que nous leur avons donné :

- Elise (El) et Florence (Fl) ont travaillé avec l'hyperfilm reconstruit.
- Marie (Ma) et Barthélemy (Ba) ont travaillé avec l'hyperfilm perceptible.

De plus, nous avons mentionné dans les transcriptions les quelques interventions des chercheurs, Jean-François (Jf) et Bulent (Bu), qui se sont limitées à une aide pour l'utilisation de l'hyperfilm. Enfin, les lettres "Fi" correspondent au son du film dont la transcription permet de repérer avec quelle partie de tel film les élèves ont à en découdre (voir les annexes II.3 et II.4).

III.4.2. Méthode d'analyse

L'analyse des données a permis de comprendre d'une part comment les élèves utilisent les hyperfilms et d'autre part comment ils construisent les relations entre la tâche et l'hyperfilm. Elle a nécessité plusieurs grilles d'analyse qui vont être décrites successivement.

III.4.2.1. Méthode d'analyse sur l'utilisation des hyperfilms

Pour répondre à la série de questions basée sur l'utilisation des hyperfilms par les élèves, certaines grilles d'analyse ont été construites à partir des continuités de présence dans les pages des hyperfilms lors de la navigation. De plus, pour mettre en évidence la relation entre la lecture de la tâche et la page de l'hyperfilm lors de la navigation nous avons construit une autre grille d'analyse. Ces grilles d'analyse sont présentées à partir de certains exemples.

III.4.2.1.1. UTILISATION DES HYPERFILMS PAR LES ÉLÈVES

La relation entre les actions ou les opérations des élèves et leur utilisation de l'hyperfilm a requis l'établissement d'une première grille. A partir de la colonne « action/opération » des transcriptions, nous avons déterminé les pages de l'hyperfilm dans lesquelles les élèves étaient au moment de chaque intervention. La page de « structure » de l'hyperfilm est indiquée par le chiffre 1, la page de « film » par le chiffre 2 et la page de « Menu de films » par le chiffre 3. Nous avons également indiqué quand les élèves lisaient une question (ou consigne) par le chiffre 4 et quand ils écrivaient une réponse par le chiffre 5. Le numéro de l'intervention repère quand l'action ou l'opération est effectuée par les élèves comme l'indique l'exemple de la transcription du binôme d'élèves Elise et Florence (tableau 3.2).

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

N°	Activité/Opération	Page de l'écrit	Page de la vidéo	Page de « Menu de films »	Lettrage de la tâche	Évaluation de la réponse
3	Lire la consigne de la partie I	1			4	
4	Cliquer sur le bouton rouge « Acides »	1				
5-47		1				
48	Cliquer sur le bouton jaune « dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	1	2			
49			2			
50	Cliquer sur le bouton « Film » vert		2			
51	(le film « Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H »)		2			
52-57			2			
58	Fermer la fenêtre de film		2			
59	Lire la question 1 de la partie I		2		4	
60-74			2			
75	Ecrire la réponse à la question 1 de la partie I		2			5
76			2			
77	Écrire la réponse à la question 1 de la partie I		2			5

Tableau 3.2 – Exemple pour la grille d'analyse dans le cas des élèves Elise et Florence

78-80		2			
81	Ecrire la réponse à la question 1 de la partie I	2			5
82-84		2			
85	Lire la question 2 de la partie I	2			4
86-101		2			
102	Cliquer sur le bouton « ion équilibre CH ₃ CO ₂ » (Clavier)	2			
			3		
103-107			3		

en vertu de la loi du droit d'auteur.

Les analyses de l'utilisation des hyperfilms par les deux binômes sont données dans les annexes (voir l'annexe II.5).

III.4.2.1.2. CONTINUITÉ DE PRÉSENCE

Pour mieux représenter l'utilisation des hyperfilms par les élèves, nous avons construit une grille d'analyse qui va mettre en évidence la continuité de présence dans les différents types de pages des hyperfilms lors de la navigation. Ces informations permettent de déterminer si les élèves s'attardent dans un type de page ou si, au contraire, la navigation est « nerveuse ».

III.4.2.1.2.1. Page de « structure » et page de « Menu de films »

Pour ces deux types de pages, la grille d'analyse est identique et l'exemple d'Elise et de Florence (tableau 3.3) permet d'en comprendre le principe.

Tableau 3.3 – Exemple pour la grille de continuité de présence dans la page de « structure » (cas d'Elise et de Florence)

Plage d'interventions	Nombre d'interventions	Partie de la tâche
1 – 48	48	consigne / partie I
255 – 256	2	Q3 / partie I
382 – 400	19	Q4 / partie I
885 – 905	21	consigne / partie III
1016 – 1020	5	Q / partie IV

Les analyses concernant la continuité de présence dans les pages de « structure » et de « Menu de films » des hyperfilms lors de la navigation sont données dans les annexes (voir les annexes II.6 et II.7).

III.4.2.1.2.2. Page de « film »

Pour tracer l'utilisation des pages de « film », il est apparu utile d'avoir quelques informations supplémentaires sur les films par rapport à la grille équivalente ci-dessus. La nature perceptible ou reconstruite des films en jeu, au centre de notre étude est indiquée dans la 4^e colonne (tableau 3.4). Un exemple avec Marie et Barthélemy permet d'illustrer une telle analyse.

Plage d'interventions	Nombre d'interventions	Le film regardé par les élèves	Type de film	Partie de la tâche
15 – 22	8			
23 – 26	4			
33 – 36	4			
39 – 65	27	Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	FP	c / pI
		Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ Li	FP	q1 / pI
67 – 69	3			
74 – 75	2			
78 – 103	26			
107 – 137	31	Notation générale des demi équations	FC	q2 / pI
139	1			

Tableau 3.4 – Exemple de la grille d'analyse dans le cas de Marie et de Barthélemy

FP – film perceptible ; FR – film reconstruit ; FC – film pour lequel il n'existe qu'un seul texte ; c – consigne ; q – question ; p – partie de la tâche.

Les analyses concernant la continuité de présence dans les pages de « film » des hyperfilms lors de la navigation sont données dans les annexes (voir l'annexe II.8).

III.4.2.1.3. PASSAGES DE LA PAGE DE « STRUCTURE » À LA PAGE DE « MENU DE FILMS »

Les passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » renseignent sur la question de la désorientation dans l'hyperfilm. La grille d'analyse présentée ci-dessous avec l'exemple de Marie et de Barthélemy est appropriée (tableau 3.5).

- La première colonne montre la plage d'interventions correspondant à la continuité de présence dans la page de l'hyperfilm.

- Les trois colonnes suivantes représentent les pages de l'hyperfilm dans lesquelles les élèves résident pendant ces interventions. Comme précédemment des chiffres repèrent le type de page : 1 pour la page de « structure », 2 pour la page de « film » et 3 pour la page de « Menu de films ».

- La cinquième colonne indique la nature du passage. La structure de l'hyperfilm impose le passage de la page de « structure » (1) à la page de « Menu de films » (3), ou le contraire, par l'intermédiaire de la page de « film » (2), d'où les deux passages possibles :

1 → 3 : de la page de « structure » à la page de « Menu de films »

3 → 1 : de la page de « Menu de films » à la page de « structure »

- La sixième colonne a été divisée en deux. La première division représente le nombre d'interventions correspondant au passage 1 → 3, la seconde le passage 3 → 1.

- La septième colonne indique si le passage est rapide (R) ou lent (L). Ce dernier correspond à une discussion avec un contenu significatif. Nous avons constaté qu'un passage rapide ne dépasse jamais 14 interventions. La première division de cette colonne caractérise le passage 1 → 3, la seconde le passage 3 → 1.

Plage d'interventions	Page de « structure »	Page de « film »	Page de « Menu de films »	Nature du passage	Nombre d'interventions	Type de passage
<i>394 – 393</i> <i>392 – 377</i>	1	2		1 → 3	186	L
<i>377 – 379</i>			3			
<i>379 – 605</i> <i>606 – 607</i>	1	2		3 → 1	28	L
<i>607 – 612</i>		2		1 → 3	6	R
<i>612</i> <i>613 – 625</i>		2	3			
<i>625</i>			3			
<i>626 – 639</i>		2				
<i>640 – 641</i>			3			
<i>641 – 659</i> <i>659 – 681</i>	1	2		3 → 1	19	L
<i>681</i>		2		1 → 3	1	R
<i>681 – 683</i>			3			

Tableau 3.5 – Exemple de grille décrivant le passage rapide (R) ou lent (L) de la page de « structure » à la page de « Menu de films » dans le cas de Marie et de Barthélemy

Les numéros d'intervention en gras-italique concernent les passages. Ils permettent de calculer le nombre d'intervention correspondant à un passage. Par exemple, pour le premier passage 1 → 3 du tableau le nombre d'intervention a été trouvé 186 = (577 – 392) + 1.

III.4.2.1.3.1. De la transcription à la caractérisation d'un passage 3→1 rapide

L'extrait de transcription ci-dessous illustre un passage que l'analyse révèle être rapide.

N° de l'intervention	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
<i>693</i>	Ma		clique sur le bouton jaune « Exemples d'acides » (Menu de films)
		ou va regarder les exemples d'acides / les exemples de bases après	clique sur le bouton « film » vert
<i>694</i> <i>695</i>	Fi Ha	de nombreux acides tu vois (?)	(le film « Exemples d'acides » montre le citron (film))
<i>696</i> <i>697</i>	Fi Ba	sont présents dans notre environnement. Les détartrants contiennent souvent de l'acide chlorhydrique ou j'en ai	ils regardent le film « Exemples d'acides » montre un détartrant (film)

Tableau 3.6 – Extrait de transcription du binôme d'élèves Marie et Barthélemy

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

698	Fi	de l'acide phosphorique concentré / les oranges et les citrons sont acides parce qu'ils contiennent de l'acide citrique / le vinaigre contient de l'acide éthanoïque encore appelé acide acétique / ainsi en italien / vinaigre se dit acetico / le raisin et le vin contiennent de l'acide tartrique / les boissons gazeuses sont acides parce qu'elles contiennent du dioxyde de carbone dont la solution est parfois appelée acide carbonique / le suc gastrique contient de l'acide chlorhydrique / grâce à cet acide l'estomac accomplit ses fonctions digestives / les acides sont bien présents dans notre environnement –	(film)
699	Mn		ferme la fenêtre du film
700	Ba	elle est basique / en met quoi (?)	parle de la boisson
701	Mn	moi / en sais rien du tout	
702	Ba	« à discuter »	
703	Mn		rire
704	Ba	(maud.)	rire
705	Mn	non	clique sur le bouton « Menu »
706	Ba	indicateur coloré inconnu	regarde la question de la partie IV

La représentation de l'extrait de transcription en termes d'opérations et de passage est donnée ci-dessous.

N° Intervention	Opération	Page de « structure »	Page de « film »	Page de « Menu de films »
693	Cliquer sur le bouton jaune « Exemples d'acides » (Menu de films)			1
694	Cliquer sur le bouton « film » vert (le film « Exemples d'acides »)		2	
695			2	
696			2	
697			2	
698			2	
699	Fermer la fenêtre du film		2	
700			2	
701			2	
702			2	
703			2	
704			2	
705	Cliquer sur le bouton « Menu »		2	
706		1		

Tableau 3.7 – Représentation de l'extrait de transcription du binôme d'élèves Marie et Barthélemy

Entre les interventions 693 et 706, le contenu de la discussion entre des élèves est faible, le passage 3 → 1 est dit rapide.

III.4.2.1.3.2. De la transcription à la caractérisation d'un passage 1→3 lent

Le passage 1 → 3 ci-dessous a été nécessité par 16 interventions et s'est révélé lent car la discussion possède un contenu. C'est le plus court passage lent détecté.

N° de l'intervention	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
207	Ma	vinaigre et soude	lit le nom du bouton jaune
		ben si ça se trouve c'était une base là :	clique sur le bouton jaune « vinaigre et soude »
208	Ba	de quoi (?)	
209	Ma	le : / l'éthanoate de sodium	clique sur le bouton « film » vert
210	Ba	hm	
211	Fi	il s'agit de suivre l'évolution de l'acidité d'une solution basique dans laquelle on ajoute du vinaigre	ils regardent le film « Vinaigre et soude »
212	Ba	l'éthanoate (?)	
213	Fi	le montage expérimental	(film)
214	Ma	mais on n'a pas ajouté du vinaigre ils ont ajouté de...	parle de la question 4 et du film
215	Fi	est constitué d'un bécber contenant une solution basique dans laquelle trempe une électrode	(film)
216	Ba	non mais c'est bien	parle du film
217	Fi	de pH relié à un	(film) arrête le film
218	Ma	parce qu'ils ont ajouté du vinaigre / ils ont pas ajouté euh	parle du film et de la question 4
219	Ba	hm	
220	Ma		ferme la fenêtre du film
		acide / acidité	lit les noms des boutons sur l'écran (Concepts associés)
221	Ba	acide chlorhydrique	cherche le concept « acide chlorhydrique » sur l'écran
222	Ma	électrode / réaction chimique / solution	lit les noms des boutons sur l'écran (Concepts associés)
		vra-y	clique sur le bouton « acide » (Concept associé)
		+	

Tableau 3.8 – Extrait de la transcription du binôme d'élèves Marie et Barthélemy

La représentation de l'extrait de transcription en termes d'opérations et de passage est donnée ci-dessous.

N° Intervention	Opération	Page de « structure »	Page de « film »	Page de « Menu de films »
207	Cliquer sur le bouton jaune « vinaigre et soude »	1		
208			2	
209	Cliquer sur le bouton « film » vert		2	
210	(le film « Vinaigre et soude »)		2	
211			2	
212			2	
213			2	
214			2	
215			2	
216			2	
217			2	
218			2	
219			2	
220	Fermer la fenêtre du film.		2	
221			2	
222	Cliquer sur le bouton « acide » (Concept associé)		2	
				3

Tableau 3.9 – Extrait de transcription du binôme d'élèves Marie et Barthélemy

Les analyses concernant les passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » de l'hyperfilm lors de la navigation sont données dans les annexes (voir l'annexe II.9).

III.4.2.1.4. LECTURE DE LA TÂCHE LORS DE LA NAVIGATION

Nous avons cherché à caractériser la relation entre la lecture de la tâche et la navigation avec l'hyperfilm. Nous avons retenu un tableau en trois colonnes. La première donne le numéro de l'intervention correspondant à la lecture de la tâche (on note que la lecture se fait toujours avec une unique intervention), la seconde donne le numéro de la question lue et la troisième indique la page de l'hyperfilm présente à l'écran lors de la lecture. Un exemple est donné ci-dessous avec Elise et Florence.

Tableau 3.10 – Relation entre la lecture d'une question et le type de pages à l'écran (cas d'Elise et de Florence)

N° intervention	Lecture de la tâche	Page de l'hyperfilm
3	consigne / partie I	page de « structure »
59	Q1 / partie I	page de « film »
85	Q2 / partie I	page de « film »
149	Q3 / partie I	page de « film »
285	Q4 / partie I	page de « film »
618	consigne / partie II	page de « Menu de films »
631	Q1 / partie II	page de « film »
1055	consigne / partie V	page de « structure »
1145	Q / partie IV	page de « film »

Un tel tableau permet, par exemple, de dégager l'idée que les élèves vont lire une

nouvelle question alors qu'il venait de regarder un film. Les analyses concernant la lecture de la tâche par deux binômes d'élèves sont données dans les annexes (voir l'annexe II.10).

III.4.2.2. Méthode d'analyse sur les relations établies par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm

Pour répondre à la question "*comment les élèves établissent les relations entre la tâche et l'hyperfilm ?*", nous avons découpé les transcriptions des élèves aux niveaux d'épisodes, d'étapes et d'actions. Le découpage des transcriptions est précisé ci-dessous à partir d'un exemple. Pour montrer le lieu où l'élève réalise son action, nous avons pris en compte deux lieux possibles : celui de tâche et celui d'hyperfilm. Dans chacun d'eux, les actions des élèves apparaissent dans notre grille d'analyse. Les passages de la tâche à l'hyperfilm, ou le contraire, ont été déterminés également à partir d'une autre grille d'analyse.

III.4.2.2.1. NIVEAUX DE DÉCOUPAGE DES TRANSCRIPTIONS

Le découpage des transcriptions est indispensable pour approfondir la compréhension des relations entre la tâche et l'hyperfilm puisque le niveau le plus fin peut servir d'unité de compte pour appuyer ou infirmer une hypothèse. Nous considérons un découpage a priori, imposé par la tâche dont les subdivisions, au premier niveau, en partie correspondent à ce que nous allons appeler des épisodes de la transcription. Au second niveau, la tâche propose des consignes « regarder tel film » ou des questions. A ce second niveau correspond des étapes de la transcription.

Un découpage plus fin ne peut être réalisé qu'a posteriori, à partir des enregistrements des élèves. L'unité d'un troisième niveau de subdivision sera pour nous les actions des élèves, par exemple : "lire la consigne", "chercher le film prescrit", "regarder le film prescrit". Une étape est donc constituée de plusieurs phases d'actions successives qui possèdent quelques caractéristiques.

- *Durée de réalisation de l'action* : Certaines actions se réalisent dans une courte durée (par ex. la lecture de la question), d'autre non (par ex. la discussion sur la question).

- *Contenu de l'action* : Certaines actions mettent en jeu des connaissances pertinentes pour l'apprentissage. Pendant la discussion soit sur un film regardé soit sur une question posée, on peut constater l'échange d'informations entre les élèves. Cet échange d'informations peut traiter de la description du système chimique donné dans la question ou dans le film, aux niveaux perceptibles ou reconstruits. Il peut aussi traiter de l'interprétation, à partir des connaissances déjà acquises, d'informations verbales et/ou visuelles contenues dans un film. Dans notre travail, l'élève peut réaliser son action pour arriver à son but (répondre à la question posée) à partir du moyen (hyperfilm) présent dans le milieu didactique.

Comme l'a souligné Buty (2000), le découpage d'une transcription en épisodes, étapes et actions permet une analyse fine du fonctionnement de l'élève à propos d'une

tâche donnée.

III.4.2.2.2. DÉCOUPAGE DES TRANSCRIPTIONS

Le tableau 3.11 illustre la méthode d'analyse utilisée pour un découpage des transcriptions qui permet de comprendre les activités cognitives des élèves utilisant les hyperfilms. Cet exemple concerne la question 3 de la partie I de la tâche. Pour répondre à la question « *que peut-on dire du pH de la solution obtenue ? et pourquoi ?* », Marie et Barthélemy ont réalisé certaines actions présentées dans le tableau. Pour voir tous les découpages des transcriptions, voir l'annexe II.11.

Tableau 3.11 – Exemple de découpage de la transcription des élèves Marie et Barthélemy correspondant à la question 3 de la partie I de la tâche

Episode	Etape	N° Intervention	Description de l'étape en termes d'actions
Partie I	Question 3	136	lire la question
		137-139	chercher un film
		140	relire la question
		140-144	discuter sur le contenu de la solution (éthanoate de sodium + eau)
		145	chercher un film
		146-164	regarder le film « Effet de l'addition d'un acide sur le pH »
		165-170	discuter sur la grandeur théorique de l'acide (le pH de l'acide est plus petit que 7)
		171-176	écrire une réponse
		177-178	lire la réponse

III.4.2.2.3. RELATIONS ÉTABLIES PAR LES ÉLÈVES ENTRE LA TÂCHE ET L'HYPERFILM

Nous nous sommes intéressés aux relations établies par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm. Pour cela, il a fallu déterminer les actions des élèves à l'intérieur de chaque étape de la tâche et trouver les lieux (tâche ou hyperfilm) dans lesquels ces actions ont été effectuées. Ces analyses sont données dans les annexes (voir l'annexe II.12). L'exemple suivant provient d'une analyse de la transcription d'Elise et de Florence.

Tableau 3.12 – Exemple pour la grille d'analyse dans le cas du binôme d'élèves Elise et Florence

Episode/Etape	N° I	Tâche	Hyperfilm
Partie I/Question 3	149	lire la question	
	150-161	discuter sur la question	
	162-180		chercher un film
	181-205		regarder le film « Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H » (fnp)
	206	relire la question	

Elise et Florence commencent par lire la question 3 de la partie I qui traite du pH du système chimique. Elles discutent sur la propriété reconstruite de l'eau (basique, neutre ou ampholyte) et terminent par l'utilisation des connaissances déjà acquises : « l'eau est neutre ». La construction de la relation entre la grandeur théorique du système chimique (pH) et la propriété de l'eau (neutre) ne permet pas de répondre à la question « *que peut-on dire du pH de la solution obtenue ? et pourquoi ?* ». Elles ressentent le besoin d'avoir de nouvelles informations qu'elles cherchent dans l'hyperfilm. Elles passent alors de la tâche à l'hyperfilm. Suite à la recherche d'un film, elles choisissent de regarder « Dissociation de HCl et CH₃CO₂H ». Le facteur influant sur le choix de ce film est expliqué dans le chapitre suivant de la thèse (choix d'un film). Après avoir regardé le film, elles reviennent à la tâche en relisant la question.

III.4.2.2.3.1. Passages de la tâche à l'hyperfilm

La grille d'analyse concernant les passages de la tâche à l'hyperfilm est présentée ci-dessous.

Tableau 3.13 – Grille d'analyse concernant les passages de la tâche à l'hyperfilm

Episode/Étape	Type intervention	Tâche	Hyperfilm				
			<i>film prescrit</i>		<i>film non prescrit</i>		
			chercher	regarder	chercher	regarder	discuter

Les subdivisions de la colonne « hyperfilm » correspondent aux différentes actions effectuées par les élèves : chercher le film prescrit ou non prescrit ; regarder le film prescrit ou non prescrit ; discuter sur le film qui vient d'être vu.

Le passage de la tâche à l'hyperfilm se repère quand les élèves :

- cliquent sur le bouton de l'hyperfilm (pour chercher un film) ;
- cliquent sur le bouton « film » ou sur le bouton étant sur la fenêtre de film si le film est déjà présent sur l'écran de l'ordinateur (pour regarder un film) ;
- discutent sur les informations du film en regardant ou éventuellement en montrant l'écran.

Ainsi, certaines opérations réalisées par les élèves nous ont permis d'observer le changement de lieu.

Dans le cas des films regardés par les élèves, nous avons utilisé deux types de catégorisations : *film prescrit* et *film non prescrit*.

- Si le film est proposé par la consigne aux élèves de le regarder, nous l'acceptons comme « film prescrit ».

- Si l'un film regardé par les élèves n'est pas proposé par la consigne, nous le considérons comme « film non prescrit ». De plus, nous avons considéré comme « film non prescrit », un film prescrit regardé au moins deux fois. En effet le deuxième passage d'un film prescrit ne provient pas de la « consigne » mais d'autres facteurs comme

« non-mémorisation », etc. Les facteurs influant sur le choix d'un film seront étudiés dans le chapitre suivant.

III.4.2.2.3.2. Passages de l'hyperfilm à la tâche

La grille d'analyse concernant les passages de l'hyperfilm à la tâche est présentée ci-dessous.

Episode/ Etape	N° intervention	Hyperfilm					Tâche
		film présent		film non présent			
		chercher	regarder	chercher	regarder	discontinuer	

Tableau 3.14 – Grille d'analyse concernant les passages de l'hyperfilm à la tâche

Il s'agit de la même grille que précédemment, excepté les places des colonnes *Tâche* et *Hyperfilm*.

Les analyses concernant les passages entre la tâche et l'hyperfilm dans le cas des deux binômes d'élèves sont données dans les annexes (voir l'annexe II.13).

III.5. Résultats

A partir des grilles d'analyse présentées ci-dessus les résultats obtenus sur l'utilisation des hyperfilms et ceux sur les relations entre la tâche et l'hyperfilm sont donnés successivement. Une conclusion commune pour ces deux sujets permettra de refermer ce chapitre.

III.5.1. Résultats sur l'utilisation des hyperfilms

Les résultats concernant l'utilisation des hyperfilms par les élèves, la continuité de présence dans les pages de « film » des hyperfilms, les passages entre les pages des hyperfilms et la lecture de la tâche lors de la navigation sont présentés ci-dessous.

III.5.1.1. Résultat sur l'utilisation des hyperfilms par les élèves

Les diagrammes suivants (réalisés directement à partir des tableaux précédents au moyen d'un tableur) montrent comment les deux binômes utilisent les hyperfilms ainsi que la relation avec les actions de lecture de la tâche et d'écriture de la réponse. L'axe horizontal du diagramme correspond aux numéros d'interventions des transcriptions : 1183 pour Elise et Florence et 726 pour Marie et Barthélemy. Les diagrammes consistent en 5 lignes. La ligne numérotée **1** représente la page de « structure », la **2** la page de « film » et la **3** la page de « Menu de films ». Les points noirs sur ces lignes représentent la continuité de présence dans un type de page. La ligne numérotée **4** représente la lecture de la tâche et la **5** l'écriture de la réponse.

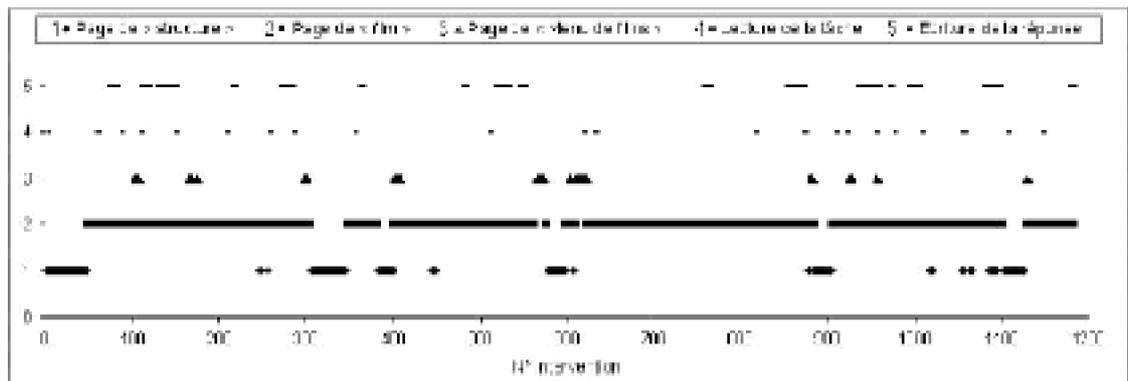


Diagramme 3.1 – Utilisation de l'hyperfilm reconstruit par Elise et Florence

En raison d'un malencontreux arrêt de l'ordinateur, Marie et Barthélemy n'ont pas pu utiliser l'hyperfilm pendant 43 interventions (entre la 341^{ème} intervention et la 383^{ème}).

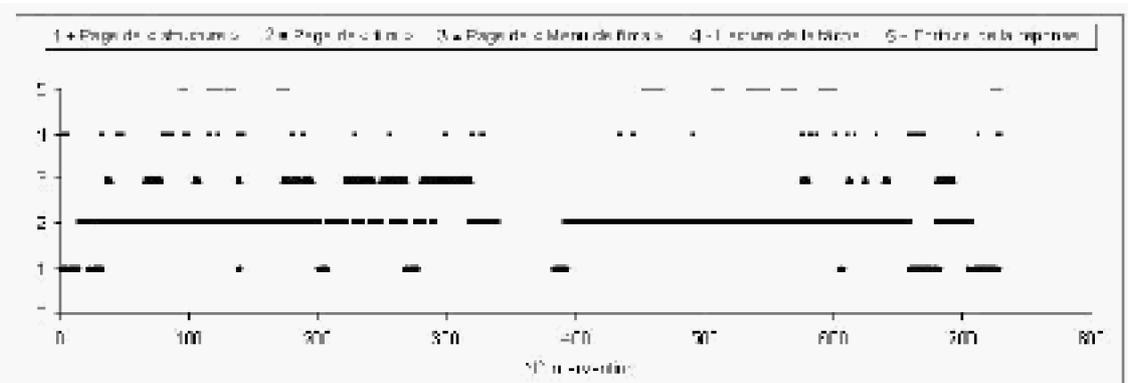


Diagramme 3.2 – Utilisation de l'hyperfilm perceptible par Marie et Barthélemy

Comme les diagrammes le montrent, ces deux binômes naviguent dans les hyperfilms en restant plutôt dans la page de « film » (79,04% dans le cas d'Elise et de Florence ; 69,01% dans le cas de Marie et de Barthélemy). Cela montre que les élèves discutent essentiellement avec les films sous les yeux, soit pour parler du film, soit pour choisir le film suivant à l'aide des liens conceptuels.

La répartition du nombre d'interventions dans les différents types de pages et pour les actions de lire la question et d'y répondre est donnée dans le tableau 3.15. Ces valeurs confirment l'impression laissée par les graphes précédents. Le seul point commun entre les deux binômes est la prédominance de la permanence dans la page de « film ». En effet, Elise et Florence sont plus dans la page de « structure » que dans la page de « Menu de films », ce qui est le contraire pour Marie et Barthélemy qui, eux, discutent plus à l'occasion de la lecture qu'à celle de l'écriture, contrairement au premier binôme.

III.5.1.2. Résultat sur la continuité de présence dans la page de « film » lors de la navigation

La comparaison du nombre d'interventions passées sur les films vus simultanément par les deux binômes a été réalisée d'abord partie par partie (tableau 3.16) puis question par question (tableau 3.17). Son intérêt est de pouvoir comparer l'effet de la nature

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

perceptible ou reconstruite des films sur la quantité d'interventions échangée par les élèves.

Binômes	Continuité de présence	Film regardé par les élèves	Type de film	Dans quel cas
EI-FI	124	Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	FR	partie I
Ma-Ba	27		FP	
EI-FI	36	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FR	partie I
Ma-Ba	40		FP	
EI-FI	117	pH du vinaigre	FR	partie I
Ma-Ba	5		FP	
EI-FI	256	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FR	partie II
Ma-Ba	208		FP	
EI-FI	21	Acide corrosif	FR	partie III
Ma-Ba	40		FP	
EI-FI	59	Base corrosive	FR	partie III
Ma-Ba	6		FP	

Tableau 3.16 – Comparaison des films communs visionnés avec la continuité de présence dans les pages de « film » des hyperfilms selon la même partie de la tâche

Tableau 3.17 – Comparaison des films communs visionnés avec la continuité de présence dans les pages de « film » selon la même question (q) ou la même consigne (c) d'une partie (p)

Binômes	Continuité de présence	Film regardé par les élèves	Type de film	Dans quel cas
EI-FI	36	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FR	q4 / pI
Ma-Ba	7		FP	
EI-FI	117	pH du vinaigre	FR	q4 / pI
Ma-Ba	5		FP	
EI-FI	256	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FR	c / pII et q1 / pII
Ma-Ba	22		FP	
EI-FI	21	Acide corrosif	FR	c / pIII
Ma-Ba	27		FP	
EI-FI	59	Base corrosive	FR	q2 / pIII
Ma-Ba	6		FP	

Cette comparaison semble montrer que les films reconstruits incitent plus largement à la discussion puisque dans la plupart des cas, les élèves à rester plus dans les pages de « film » correspondant aux films reconstruits. Ces discussions ont souvent été mises à profit pour comprendre le système chimique utilisé dans le film, par exemple la formation de CO_2 dans le milieu chimique ou la diminution du pH.

III.5.1.3. Résultat sur les passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » de l'hyperfilm lors de la navigation

Les résultats précédents ont montré globalement la présence dans les différents types de pages de l'hyperfilm. On s'intéresse ici à la présence continue dans un type de page, ce qui permet de caractériser la rapidité avec laquelle les élèves passent d'une page à l'autre. On peut penser que si ces derniers ne restent que peu de temps dans une page,

ils auront moins l'occasion d'y prélever de l'information.

La représentation adoptée profite du fait qu'il n'y a que trois types de pages. Leur continuité de présence peut donc se représenter sur les axes x , $+y$ et $-y$. Tant que la page de « structure » est présente, on accumule (à l'oblique ascendante) des points de coordonnées $x+1, y+1$. Dès qu'intervient un changement de page, on revient à la valeur $y = 0$ pour l'abscisse $x+1$. Tant que la page de « Menu de films » est présente, on accumule des points (à l'oblique descendante) de coordonnée $x+1, y-1$. Les points sur l'axe des x représentent les interventions pendant lesquelles la page de « film » est présente. Nous avons vu précédemment que c'était la plus nombreuse.

Les résultats pour les deux binômes, représentés dans les graphes ci-dessous (diagrammes 3.3 et 3.4), constituent une représentation plus claire, parce que bidimensionnelle, que celle présentée précédemment sur plusieurs horizontales (diagrammes 3.1 et 3.2).

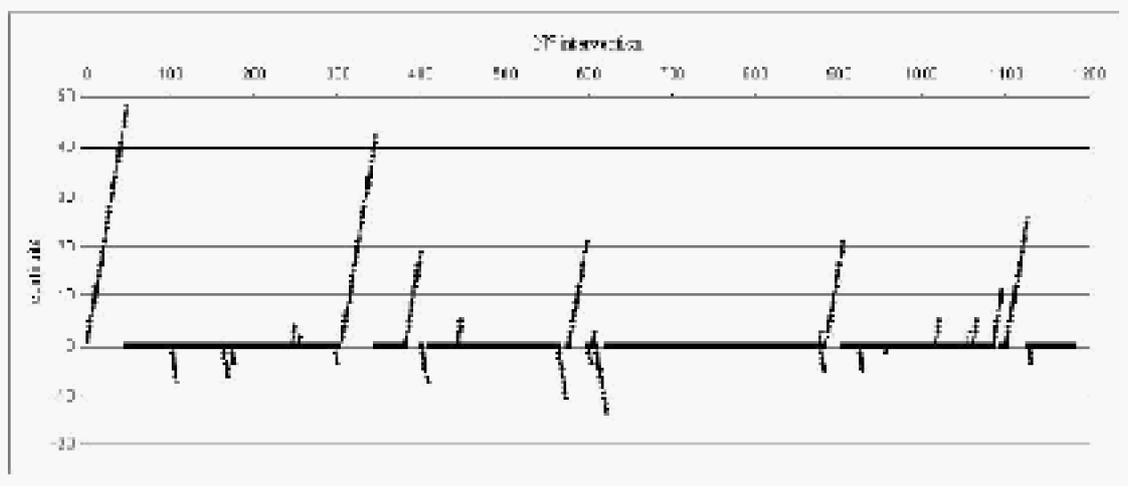


Diagramme 3.3 – Passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » de l'hyperfilm reconstruit lors de la navigation (cas des élèves Elise et Florence)

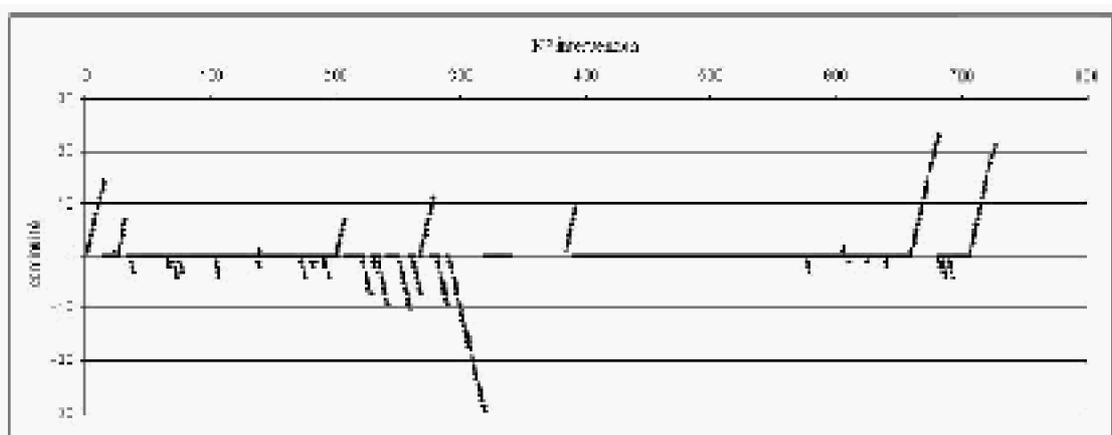


Diagramme 3.4 – Passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » de l'hyperfilm perceptible lors de la navigation (cas des élèves Marie et Barthélemy)

Ces résultats permettent de se prononcer sur le problème de la possible

désorientation dans l'hyperfilm lors de la navigation (passages rapides de l'axe +y à l'axe -y). Cela est arrivé quand les élèves n'ont pu trouver un film approprié ou un film prescrit.

Ces graphes mettent aussi en évidence que la présence dans les pages de « structure » (axe +y) est plus uniforme pour les deux binômes, que celle dans les pages de « Menu de films » (axe -y). Ce résultat, qui ne pouvait pas être anticipé, traduit que les élèves mettent moins de temps pour se décider à voir un film dont le titre est donné que pour choisir un thème de films. On peut aussi dire que présenter des thèmes de films favorise le débat.

Il apparaît enfin que les élèves utilisent peu les pages de « structure » pour chercher un film (moins de segments +y que -y). Cela peut s'interpréter par l'usage de la facilité de se mettre devant une page de « Menu de films » et de tester un film.

Le tableau 3.18 présente les résultats sur les passages entre les pages des hyperfilms lors de la navigation.

Tableau 3.18 – Résultats sur les passages entre la page de « structure » et la page de « Menu de films » de l'hyperfilm (cas des deux binômes d'élèves)

Nature des passages	Types de passage			
	<i>Passage rapide (17 fois)</i>		<i>Passage lent (13 fois)</i>	
	EI - FI	Ma - Ba	EI - FI	Ma - Ba
1 → 3	5 fois	4 fois	4 fois	3 fois
3 → 1	4 fois	4 fois	4 fois	2 fois
<i>Total</i>	<i>9 fois</i>	<i>8 fois</i>	<i>8 fois</i>	<i>5 fois</i>

Le tableau montre que les deux binômes d'élèves utilisent plutôt les passages rapides (17 fois contre 13) entre les pages des hyperfilms, c'est-à-dire ils restent dans les différentes pages des hyperfilms avec les continuités minimums. Nous précisons ci-dessous les passages rapides en termes de désorientation dans l'hyperfilm et d'adaptation à l'hyperfilm alors que les passages lents caractérisent une longue discussion sur le contenu d'un film et/ou sur les liens conceptuels.

III.5.1.3.1. DÉSORIENTATION DANS L'HYPERFILM

Nous avons constaté que les élèves avaient quelques difficultés de navigation bien que l'hyperfilm ait une structure simple que, de surcroît, nous avons expliqué oralement et par écrit. Lors de la navigation les élèves ne savaient pas où ils étaient et comment ils pouvaient trouver un film.

L'extrait du tableau 3.19 montre que même après 582 interventions, Elise peut hésiter sur l'usage des boutons présents à l'écran. Cela s'est traduit par une insuffisante prise en compte des informations données dans le titre du film ainsi que par une relation trop pauvre avec leurs connaissances scolaires. Par exemple, Elise à l'intervention 582 n'est pas sûre que les acides peuvent libérer des ions H^+ et à 588 elle parle de « truc plus long ». La recherche d'un film dans les hyperfilms nécessitait de mobiliser des connaissances sur les acides et les bases puisque la structure de cet hypermédia avait été construite avec cette logique.

L'extrait de la transcription d'Elise et de Florence illustre un cas de désorientation.

Tableau 3.19 – Exemple pour le problème de désorientation lors de la navigation dans l'hyperfilm (cas des élèves Elise et Florence)

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

N° de l'intervention	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
582	EI	au menu / où qu'il y avait toutes les solutions	
		bon / acides	clique sur le bouton rouge « Acides »
		propriétés des acides	clique sur le bouton rouge « Propriétés des acides »
		e::h / libération d'un ion H ⁺ / je crois	clique sur le bouton bleu claire « libération d'un ion H ⁺ »
		non / c'est là-d'dans	
583	FI	non / c'était e::h	
584	EI		ferme le bouton bleu claire « libération d'un ion H ⁺ »
585	FI	ça / réaction avec les bases	montre un bouton bleu claire
586	EI	voilà	
			clique sur le bouton claire « réaction avec les bases »
		non	parle du bouton jaune « vinaigre et soude »
587	FI	si	
588	EI	non non / c'est pas dans le vinaigre et soude / c'est da::ns pH / c'est un truc plus long / c'était vers là il y avait deux trucs	
589	FI	ah ouais	
590	EI	c'était dans / c'était pas dans les bases (?)	parle de la partie « Bases »
		ça m'apparaît bizarre que ça soit dans les bases / mai::s / non non	ferme le bouton bleu claire « réaction avec les bases »
591	FI	non non / eh ben da::ns	
592	EI	acides hors du / hors du laboratoire (!)	parle d'un bouton rouge sur l'écran
			ferme le bouton rouge « Propriétés des acides »
		y a truc vinaigre là	
593	FI	eh ben / ouais	
594	EI		clique sur le bouton rouge « Acides hors du laboratoire »
595	FI	faisant partie de notre environnement (!)	montre un bouton bleu claire sur l'écran
596	EI	voilà	clique sur le bouton bleu claire « acides faisant partie de notre environnement »
		et après / y a pH du vin[aigre] / exemples d'acides	lit le nom du bouton jaune sur l'écran
597	FI	exemples d'acides	

598	EI		clique sur le bouton jaune « exemples d'acides »
599	FI	e::h	regarde les noms des boutons sur l'écran (Concepts associés)
600	EI	e::h / le truc du vinaigre / où est-ce qu'on l'a trouvé (?) + e::h	recherche le nom d'un bouton sur l'écran (Concept associé)
601	FI	acide chlorhydrique / non (?)	montre un bouton sur l'écran (Concept associé)
602	EI	j'sais plus	
		+	clique sur le bouton « acide chlorhydrique » (Concept associé)
		oh là là / on a même qu'on a trouvé	
603	FI	exemples d'acides	montre un bouton jaune sur l'écran (Menu de films)
604	EI		clique sur le bouton jaune « Exemples d'acides » (Menu de films)
		c'est qu'on dans quoi on était	
605	FI	ah ouais +	
606	EI	on n'arrive même plus à retrouver le machin	rire
		alors attends	
			clique sur le bouton « Menu »
607	FI	non / ils étaient ça / c'était / des trucs / partie de notre	montre l'écran de l'ordinateur
608	EI	ouais mais / s'il me semble que c'était ça / mais là y a q' ça / donc euh	ferme et ouvre le bouton bleu claire « acide faisant partie de notre environnement »
		exemples d'acides	clique sur le bouton jaune « exemples d'acides »
		on en a loupé un	montre le bouton « acide chlorhydrique » (Concept associé)
		solution	parle d'un bouton sur l'écran (Concept associé)
609	FI	hm / peut-être	

Elise et Florence étaient en train de chercher une page de « Menu de films » par laquelle elles étaient déjà passées. Elles ont dû réaliser plusieurs opérations, perdant ainsi beaucoup de temps. Les mots représentés en gras dans cet extrait indiquent la désorientation alors qu'elles en sont à la 609^{ème} intervention, c'est-à-dire presque au milieu de l'expérimentation.

III.5.1.3.2. ADAPTATION À L'HYPERFILM

Certains passages rapides (7 sur 17 fois), observés vers la fin de l'expérimentation, sont relatifs à l'adaptation des élèves au système hyperfilm. L'extrait suivant appartenant à la transcription des élèves Marie et Barthélemy est construit un exemple pour cette adaptation des élèves à l'hyperfilm et l'apprentissage hyperfilm.

Tableau 3.20 – Exemple pour l'adaptation des élèves au système informatique et l'apprentissage hyperfilm (cas des élèves Marie et Barthélemy)

N° de l'intervention	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
574	Ba	partie trois / regardez le film ac acide corrosif / et base corrosive	lit la consigne de la partie III
575	Ma	acide corrosif / je sais où il est	
576	Ba	c'est où (?)	
577	Ma	hop	clique sur le bouton « acide » (Concept associé)
		c'est là	
578	Ba	ouais	
579	Ma	je connais par cœur maintenant	clique sur le bouton jaune « Acide corrosif » (Menu de films)
			clique sur le bouton « film » vert
580	Ba	que veut dire corrosif pour vous (?)	lit la question 1 de partie III
581	Fi	les acides sont corrosifs comme le montre cette expérience / quelques gouttes d'acide sulfurique sont déposées sur un papier +	ils regardent le film « Acide corrosif »

Dans cet exemple on peut constater que Marie et Barthélemy parviennent à retrouver le film *Acide corrosif*. Cela montre l'adaptation de ces élèves au système informatique et l'apprentissage hyperfilm.

III.5.1.3.3. PASSAGES LENTS

Les passages lents entre les pages de l'hyperfilm caractérisent une longue discussion sur le contenu d'un film et/ou sur les liens conceptuels qui apparaissent dans les pages de « film ». L'extrait suivant de la transcription d'Elise et de Florence illustre la discussion sur le contenu du film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*. Elles discutent pour pouvoir préciser la composition du système chimique qu'elles ont vu. Leur longue discussion est même entrecoupée de retours sur ce film qu'elles regardent plusieurs fois. Elles restent, pour cette raison, longtemps dans la page de « film » occasionnant ainsi un passage 3 → 1 particulièrement lent.

Tableau 3.21 – Exemple pour la discussion sur le contenu du film qui entraîne le passage lent (cas des élèves Elise et Florence)

N° de l'intervention	Locuteur	Dialogue	Action/Opération
689	Fi	donc dans le ballon / y a quoi (?)	
690	EI	dans le ballon y a / $\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	regarde l'écran du film
691	Fi	et un indicateur coloré	regarde l'écran du film
692	EI	et un indicateur coloré / ouais	
693	Fi	mais lui / il agit pas sur la solution	
694	EI	non / c'est l'autre	
695	Fi	ouais	
696	EI	eh / dans le bécher / je crois que y a	
			clique sur le bouton pour continuer à regarder le film
697	Fi	dont on mesure le pH	(film)
698	EI	un truc / ben ça / $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$	regarde l'écran du film
699	Fi	on mesure pH de quoi (?)	
700	EI	on mesure le pH de la solution	
701	Fi	ah ouais	
702	Fi	en ajoutant par l'entonnoir de l'acide chlorhydrique dans la solution d'hydrogénocarbonate de sodium / il se forme du dioxyde de carbone	(film)
703	EI	ah ouais / t'as raison ce dioxyde qui est là	montre le ballon (film)
704	Fi	lors d'une réaction chimique	(film)
705	EI	qui va / qui va là-d-dans	montre le bécher (film)
706	Fi	ce gaz est acheminé par le tuyau marron dans le bécher de droite	(film)
707	EI	et là-d-dans / on mesure euh	montre le bécher (film)
708	Fi	c'est pour cela qu'il apparaît	(film)
709	EI	le pH	
710	Fi	un barbotage dans le bécher	(film)
711	EI	ah oke::y	
712	Fi	en même temps	Elodie (EI) met le film en pause
713	Fi	en fait	montre l'écran du film
714	EI	en fait / le gaz qui a là-d-dans /	montre le ballon (film)
		il va se mettre là	montre le tuyau marron (film)
715	Fi	ouais là-d-dans	montre le bécher (film)
716	EI	là-d-dans / dans la solution c'était $\text{Na}^+ +$	montre le bécher (film)
717	Fi	HO^-	
718	EI	HO^-	
719	Fi	y a des bulles / du	montre le bécher (film)
720	EI	y a des bulles	
721	Fi	du CO_2	
722	EI	voilà / eh c'est dans cette solution là / qu'on mesure / le pH	montre le bécher (film)

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

723	FI	ah / dans celle-là (?)	montre le bécher (film)
724	EI	j'sais pas / attends	rire
725	FI	de toute façon / t'as remis au début alors / c'est pas grave	parle du bouton permettant de recommencer le film
726	EI		clique sur le bouton pour recommencer le film au début
727	Fi	dans ce film on va montrer qu'à chaque fois	(film)
728	FI	on va le connaître par cœur celui-là	rire
729	Fi	qu'un acide est ajouté	(film)
730	EI	ouais	rire
731	Fi	à une solution / il y a une diminution du pH / pour cela / on a construit un montage	(film)
732	FI	c'est bien ça nous fait réviser pour vendredi	

La discussion des élèves sur le système chimique donné dans le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH* continue encore.

III.5.1.4. Résultat sur la lecture de la tâche lors de la navigation

Les diagrammes suivants représentent le type de page de l'hyperfilm (1 pour la page de « structure », 2 pour la page de « film » et 3 pour la page de « Menu de films ») présente à l'écran, pendant que les élèves lisent le texte de la tâche, en fonction du numéro d'intervention.

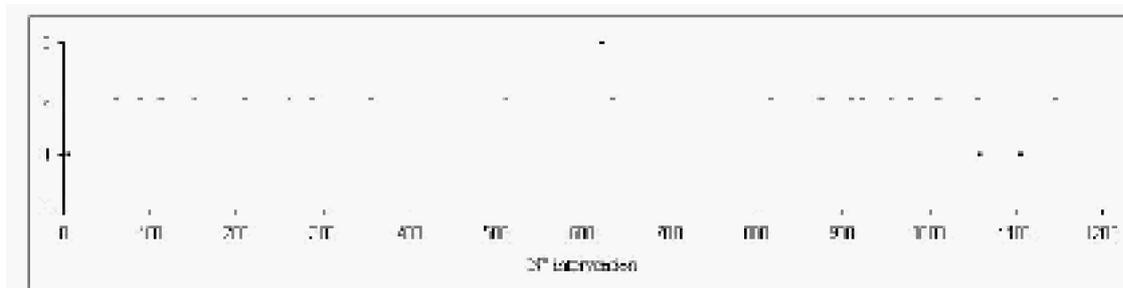


Diagramme 3.5 – Pages de l'hyperfilm reconstruit présentes à l'écran au moment de la lecture de la tâche (cas des élèves Elise et Florence)

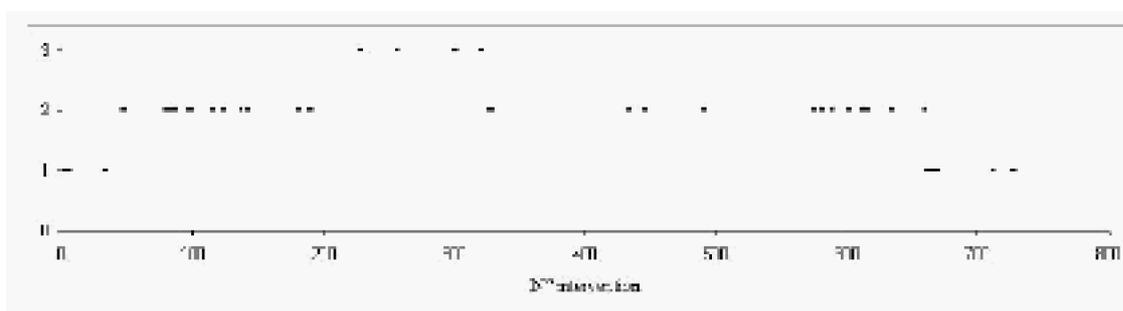


Diagramme 3.6 – Pages de l'hyperfilm perceptible présentes à l'écran au moment de la lecture de la tâche (cas des élèves Marie et Barthélemy)

Ces représentations montrent (diagrammes 3.5 et 3.6) et les chiffres du tableau 3.22

confirment que la lecture de la tâche s'effectue essentiellement alors qu'une page de « film » est à l'écran. Cependant, rapportés à la fréquence globale de la page de « film » (79% pour EI-FI et 69% pour Ma-Ba, voir III.5.1.1. ci-dessus), ces valeurs n'ont rien de surprenant. On peut néanmoins prendre en compte que la relation entre la lecture de la tâche et les pages de « film » est importante.

Tableau 3.22 – Résultats concernant les pages de l'hyperfilm présentes à l'écran au moment de la lecture de la tâche (cas des deux binômes d'élèves)

Binômes d'élèves	Pages d'hyperfilms présentes à l'écran		
	Page de « structure »	Page de « film »	Page de « Menu de films »
Elise / Florence	3 fois	25 fois	2 fois
	10,0%	83,3%	6,7%
Marie / Barthélemy	11 fois	30 fois	5 fois
	23,9%	65,2%	10,9%

Cela signifie que dès qu'une question est lue, les élèves sont face à une page qui affiche un film, en principe déjà vu, mais surtout des liens conceptuels. Ces liens, rappelons-le, articulent le film affiché et le reste des films de la banque de film. La fin de la lecture d'une question est donc un moment privilégié où les élèves ont, présent à l'esprit les termes, d'une question et, devant les yeux, une liste de concepts qui leur parlent d'autant plus qu'ils sont issus du dernier film vu. Ce moment constitue donc une articulation forte entre le lieu de la tâche et celui de l'hyperfilm.

III.5.2. Résultats sur les relations entre la tâche et l'hyperfilm

Nous présentons ci-dessous les résultats concernant les relations établies par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm à partir des passages entre ces deux lieux.

III.5.2.1. Résultat sur les passages de la tâche à l'hyperfilm

Dans le cas des deux binômes, le passage de la tâche à l'hyperfilm s'est effectué à la suite de la *lecture de la consigne*, de la *relecture de la consigne*, de la *lecture de la question*, de la *relecture de la question*, de la *discussion sur la question* et de l'*écriture de la réponse*. Le nombre de fois de chaque occurrence est donné dans les tableaux 3.23 et 3.24.

Actions	Hyperfilm				
	film prescrit		film non prescrit		
	chercher	regarder	chercher	regarder	discuter
lire la consigne	3 fois				
relixe la consigne			1 fois		
lire la question		1 fois	2 fois	1 fois	
discuter sur la question	1 fois		8 fois	2 fois	
écrire la réponse autre	1 fois		3 fois	1 fois	1 fois
					1 fois
<i>Total</i>	<i>5 fois</i>	<i>1 fois</i>	<i>14 fois</i>	<i>4 fois</i>	<i>2 fois</i>

Tableau 3.23 – Nombre de passages de la tâche à l'hyperfilm (cas d'Elise et de Florence)

Dans le cas d'Elise et de Florence, le passage de la tâche à l'hyperfilm s'effectue plutôt pour chercher un film non prescrit (14 sur 26 fois). En générale, c'est à la suite de la discussion sur une question posée (8 sur 14 fois).

Actions	Hyperfilm				
	film prescrit		film non prescrit		
	chercher	regarder	chercher	regarder	discuter
lire la consigne	3 fois				
relixe la consigne	1 fois				
lire la question	1 fois	1 fois	3 fois	3 fois	
relixe la question			6 fois	2 fois	1 fois
discuter sur la question			4 fois	1 fois	
écrire la réponse				3 fois	
<i>Total</i>	<i>5 fois</i>	<i>1 fois</i>	<i>13 fois</i>	<i>9 fois</i>	<i>1 fois</i>

Tableau 3.24 – Nombre de passages de la tâche à l'hyperfilm (cas de Marie et de Barthélemy)

Dans le cas de Marie et de Barthélemy, le passage de la tâche à l'hyperfilm s'effectue plutôt pour chercher un film non prescrit (13 sur 29 fois). En générale, c'est à la suite de la relecture d'une question posée (6 sur 13 fois).

La relecture de la consigne a été observée dans la partie I de la tâche. Les élèves ont relu la consigne pour chercher un film prescrit. Chercher et regarder un film prescrit sont gérés par le contrat. Les élèves devaient répondre aux questions de la tâche pour réaliser leurs activités. Quand les élèves ont bloqué, c'est-à-dire leurs connaissances préalables n'étaient pas suffisantes pour répondre à une question posée, ils pouvaient passer à l'hyperfilm. Ils ont ainsi réalisé les actions « chercher un film non prescrit » et « regarder un film non prescrit ». L'action « discuter sur les informations d'un film visionné » a été réalisée pour mieux comprendre le système chimique donné dans le film. Cette action est observée quand il s'agit de la présence de plusieurs événements dans le système chimique. Les élèves ont discuté sur le film visionné en regardant ou en montrant l'image du film présente à l'écran.

III.5.2.2. Résultat sur les passages de l'hyperfilm à la tâche

Dans le cas des deux binômes, le passage de l'hyperfilm à la tâche s'est effectué après

avoir *cherché*, *regardé* ou *discuté des films prescrits et non prescrits*. Le nombre de fois de chaque occurrence est donné dans les tableaux 3.25 et 3.26.

Hyperfilm	Actions						
	LC	RC	LQ	RQ	DQ	ER	autre
chercher le film prescrit						1 fois	
regarder le film prescrit			3 fois	1 fois		1 fois	
chercher le film non prescrit	1 fois	1 fois		2 fois	2 fois	2 fois	
regarder le film non prescrit				2 fois	1 fois	4 fois	1 fois
discuter sur le film non prescrit				2 fois	1 fois	1 fois	
Total	1 fois	1 fois	3 fois	7 fois	4 fois	9 fois	1 fois

Tableau 3.25 – Nombre de passages de l’hyperfilm à la tâche (cas d’Elise et de Florence)

Dans le cas d’Elise et de Florence, le passage de l’hyperfilm à la tâche s’effectue plutôt par les actions « *écrire la réponse* » (9 sur 26 fois) et « *relire la question* » (7 sur 26 fois).

Hyperfilm	Actions						
	LC	RC	LQ	RQ	DQ	ER	LR
chercher le film prescrit		1 fois	1 fois				
regarder le film prescrit			2 fois	2 fois			
chercher le film non prescrit			1 fois	7 fois	3 fois		
regarder le film non prescrit	1 fois			3 fois	2 fois	2 fois	
discuter sur le film non prescrit						1 fois	1 fois
Total	1 fois	1 fois	4 fois	14 fois	5 fois	4 fois	1 fois

Tableau 3.26 – Nombre de passages de l’hyperfilm à la tâche (cas de Marie et de Barthélemy)

Dans le cas de Marie et de Barthélemy, le passage de l’hyperfilm à la tâche s’effectue plutôt par l’action « *relire la question* » (14 sur 29 fois).

Les raisons du passage de l’hyperfilm à la tâche ci-dessous sont regroupées suivant qu’elles étaient attendues ou pas.

Raisons attendues

Quand les élèves ne trouvent pas un film, ils reviennent sur le lieu de tâche pour relire la question. Ils y répondent alors à partir de leurs connaissances préalables, ils en discutent ou ils débutent une nouvelle recherche dans l’hyperfilm.

Après l’écriture de la réponse les élèves regardent le reste du film. Puis, ils reviennent sur le lieu de la tâche pour en lire la suite.

La discussion à propos d’un film qui vient d’être vu amène directement les élèves à écrire la réponse. Nous avons observé dans ce cas que le film avait apporté des informations jugées pertinentes par les élèves.

Raisons non attendues

Après que les élèves aient cherché ou vu un film prescrit ils peuvent revenir sur le lieu de tâche en relisant la consigne ou la question. Cette action est effectuée pour s’assurer du nom du film prescrit ou de ce que veut la consigne. Cela laisse penser que les élèves n’ont pas regardé le film avec la dynamique d’un observateur qui a en tête la question

posée. On peut supposer que de regarder (ou rechercher) un film favorise l'oubli de la raison pour laquelle on le regarde (ou le recherche). Ceci est arrivé un grand nombre de fois. Dans un autre cas, voir un film amène les élèves à relire la question, puis à en discuter. Dans un autre cas, la relecture de la consigne est observée quand la recherche dans l'hyperfilm ne permet pas aux élèves de trouver un film. Cela peut être alors considéré comme un problème de désorientation.

Après avoir discuté sur le film regardé, les élèves reviennent dans le lieu de tâche en lisant la réponse, qu'ils ont écrit déjà, avant de la compléter.

III.5.2.3. Représentation des relations établies par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm

Les différentes relations établies par les élèves entre la tâche et l'hyperfilm peuvent être représentées par le modèle suivant. Il fait apparaître la variété de raisons qui font que les élèves passent d'un lieu à l'autre. On constate qu'un schéma tel que lire une question, chercher des informations dans l'hyperfilm, en discuter, répondre et passer à la question suivante est par trop caricatural. De nombreux allers et retours sont effectués par les élèves qui doivent revenir sur un lieu pour vérifier qu'une question, qu'une information.

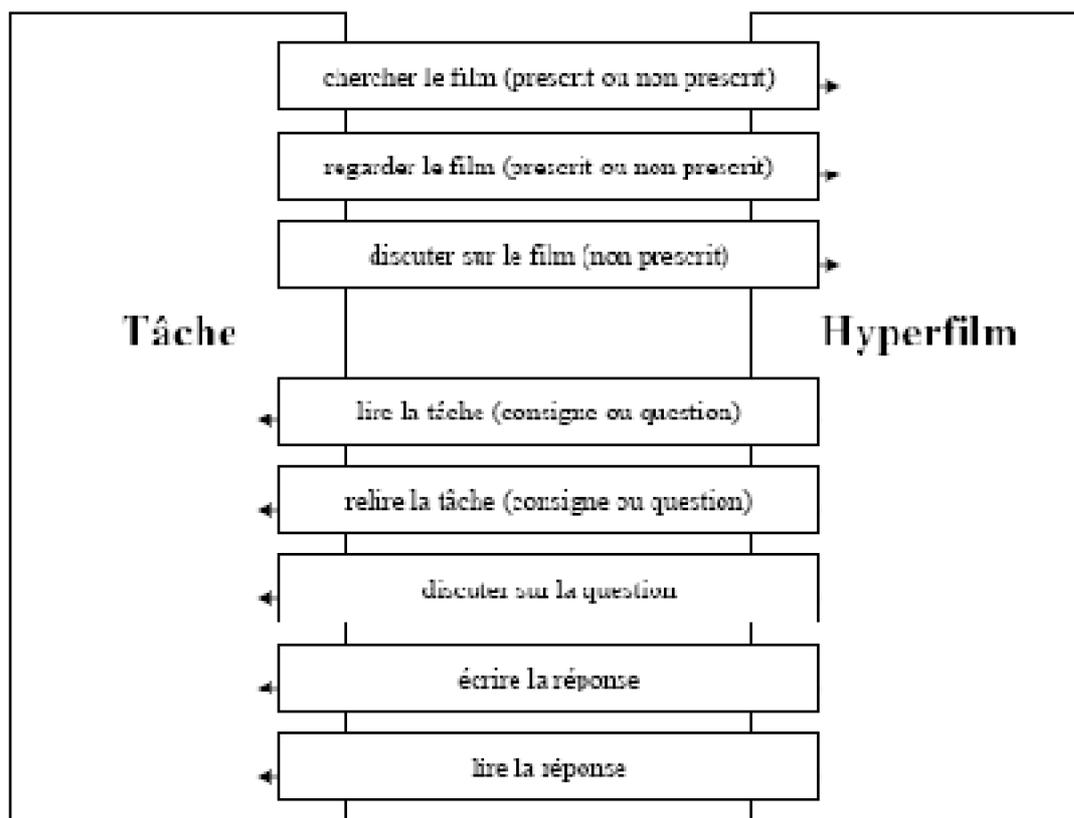


Figure 3.1 – Représentation des relations établies par deux binômes entre la tâche et l'hyperfilm

III.6. Discussion et conclusion

Nous avons essayé de montrer comment les élèves utilisent un hyperfilm et comment ils le mettent en relation avec une tâche. C'est en soit un travail rarement réalisé en raison de la difficulté de construire problématique et méthodologie de recherche (Tricot, 1993b).

Lors de la recherche d'informations dans les hyperfilms, les élèves évaluent, sélectionnent ou traitent les informations (Rouet & Tricot, 1998) d'un film ou d'un lien par rapport au contenu de la question. Cela nécessite que se construisent des relations entre la tâche et l'hyperfilm. Nous avons constaté que les élèves réalisent certaines actions dans le lieu de tâche et dans celui d'hyperfilm pour atteindre leurs buts (répondre à une question). Ainsi, la planification et la réalisation de la tâche par les élèves apparaît-elle, par leurs actions, dans ces deux lieux. Chaque action prend sens dans un contexte (Kuutti, 1997 ; Spasser, 1999) qui permet de comprendre pourquoi les élèves la réalisent. Par exemple, pour répondre la question « *pourquoi les acides sont corrosifs* », les élèves cliquent sur un bouton contenant le mot « corrosif ».

Les actions « *chercher un film prescrit* » et « *regarder un film prescrit* » réalisées par les élèves peuvent être interprétées par le niveau *conventionnel* de l'action (Thévenot, 1998). En revanche, les actions « *chercher un film non prescrit* » et « *regarder un film non prescrit* » réalisées par les élèves peuvent être interprétées par le niveau *téléologique* de Thévenot. Le problème de désorientation lors de la navigation (Conklin, 1987 ; Foss, 1988) dans les hyperfilms peut être relatif au niveau *familier* de Thévenot parce que l'opération « *cliquer sur le bouton* » devient quelques fois une routine. Cette routine produit ainsi des opérations inconscientes. Prendre une décision concernant un bouton à cliquer ou un film à visionner doit être supporté par la compréhension de l'activité. L'absence d'un bon contrôle de l'activité amène les élèves à se perdre dans l'hyperfilm. Nous avons constaté dans notre travail que le problème de désorientation lors de la navigation était relatif au temps d'adaptation des élèves au système hyperfilm (temps de connaître la structure et la logique du système). Cette adaptation peut être influencée par la familiarisation avec le système et/ou par les connaissances des élèves sur le système (Tricot, 1993b). Les passages rapides entre les pages de l'hyperfilm étaient liés à l'adaptation des élèves au système hyperfilm et à son l'apprentissage. En revanche, les passages lents étaient liés à la longueur de la discussion sur le contenu d'un film ou le choix d'un lien pour accéder à un autre film. Nous avons constaté que les films reconstruits incitaient plus les élèves à rester dans une même page de « film » pour discuter de la compréhension du système chimique présent dans le film.

Notre étude a montré que les élèves construisent leur activité à partir de nombreux allers et retours entre la tâche et l'hyperfilm, conduisant parfois à voir un film plusieurs fois. C'est l'occasion de construire des connaissances (voir le chapitre V). La non-mémorisation de certaines idées trouvées dans le film visionné (voir le chapitre IV), la production d'une nouvelle question pour comprendre le système chimique présent dans le film visionné, la sélection par les élèves des informations verbales et/ou visuelles d'un film

visionné pour les utiliser dans leur réponse et d'autres facteurs sont responsables des allers et retours entre la tâche et l'hyperfilm.

Chapitre IV. Choix des liens conceptuels et des films dans les hyperfilms

IV.1. Introduction

Ce chapitre s'intéresse d'une part aux facteurs influençant le choix des films par les élèves et d'autre part au choix des concepts mentionnés dans les pages de « film » des hyperfilms. Ce dernier permet de comprendre l'activité des élèves en relation avec le choix de ces concepts.

Le chapitre précédent a montré que les élèves regardaient des films prescrits et non prescrits et que le choix de ces derniers était en relation avec les questions posées par la tâche. De ces questions, les élèves peuvent ne considérer qu'un *trait de surface* (Kozma & Russell, 1997 ; Kozma, 2003), ou y réfléchir au travers d'une *reformulation* (Gourgey, 1998). Nous avons également constaté que le choix d'un film pouvait faire suite à la *production d'une question* que se posent les élèves à propos d'une information donnée (Palincsar & Brown, 1984). Enfin, il est arrivé que les élèves cherchent à revoir un film, probablement parce qu'ils n'avaient pas suffisamment *mémorisé* les idées véhiculées (Mayer & Moreno, 2002 ; Mayer, 2003). Sur ce dernier point, nous avons pris en compte certains travaux de recherche en psychologie cognitive relatifs à la mémoire de travail

(Baddeley, 1992), à la théorie du double codage (Clark & Paivio, 1991) ou à la charge cognitive (Sweller, 1988 ; Chandler & Sweller, 1991).

IV.2. Cadre Théorique

Notre cadre théorique articule différents axes permettant d'expliquer les activités des élèves en relation avec le choix des liens conceptuels conduisant à des films : la catégorisation des concepts, le fonctionnement de la mémoire, l'apprentissage multimédia, ou le fonctionnement par traits de surface.

IV.2.1. Concept et Catégorisation des concepts

La catégorisation des concepts est ici discutée pour comprendre l'activité des élèves en relation avec leur décision d'activer ou non les liens conceptuels des pages de « film » des hyperfilms.

IV.2.1.1. Qu'est-ce qu'un concept ?

Pour Vergnaud (1990), un concept est un triplet rassemblant :

- l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence),
- l'ensemble des invariants opératoires qui sont constitutifs du concept (le signifié),
- et l'ensemble des formes langagières ou non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant).

Etudier le développement et le fonctionnement d'un concept, au cours de l'apprentissage ou lors de son utilisation, requiert de considérer ces trois aspects.

Du point de vue sémiotique le concept est caractérisé par la triade « *signifiant-signifié-référent* » (Peirce, 1885, cité par Sallaberry, 2000, p.110). Le signifiant constitue l'aspect de saisie perceptive. Un mot, une image, une photo, etc. peuvent être utilisés pour représenter le concept. Le signifié est l'aspect production de sens. Le référent est l'objet désigné (Sallaberry, 2000). Beaudoin (1998) considère que le mot donné à un objet est son signifiant et que l'objet lui-même est le référent. Le signifié est un sens à transmettre : "*le signifié est un aspect conceptuel du concept*". Il est constitué d'éléments de sens qu'on appelle les « attributs sémantiques » qui se combinent pour créer le sens du concept. La relation qui existe entre le signifiant et le signifié d'un même concept s'appelle *signification*. Joly (1994) décrit le référent comme une *réalité physique du monde*.

Du point de vue didactique, Astolfi et al. (1997, p.26) considèrent que les concepts sont des outils intellectuels, destinés à résoudre une famille de situation-problèmes d'où ils prennent leur sens. Selon Cassier (1910, cité par Lemeignan & Weil-Barais, 1993), les concepts sont des constructions intellectuelles ayant le statut hypothétique d'outils

cognitifs. Ce sont des entités cognitives de base qui permettent d'associer un sens aux mots que nous utilisons (Richard, 2002) et des outils de la pensée : *de la même manière qu'un outil permet de mieux travailler, un concept permet de mieux penser* (Sallaberry, 2000). Leur organisation dans les structures cognitives est d'une grande importance (Sisovic & Bojovic, 2000). Ces objets, conçus ou acquis par l'esprit, permettent d'organiser les perceptions ou les connaissances (Robardet & Guillaud, 1997). Ils se décrivent par un ensemble d'attributs qui ont des correspondants dans l'ordre des perceptions (généralement visuelles), ou bien ils réfèrent à d'autres concepts eux-mêmes descriptibles par des attributs (Lemeignan & Weil-Barais, 1993). Ils présentent deux caractères inséparables : ils permettent d'expliquer et de prévoir (Astolfi et Develay, 1998). N'ayant pas de référent concret, leur construction est difficile et doit faire appel à d'autres concepts (Sallaberry, 2000).

En didactique de la chimie, *les définitions de plusieurs concepts fondamentaux (élément, composé, molécule, ion, etc.) sont problématiques* (Taber, 2001). Les concepts correspondant à des grandeurs sont d'autant plus difficiles à acquérir qu'ils ne sont pas mesurables directement (Tsaparis, 1997).

IV.2.1.2. Catégorisation des concepts

Le philosophe allemand Ernst Cassirer distingue deux types de concepts en physique : les *concepts catégoriels* et les *concepts formels* (1910, cité par Lemeignan & Weil-Barais, 1993) :

Les concepts catégoriels réfèrent à des catégories (ou classes) d'objets, définis par un ensemble d'attributs (poulie, dynamo). Ils se construisent par un *processus d'abstraction empirique* (Lemeignan & Weil-Barais, 1993), c'est-à-dire par l'expérience courante et sociale au contact d'objets (Robardet & Guillaud, 1997). Ils peuvent être définis à la fois par des attributs et des fonctions. Par exemple, la dynamo transforme un mouvement en courant électrique (Lemeignan & Weil-Barais, 1993).

Les concepts formels (force, énergie, potentiel électrique) sont des produits de la réflexion de l'esprit confrontée à l'explication de phénomènes (Robardet & Guillaud, 1997). Ils se construisent par un *processus d'abstraction réfléchissante* qui, selon Piaget, procède d'un effort de réflexion de la pensée sur elle-même (cité par Weil-Barais, 1999). Il est possible de différencier plusieurs types de concepts formels. Certains sont de nature *relationnelle* et se définissent par leurs relations avec d'autres (Lemeignan & Weil-Barais, 1993). Par exemple, l'énergie ne prend sens que dans sa relation à d'autres grandeurs physiques. De tels concepts ne peuvent pas être développés isolément (Tiberghien & Megalakaki, 1995). D'autres concepts formels renvoient à des *entités hypothétiques* (atome, ion). D'autres enfin sont le produit de l'activité mentale elle-même (système, état) (Lemeignan & Weil-Barais, 1993).

IV.2.1.3. Concept en chimie

Afin d'être en phase avec les mondes perceptible et reconstruit que nous utilisons pour décrire l'activité cognitive mettant en jeu des notions de chimie, nous avons adapté les notions de concepts catégoriel et formel décrites ci-dessus.

- Par exemple, nous considérons les concepts d'atomes, de molécules ou d'ions comme des objets reconstruits ; ils sont définis par leur constitution et par des propriétés. Par exemple, l'ion nitrate est constitué de plusieurs atomes et parmi ses propriétés, on a sa charge négative ou sa faculté de se déplacer vers une anode. Du point de vue sémiotique, ce concept possède des signifiants (« ion nitrate », NO_3^- , etc.), un signifié, l'ion nitrate tel que le conçoit le chimiste, mais pas de référent matériel concret. En revanche, de nombreuses situations de références les mettent en scène, les solutions d'acide nitrique, l'explosion de l'usine AZF etc.

- Un autre concept essentiel en chimie est celui d'espèce chimique (Solomonidou & Stavridou, 1994). Sa catégorisation mérite qu'on s'y arrête, par exemple dans le cas de l'eau ; c'est à la fois un objet perceptible (l'eau du robinet) et un objet reconstruit (un ensemble de molécules d'eau). Le contexte permet parfois de préciser le niveau auquel se situe la personne qui évoque ce concept, mais ce n'est pas toujours le cas. Il nous arrivera donc de considérer ce concept à la fois dans les deux mondes. Du point de vue sémiotique, l'eau possède des signifiants (H_2O , eau, molécule d'eau), un signifié qui dépend du contexte (la molécule d'eau, l'espèce chimique eau, le liquide eau) et des situations de référence. Nous le considérerons suivant les cas comme un concept catégoriel du monde perceptible ou du monde reconstruit. La catégorisation des objets rencontrés en chimie devient donc :

- concepts catégoriels dans le monde perceptible : CCP (O)
- concepts catégoriels dans le monde reconstruit : CCR (o)

Le o majuscule ou minuscule rappelle qu'il s'agit d'un objet perceptible ou reconstruit respectivement.

Ce type de catégorisation des objets s'étend aux événements perceptibles (E) ou reconstruits (e) ainsi qu'à leur propriété (P) ou (p).

Comme en physique, nous pouvons également envisager des concepts formels (CF), qu'ils soient relationnels comme la grandeur pH (CFR) ou non, comme le concept de système chimique (CFNR).

Le tableau suivant donne quelques exemples de concepts issus de nos films avec la catégorisation qui résulte de la discussion précédente.

Tableau 4.1 – Exemples de concepts et leurs catégorisations avec les deux mondes

⁵ Les objets perceptible (O) et reconstruit (o) ; les événements perceptible (E) et reconstruit (é) ; les propriétés perceptible (P) et reconstruite (p).

Concepts	⁵ Catégorisations	Concepts	Catégorisations
acide	CCP/CCR (O/o ou P/p)	électron	CCR (o)
acidité	CCR (p)	formation d'ion	CCR (é)
amphotère	CCR (p)	forme acide	CFNR
atome	CCR (o)	homogène	CCP (P)
charge (+/-)	CCR (o)	ion	CCR (o)
concentration	CFR	molécule	CCR (o)
concentré	CCR (p)	oxydation	CCR (é)
conjugué	CCR (p)	respiration	CCP (E)
corrosif	CCP (P)	solution	CCP/CCR (O/o)
couple acide/base	CFNR	soude	CCP (O)
déshydratation	CCR (é)	système chimique	CFNR

La double notation « CCP/CCR (O/o) » est utilisée pour catégoriser le concept de *solution* qui est suivant le contexte dans le monde perceptible (CCP) ou dans le monde reconstruit (CCR).

IV.2.2. Mémoire et Mémorisation

Pour comprendre pourquoi les élèves n'ont pas mémorisé certaines idées d'un film, nous avons besoin des informations sur la mémoire. Une synthèse sur ce sujet, nécessaire à notre travail, est donnée ci-dessous.

Weil-Barais (1999, p.318) mentionne le terme "mémoire" en empruntant la définition de Barbizet : "*l'histoire des expériences personnelles de l'individu telles qu'elles sont inscrites dans son cerveau (Pathologie de la mémoire, p.5, Paris, PUF, 1970)*". Elle explique que "*considérer ainsi la mémoire sous son aspect de conservation du passé renvoie inévitablement à des préoccupations d'ordre structural et fonctionnel ou, autrement dit, à la façon dont notre vécu est enregistré, organisé et actualisé (p.318)*". Puis, elle mentionne le fonctionnement de la mémoire : "*En psychologie expérimentale, on assimile souvent la mémoire à un système de traitement de l'information, comprenant des opérations d'encodage, de stockage et de récupération [...] En tant que système de traitement, la mémoire comprend trois phases : 1/ l'encodage qui est le processus par lequel l'information d'entrée est enregistrée, perçue et transformée en un format approprié pour la représentation en mémoire ; 2/ les mécanismes de consolidation qui s'occupent de la conservation en mémoire permanente des représentations ou des traces encodées ; 3/ les processus de récupération qui permettent la réactualisation des connaissances mnésiques. [...] La partition des composantes du système mnésique (encodage, stockage, récupération), acceptée par la plupart des théoriciens actuels, constitue le cadre préthéorique permettant l'analyse psychologique systématique de la mémoire (p.319)*".

Plusieurs théories de la mémoire suggèrent que l'apprentissage ou la mémorisation

⁵ Les objets perceptible (O) et reconstruit (o) ; les événements perceptible (E) et reconstruit (é) ; les propriétés perceptible (P) et reconstruite (p).

d'une information entraîne la construction d'une représentation qui est stockée pour être récupérée ultérieurement (Minsky, 1980). Les illustrations favorisent ce stockage (Lewalter, 2003) dont la capacité est limitée dans la mémoire à court terme contrairement à la mémoire à long terme (Weil-Barais, 1999) où sont emmagasinés les faits, les connaissances et les habiletés accumulés au fil des années.

IV.2.2.1. Primauté et récence

Le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus a initié, en 1885, l'étude expérimentale de la mémoire avec son livre : *Sur la mémoire : recherches de psychologie expérimentale* (Weil-Barais, 1999). Il a mis en évidence de nombreux phénomènes mnésiques parmi lesquels ceux de primauté et de récence. Il explique que "*l'apprentissage est meilleur pour les premiers et les derniers items d'une liste d'étude*". Il apparaît cependant qu'après un court intervalle de temps occupé à une activité quelconque, l'effet de récence disparaît alors que la performance pour les items présentés en premier n'est pas affectée. L'interprétation généralement avancée suppose que les derniers items sont stockés dans la mémoire à court terme alors que les premiers sont déjà dans la mémoire à long terme (Weil-Barais, 1999, p.349).

IV.2.2.2. Mémoire de travail

La mémoire de travail se compose d'un système central (*Central Executive*) responsable de la sélection et de l'exécution des opérations de traitement dont la capacité est limitée et dont une partie peut être utilisée à des fins de stockage. Le centre exécutif est considéré comme un système attentionnel de contrôle. Il assurerait notamment la sélection des stratégies cognitives et la coordination de l'information en provenance de différentes sources. Il peut également affecter une partie de sa capacité de traitement afin d'accroître la quantité d'information maintenue dans les systèmes esclaves dont deux sont gérés par le système central : une boucle articulatoire et un bloc à croquis (ou bloc-notes) visuo-spatial. Le premier stocke du matériel verbal pendant une durée limitée. Le second est un système de stockage temporaire capable de former et de maintenir des images visuo-spatiales (Weil-Barais, 1999, p.355-356). Cette structure n'est sans rappeler notre problématique d'étude de la relation entre le texte et l'image d'un film sur l'activité cognitive des apprenants.

IV.2.2.3. Théorie du double codage

En 1971, Allan Paivio, chercheur canadien, a proposé une théorie qui rend compte de la supériorité de l'image sur le mot. Selon lui, le dessin d'un objet serait codé et stocké en mémoire sous deux formes pouvant l'une et l'autre être utilisées lors de la restitution de l'information : une forme verbale qui correspond au mot désignant l'objet et une forme imagée qui reflète ses caractéristiques figuratives (Weil-Barais, 1999, p.345).

Selon la théorie du "double codage" (*dual coding theory*) (Clark & Paivio, 1991), les textes (mots ou phrases) sont traités et encodés seulement dans le système verbal tandis que les images le sont également dans le système visuel. Cette interprétation a souvent été utilisée pour expliquer que la mémoire des images est meilleure que celle des textes

dans la mesure où deux codages sont plus efficaces qu'un seul (Rogalski & Veillard, 2002). Les textes illustrés amènent donc à des structures cognitives plus élaborées que ceux sans images (Schnotz & Bannert, 2003).

IV.2.2.4. Charge cognitive

Les limites des capacités de processus des mémoires de travail visuelle et verbale (Chandler & Sweller, 1991 ; Baddeley, 1992) ont été déterminées par des mesures d'empan mnémorique. On admet généralement que les sujets possèdent une capacité d'environ 7 unités d'information (Miller, 1956, cité par Weil-Barais, 1999). La notion de charge cognitive correspond au coût mental qu'impose l'exécution d'une tâche sur le système cognitif humain (Sweller, 1988). Celle qu'impose l'apprentissage multimédia varierait principalement selon la quantité d'informations et le mode sensoriel (visuel ou auditif) dans lequel elles sont présentées (Sweller, 1998, cité par Dubois et al., 2003). Selon la quantité d'informations présentées dans un produit multimédia, la charge cognitive est supposée dépendre des capacités de stockage et de traitement de l'information de la mémoire de travail des apprenants (Dubois et al., 2001).

Case (1978, cité par Georgiadou & Tsaparlis, 2000) a souligné qu'il faut réduire la charge sur la mémoire de travail des élèves, c'est-à-dire la quantité d'informations qui nécessitent leur attention. Mayer et Moreno (2002) ont expliqué que les élèves apprennent plus profondément quand leurs mémoires de travail visuelle et/ou verbale ne sont pas surchargées.

Les notions de mémoire de travail, de théorie du double codage, de charge cognitive, etc. vont permettre de poser des questions de recherche et de discuter nos résultats à la lumière d'un cadre théorique qui articule le cadre didactique habituel et des notions de psychologie. Par exemple, il sera question de comprendre pourquoi les élèves doivent regarder un même film plusieurs fois.

IV.2.3. Apprentissage multimédia

La synthèse des travaux de recherche sur l'apprentissage multimédia ci-dessous met en évidence l'importance de la relation entre le texte et l'image. Nous y avons adjoint quelques informations spécifiques à l'utilisation d'images et de textes.

IV.2.3.1. Théorie cognitive de l'apprentissage multimédia

La théorie générative de l'apprentissage multimédia est basée sur trois hypothèses suggérées par les recherches de psychologie cognitive concernant la nature d'apprentissage humain. La première, qui se réfère à la théorie du double codage, suppose que les humains utilisent les canaux différents pour le traitement des informations visuelle et auditive. La deuxième est que les humains sont limités dans la quantité d'informations qu'ils peuvent traiter dans chaque canal. La théorie de la charge cognitive soutient cette supposition. La troisième considère l'apprentissage comme un processus actif (Mayer, 2003).

Avec les supports multimédia, les apprenants s'engagent dans trois processus

cognitifs : de sélection, d'organisation et d'intégration (Mayer, 2003), qui n'ont généralement pas lieu dans un ordre linéaire et rigide, mais plutôt de façon itérative. Une information issue d'un apprentissage est stockée dans la mémoire à long terme pour l'utilisation future. Lors de l'apprentissage actif, l'issue indexée dans la mémoire à long terme permet à l'apprenant de l'utiliser pour résoudre les problèmes. Selon la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia, un apprentissage significatif a lieu quand l'apprenant sélectionne activement l'information, qu'il l'organise au moyen de représentations verbale et visuelle cohérentes et qu'il l'intègre à connaissance antérieure (Mayer, 1997 ; 2003). Cela advient quand les élèves connectent des représentations visuelle et verbale dans la mémoire de travail (Mayer & Moreno, 2002).

IV.2.3.2. Travaux de recherche sur l'apprentissage multimédia

Les travaux de recherche sur l'apprentissage multimédia se sont focalisés sur les niveaux sémiotique et sensoriel du multimédia. Ils montrent les effets des différents formats de représentation comme textes et images (statique ou dynamique) sur la compréhension et sur l'apprentissage (Mayer 2003 ; Schnotz & Bannert, 2003 ; Mayer & Moreno, 2002). La plupart de ces recherches ont mis en oeuvre la théorie du double codage et celle de la charge cognitive.

Mayer et Moreno (2002) pensent qu'il est préférable de présenter une explication avec des mots et des images qu'uniquement dans les mots. Mayer (2003) a expliqué que l'apprentissage multimédia a lieu quand les élèves construisent les représentations mentales à partir des mots et des images qui leur ont présentés (texte écrit-illustrations ou narration-animation). Il considère que l'apprentissage multimédia permet d'apprendre plus profondément à partir des messages consistant simultanément de mots et d'images qu'à partir des modes traditionnels de communication limités aux mots. Il a montré que les élèves qui écoutent (ou lisent) des explications présentées uniquement par des mots n'arrivent pas à les mémoriser. Il a repéré quatre effets :

- *l'effet multimédia*, si les élèves apprennent mieux à partir de la conjonction des mots et des images qu'avec des seuls mots ;
- *l'effet de cohérence*, si les élèves apprennent mieux quand les explications multimédia incluent peu (et non beaucoup) de mots ou de sons qui n'ont pas de rapport avec le message principal ;
- *l'effet de contiguïté*, si les élèves apprennent mieux quand les mots sont présentés simultanément que séparément ;
- *l'effet de personnalisation*, si les élèves apprennent mieux quand les informations sont rédigées dans un style conversationnel plutôt que formel. Une communication personnalisée favorise des processus cognitifs (Mayer, 2003).

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux travaux attestent du rôle bénéfique de l'image non seulement sur la mémorisation de l'information textuelle qu'elle accompagne, mais aussi sur sa compréhension. Ces recherches se sont attachées à démontrer les effets facilitateurs des images adjointes à un texte sur la compréhension et la mémorisation de celui-ci. La motivation principale de beaucoup de ces études était de

déterminer le rôle des images sur l'acquisition de connaissances et/ou la résolution de problèmes. Les résultats de ces travaux ont montré que l'information de texte est mieux rappelée quand elle est illustrée par les images que quand il n'y a pas illustration (Levin et al., 1987). Schnotz et Bannert (2003) ont constaté que les images facilitent l'apprentissage. Selon ces auteurs, l'addition des images à un texte est généralement bénéfique pour l'apprentissage. Dubois et Tajariol (2001) ont expliqué que l'ajout d'informations dynamiques permet de faciliter l'apprentissage car le mouvement a des caractéristiques permettant d'exciter le niveau perceptif. Selon Vidal-Abarca et Sanjose (1998), l'addition de l'image clarifie les informations abstraites du texte scientifique.

IV.2.3.3. Texte

Lors de la discussion relative à un texte, Palincsar et Brown (1984) ont expliqué que les élèves utilisent quatre stratégies pour en favoriser, contrôler ou évaluer la compréhension. La première est de se *questionner* sur les passages qui contiennent des informations importantes. La seconde implique la *clarification* des obscurités et des incohérences du texte. Les élèves veulent comprendre les mots du texte et savoir comment ils sont utilisés dans ce contexte. La troisième est de *résumer* tout ou partie du texte en le reformulant (Gourgey, 1998). La dernière est de *prédire*, c'est-à-dire d'anticiper sa lecture.

IV.2.3.4. Image

Selon Aumont (1990), "*l'image se définit comme un objet produit de main d'homme, dans un certain dispositif, et toujours pour transmettre à son spectateur, sous forme symbolisée, un discours sur le monde réel* (p.201)". Il considère toute image comme une représentation de la réalité ou d'un de ses aspects. L'image est un objet technique mais aussi un moyen de communication dans toutes sociétés humaines. Une image doit permettre à son utilisateur de retrouver un certain nombre d'informations concernant l'objet (Vérillon, 1996). Si une image contient du sens, celui-ci est à "lire" par celui qui la regarde : c'est tout le problème de l'interprétation de l'image (Aumont, 1990, p.194).

Levin et al. (1987) ont distingué cinq fonctions principales de l'illustration : la *représentation* (l'illustration représente les principaux éléments mentionnés dans le texte) ; l'*interprétation* (elle permet de concrétiser certaines informations du texte) ; la *transformation* (elle recode l'information du texte de façon à la rendre plus mémorisable) ; l'*organisation* (elle apporte de la cohérence à des informations peu organisées) ; la *décoration* (si elle n'a pas de relation sémantique vis-à-vis des informations véhiculées par le texte). Vézin (1986, cité par Drouin, 1987, p.16) voit plutôt dans l'illustration des fonctions *motivationnelle*, *explicative* et *d'aide à la mémorisation* alors que Pozzer et Roth (2003) s'attachent, dans les manuels de biologie, à des fonctions *décorative*, *illustrative*, *explicative* et *complémentaire*.

Rogalski et Veillard (2002) ont mentionné que les images aident à illustrer des concepts abstraits et à comprendre des sujets difficiles. Dans la plupart des domaines scientifiques, on utilise aujourd'hui des images pour représenter des structures, des processus et des concepts scientifiques (Lowe, 1996). Certains phénomènes étudiés par la science, non perceptibles directement, sont appréhendés grâce à des images

(Gouanelle & Schneeberger, 1996). Dans le dispositif didactique, ces dernières permettent aux élèves de découvrir et de comprendre les phénomènes scientifiques ; elles peuvent être considérées comme des instruments de traitement des connaissances facilitant l'évolution conceptuelle en provoquant un déséquilibre efficace chez l'apprenant (Allain, 1995).

Les images constituent un potentiel pour apprendre, pas seulement pour mémoriser l'information qu'elle contient, mais aussi, et plus essentiellement, pour apprendre par l'activité qu'elle rend possible (Mottet, 1996a). Elles sont susceptibles de jouer un rôle dans les démarches de construction des savoirs scientifiques des élèves. Ce sont des sources d'informations, du matériel perceptif et un moyen pour apprendre les sciences (Mottet, 1996b). "*On doit créer des situations didactiques facilitatrices des apprentissages dans lesquelles les images ne seraient plus considérées simplement comme apportant des informations illustratives mais aidant à la structuration des connaissances* (Allain, 1995, p.109)".

Mottet (1996b, p.19) a proposé trois idées essentielles pour réconcilier l'image et l'activité : a) l'activité du sujet peut être étendue aux images ; b) une image ne se lit pas de la même façon selon le contexte d'activité dans lequel elle se situe ; c) l'activité relative aux images n'est pas complète tant qu'elle ne débouche pas sur une expression ou une action qui l'objective et la manifeste. Il considère que l'activité relative aux images peut revêtir trois formes différentes selon qu'il s'agit pour l'élève : de lire des images, de les modifier ou d'en produire. L'image est prise tout à la fois comme objet et moyen d'activités scientifiques pour les élèves. Ces activités sont rendues plus riches et plus réalistes grâce à l'utilisation de technologies performantes. L'image est un élément d'une activité d'investigation scientifique (Beaufils et al., 1996).

IV.2.4. Mémorisation et Apprentissage

Säljö a décrit pour la première fois en 1979 les conceptions sur l'apprentissage suite à l'interview de 90 suédois âgés de 18 à 70 ans avec la question : "what do you mean by learning ?". L'analyse des réponses a mis en évidence cinq catégories : a) augmentation de connaissance ; b) mémorisation ; c) application des faits, des procédures, etc. qui peuvent être utilisés dans la pratique ; d) abstraction de sens ; e) processus interprétatif visé la compréhension de la réalité (cités par Marton et al., 1997 ; Mugler & Landbeck, 2000 ; Klatter et al., 2001).

Vermunt (1996, cité par Klatter et al., 2001, p.488) a distingué quatre modèles d'apprentissage : (1) admission de connaissance ; (2) construction de connaissance ; (3) utilisation de connaissance ; (4) apprentissage coopératif. Weinstein et MacDonald (1986, cité par Boulton-Lewis et al., 2000) ont décrit la stratégie d'apprentissage comme *une activité cognitive aidant les processus d'encodage, de stockage et de récupération ou d'utilisation de connaissance*. Les activités cognitives sont expliquées comme les changements dans les connaissances des élèves. Elles incluent la mémorisation (Boulton-Lewis et al., 2000). Hess et Azuma (1991, cité par Mugler & Landbeck, 2000) ont trouvé que la compréhension dans les écoles Japonaises s'accomplit à travers la répétition et la mémorisation. Cette dernière est utilisée comme une technique pour

comprendre. Plus généralement, les deux processus a) compréhension puis mémorisation et b) mémorisation puis compréhension ont été observés (Mugler & Landbeck, 2000, p.198).

Le rapport PISA 2003 (Programme for International Student Assessment – Programme international pour le suivi des acquis des élèves) met en évidence certains résultats concernant les stratégies de mémorisation utilisées par les élèves dans 25 pays de l'OCDE : 66% des élèves de 15 ans apprennent une méthode permettant la résolution de problème en répétant des exemples, et 75% des élèves apprennent les mathématiques en essayant de se rappeler chaque étape d'une procédure.

IV.2.5. Trait de surface

Les étudiants de 18 – 19 ans ont des difficultés pour transformer une expression chimique ou pour faire les relations entre des représentations et les phénomènes parce qu'ils se limitent à des traits de surface des représentations (Kozma et Russell, 1997 ; Kozma, 2003).

Les élèves ont des modèles mentaux incomplets et incohérents, se représentant souvent les problèmes scientifiques par leurs traits de surface en fragments non intégrés par les relations formelles (Kozma et Russell, 1997). Leur compréhension peut être influencée par les éléments, les formes, les objets et les événements se situant dans une expression symbolique particulière. Ils peuvent avoir une compréhension différente d'un même phénomène s'il est exprimé dans une forme symbolique ou une autre. Là où les experts regroupent les problèmes par des principes fondamentaux basés sur les lois de physique, les novices utilisent des traits de surface (Gourgey, 1998).

IV.3. Questions de recherche

Les questions de recherche de ce chapitre ont été basées sur les trois sujets suivants.

- Question sur le choix des concepts

Quel est l'activité des élèves en relation avec leur choix des liens conceptuels de l'hyperfilm ?

- Question sur les facteurs influençant le choix des films

Le choix d'un film parmi une banque est-il plus fréquemment motivé (1) par une lecture superficielle de la question (donc par ses traits de surface), (2) ou par une lecture plus approfondie (cela se traduirait alors par une reformulation de la question), (3) ou par une nouvelle question que se posent les élèves suite à une discussion ? En plus de ces trois niveaux de lecture de la question posée, on peut également envisager que les élèves regardent à nouveau un film dont ils n'auraient pas mémorisé certaines informations.

- Question sur la mémorisation

On s'intéresse aux facteurs qui peuvent favoriser la mémorisation des films ou des

connaissances qu'ils mettent en jeu. Le souvenir d'avoir déjà vu un film ou non est-il influencé par la nature des images (vidéo, diaporama, animation) et le niveau plutôt perceptible ou reconstruit du texte qui les accompagne ?

IV.4. Méthodologie

Nous allons expliquer comment nous avons recueilli nos données concernant le choix des concepts et celui des films et comment nous les avons analysées.

IV.4.1. Méthode de prise de données

Nous avons reprenons la situation évoqués au chapitre 3 avec deux binômes (Elise et Florence ; Marie et Barthélemy). Le premier a travaillé avec l'hyperfilm reconstruit, le second avec l'hyperfilm perceptible. Les transcriptions des dialogues entre les élèves vont être cette fois utilisées pour comprendre pourquoi ils choisent un lien conceptuel ou un film.

Nous avons pris en compte la deuxième expérimentation réalisée avec deux autres binômes d'élèves de Première S (16-17 ans) : Gloria et Guy d'une part et Galla et Jérémy d'autre part. Ils ont regardé 7 films dans leurs versions P (perceptibles) et R (reconstruits). Cette expérimentation était constituée de deux phases à une semaine d'intervalle dont seule la seconde concerne ce chapitre, l'autre étant développée au chapitre suivant.

Deux questions suivantes ont été posées individuellement à ces 4 élèves :

1) Dans chacun des films dont vous vous rappelez, quels étaient les sujets (répondre avec le plus de plus de précision possible).

2) Décrire (brièvement, avec des schémas ou des phrases) les images dont vous vous rappelez.

IV.4.2. Méthode d'analyse

L'analyse des données a permis d'une part de comprendre l'activité des élèves en relation avec le choix des concepts et d'autre de mettre en évidence les facteurs influençant le choix d'un film qui va être regardé. Les méthodes d'analyse sur ces deux sujets sont présentées successivement.

IV.4.2.1. Méthode d'analyse sur le choix des liens conceptuels

Nous avons construit une grille d'analyse permettant de répondre à la question sur « *l'activité des élèves en relation avec le choix des concepts* ». On rappelle que des liens conceptuels, créés à partir des concepts présents dans les textes des films (voir le chapitre II), permettent de passer d'un film à un autre avec des concepts communs.

La présentation de la grille d'analyse (tableau 4.2) correspond au cas d'Elise et de Florence, qui ont travaillé avec un hyperfilm reconstruit, et permet de comprendre sa construction. Les deux premières colonnes indiquent quels concepts appartiennent aux textes perceptibles ou reconstruits, et dans ce cas, il y avait 7 concepts dont 6 dans la version reconstruite. La troisième montre la catégorisation des concepts mentionnés dans les pages de « film » des hyperfilms. Les concepts sont catégorisés, selon leurs utilisations dans les textes des films, en concepts catégoriel / formel, perceptible / reconstruit (voir IV.2.1.3, p.73-74). La quatrième colonne donne les concepts activés par les élèves lors de la question qui est indiquée à la cinquième. La sixième colonne donne les activités des élèves, en relation avec ce qui est indiqué dans les cinq premières colonnes, ce qui permet de répondre à la question de recherche posée.

Film <i>Acide corrosif</i>					
concepts mentionnés dans la page de « film »	concepts présents dans le texte du film	catégorisation des concepts	concepts cliqués par les élèves	dans quel question/ consigne	Activités en relation avec le choix des concepts
acide	oui	CCP/CCR (O/u)			
acide sulfurique concentré	non*	CCP (O)			
corrosif	oui	CCP (P)	X (2 fois)	question 1 (partie II) question 2 (partie II)	Pour chercher une information sur le concept <i>corrosif</i> parce que la question 1 de la partie III traitait de ce concept [CCP (P)] (Question 1 : <i>Que veut dire "corrosif" pour vous ?</i>). Pour chercher le film « Base corrosive » prescrit par la consigne de la partie III (Consigne : <i>Regarder les films "acide corrosif" et "base corrosive"</i>).
espèce chimique	oui	CCR (c)			
ion hydrogène H ⁺	oui	CCR (c)			
réaction chimique	oui	CCR (é)			

* Le concept correspondant est dans la version perceptible du film, d'où ce « non » car ce binôme a travaillé avec l'hyperfilm reconstruit.

Tableau 4.2 – Exemple d'utilisation de la grille d'analyse dans le cas d'Elise et de Florence

Les opérations de ces élèves sur l'écran ont permis de constater qu'un seul des 7 concepts a été activé : le concept *corrosif* (colonne 4). C'est un concept catégoriel dans le monde perceptible (CCP) ; il correspond à une propriété perceptible (P) dans le texte du

film (colonne 3) comme le montre l'analyse ci-dessous.

Tableau 4.3 – Analyse du texte reconstruit du film *Acide corrosif*

Les acides (O) sont corrosifs (P), comme le montre cette expérience. Les ions H^+ (o) en grand nombre dans cet acide (O) concentré (p) déshydratent (é) la cellulose (o) du papier (O) et la (o) détruisent (é) par une réaction chimique (é) rapide. Ce signe indique qu'un liquide (O) est corrosif (P). Il peut y avoir une réaction chimique (é) entre un acide (o) et les espèces chimiques (o) présentes dans la peau (O), surtout si l'acide (o) est concentré (p). Son utilisation requiert le port (E) de gants (O) de protection.

Elise et Florence ont cliqué deux fois sur le concept corrosif (colonne 4 du tableau 4.2) : une fois à la question 1 de la partie III et une fois à la question 2 de la partie III (colonne 5).

Dans la dernière colonne du tableau, les activités en relation avec le choix de ce concept montrent que les élèves ont cliqué sur corrosif alors qu'il était mis en jeu dans cette question. C'est un concept catégoriel dans le monde perceptible (CCP) qui correspond à une propriété perceptible (P) dans la question.

Une autre utilisation de ce concept corrosif s'est trouvée à l'occasion de la recherche du film « Base corrosive » prescrit par la consigne de la partie III. Les élèves n'avaient pas encore regardé ce film. Elles ont naturellement voulu le regarder parce que la question traitait de la propriété corrosive des acides et des bases. L'extrait concernant cette utilisation du concept corrosif est donné ci-dessous.

- Les élèves cherchent le film *Acide corrosif* et puis le regardent :

882 FI : « alors / les films acide corrosif [elle regarde la consigne de la partie III] »

883EI - 906FI : « [elles cherchent le film "Acide corrosif"] »

907 Fi - 917 Fi : « [elles regardent le film "Acide corrosif"] »

- Les élèves décident de regarder le film *Base corrosive* après :

930 FI : « eh ben fais base corrosive après »

931 EI : « ouais ben après »

932 FI : « après on fera / qu'est-ce que ça veut dire corrosif (?) [elle parle de la question 1 de la partie III] »

- Les élèves veulent regarder le film *Base corrosive* :

954 FI : « pourquoi à votre avis un acide et une base peuvent-ils être corrosifs (?) [elle lit la question 2 de la partie III] »

957 EI : « corrosif ouais [elle clique sur le concept "corrosif "] / base corrosive [elle clique sur le bouton jaune "Base corrosive"] »

959 EI : « pour la base on va regarder le machin »

960 FI : « et la base (?) »

961 EI : « [elle clique sur le bouton "film" vert pour regarder le film "Base corrosive"] »

L'intégralité des analyses concernant les liens conceptuels est donnée dans les annexes (voir l'annexe III.2).

IV.4.2.2. Méthode d'analyse sur le choix des films

Nous avons cherché à savoir *quels sont les facteurs influençant le choix d'un film qui va être regardé ? et avec quelle fréquence ?* Pour cela, nous avons fait l'hypothèse qu'un tel choix pouvait provenir :

- d'un *trait de surface de la question* (Kozma & Russell, 1997 ; Kozma, 2003), que nous considérerons être un mot présent dans le titre du film et qui se trouve également dans une question posée aux élèves.

- d'une *reformulation* (Gourgey, 1998) de la question posée au cours de la discussion.

- d'une *nouvelle question* (Palincsar & Brown, 1984), non posée par la tâche, que peuvent se poser les élèves lors de la discussion.

- de la *non-mémorisation* (Mayer & Moreno, 2002 ; Mayer, 2003) de certaines informations d'un film déjà vu, dont les élèves peuvent penser qu'ils ont besoin pour répondre à la question posée. Ils peuvent, pour cette raison, vouloir regarder le film une nouvelle fois.

Cela n'empêche pas que les élèves regardent un film parce que c'est une *consigne* de la tâche.

Nous avons déterminé les films regardés par les élèves à partir des enregistrements vidéos. Puis, nous avons analysé les dialogues des élèves concernant le choix des films. Nous donnons ci-dessous des exemples concernant notre analyse.

Cas d'un choix dicté par la consigne

4 Ma : « **avant de na na / regardez le film dissociation de HCl / et CH₃CO₂H et éventuellement d'autres films de votre choix [elle lit la consigne de la partie I]** »

5 Ba : « on peut aller dans acides »

6 Ma – 35 Ba : « [ils cherchent le film prescrit par la consigne en cliquant sur certains boutons] »

36 Ma : « [elle clique sur le bouton "chlorure d'hydrogène HCl"] et ben voilà [elle vu le bouton jaune "Dissociation de HCl et CH₃CO₂H" dans la page de "Menu de films"] »

37 Ba : « dissociation »

38 Ma : « [elle clique sur le bouton jaune "Dissociation de HCl et CH₃CO₂H"] »

39 Ba : « de HCl »

40 Ma : « [elle clique sur le bouton "film" vert] »

41 Fi : « les acides peuvent libérer un ion hydrogène / la boule blanche et la boule verte liées entre elles représentent une molécule de chlorure d'hydrogène HCl / la séparation de la boule blanche représente la libération d'ion H⁺ ... [ils regardent le film "**Dissociation de HCl et CH₃CO₂H**"] »

Après la lecture de la consigne de la partie I, Marie et Barthélemy ont commencé à chercher le film *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* prescrit et puis ils l'ont regardé. Ce choix était directement orienté par la consigne.

Cas d'un choix dicté par un trait de surface

285 FI : « on ajoute de l'acide chlorhydrique à la solution obtenue / expliquer pourquoi elle possède alors une odeur de vinaigre (?) [elle lit la question 4 de la partie I] »

[...]

444 EI : « peut-être dans les propriétés des bases là [elle clique sur le bouton "Menu"] / juste avant »

445 FI : « ah ouais / je vois ce que tu veux »

446 EI : « nous même / là-d'dans »

447 FI : « **pH du vinaigre (!) / tiens** [elle montre un bouton jaune dans "Propriétés des acides"] »

448 EI : « **ben ouais (!)** [elle clique sur le bouton jaune "pH du vinaigre"] / **j'avais même pas vu ça** »

449 FI : « réaction chimique / ben c'est peut-être ça (?) [elle montre un bouton sur l'écran] »

450 EI : « **attends / d'abord on va peut-être regarder pH du vinaigre** [elle clique sur le bouton "film" vert] »

451 FI : « ah mais / j'oublie toujours qu'il y a la caméra là [elle parle du bouton "film" vert] »

452 Fj : « pour montrer que le vinaigre est acide / on peut déterminer la concentration des ions H⁺ présents dans le vinaigre [elles regardent le film "**pH du vinaigre**"] »

Dans le cas de question 4 de la partie I, Elise et Florence étaient en train de chercher un film pour pouvoir répondre à la question sur l'odeur du vinaigre. Dès qu'elles ont vu le nom du film *pH du vinaigre* sur l'écran, elles ont voulu le regarder. Le choix de ce film était orienté par le trait de surface constitué du seul mot « *vinaigre* ».

Les analyses concernant le choix des films par les deux binômes sont données dans les annexes (voir l'annexe III.3).

IV.5. Résultats et discussion

Les résultats obtenus sur le choix des liens conceptuels et celui des films par les élèves sont donnés successivement. Une synthèse des résultats permettra de refermer ce chapitre.

IV.5.1. Résultats sur le choix des liens conceptuels

Nous allons présentés successivement deux études de cas, celle d'Elise et de Florence d'une part et celle de Marie et de Barthélemy d'autre part.

Cas d'Elise et de Florence

La grille d'analyse présentée ci-dessus permet de constater (tableau 4.4) que les élèves ont cliqué 12 fois sur les concepts mentionnés dans les pages de « film » :

- 8 fois pour chercher une information sur le concept mis en jeu dans la question (1)⁶
- 2 fois pour chercher une information sur le concept mis en jeu dans la discussion (2)
- 2 fois pour chercher le film prescrit par la consigne de la tâche (3)

Tableau 4.4 – Fréquence des activités en relation avec le choix des concepts dans le cas d'Elise et de Florence

Activités en relation avec le choix des concepts	% (combien de fois)
1	66,7% (8 fois)
2	16,7% (2 fois)
3	16,7% (2 fois)
Total	12 fois

Elise et Florence ont cliqué sur les concepts mentionnés dans les pages de « film » de l'hyperfilm surtout pour *chercher une information sur le concept mis en jeu dans la question* (66,7%). Les concepts cliqués et les activités en relation avec le choix des concepts sont présentés dans le tableau suivant.

⁶ Les chiffres (1, 2 et 3) codent les activités en relation avec le choix des concepts et vont être utilisés dans cette partie pour alléger la présentation des résultats.

Films	Concepts cliqués	Catégorisation des concepts	Activités en relation avec le choix des concepts
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	chlorure d'hydrogène HCl	CCR (o)	1 ^o [acide chlorhydrique/CCP (O)]
	ion éthanoate CH ₃ CO ₂ ⁻	CCR (o)	1 [éthanoate de sodium/CCP (O)] 1 [éthanoate de sodium/CCP (O)]
	libération d'ion H ⁺	CCR (e)	2 [acide/CCR (o)]
Exemples d'acides	acide chlorhydrique	CCR (o)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)] 2 [acide/CCR (p)]
	solution	CCP (O)	1 [solution/CCP (O)]
pH du vinaigre	solution	CCR (o)	1 [solution/CCP (O)] 3 [film « Acide corrosif »]
Acide corrosif	corrosif	CCP (P)	1 [corrosif/CCP (P)] 3 [film « Base corrosive »]
Exemples de bases	base	CCP/CCR (O/o)	1 [base/CCP (O)]

* Les numéros (1, 2, 3) utilisés dans la dernière colonne du tableau représentent les activités en relation avec le choix des concepts. Par exemple, « 1 [acide chlorhydrique/CCP (O)] » signifie que les élèves ont cliqué sur le concept de chlorure d'hydrogène HCl mentionné dans la page du film *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* pour chercher une information sur le concept d'acide chlorhydrique [CCP (O)] mis en jeu dans la question.

Tableau 4.5 – Concepts cliqués et activités en relation avec le choix de ces concepts dans le cas d'Elise et de Florence

A partir de l'analyse sur les liens conceptuels, nous avons trouvé qu'Elise et Florence ont cliqué :

- 12 fois sur 8 concepts parmi 36 mentionnés dans 5 pages de « film » de l'hyperfilm (tableau 4.5) ;
- sur 4 concepts (parmi ces 8) aux niveaux reconstruits dans les textes des films pour chercher une information sur les concepts aux niveaux perceptibles mis en jeu dans les questions (tableau 4.5).

Les concepts *acide chlorhydrique*, *solution* et *corrosif* cliqués par les élèves étaient présents à la fois dans les textes des films et dans les questions. Les deux premiers n'avaient pas de même nature dans ces deux lieux (tableau 4.5) et leur utilisation est présentée ci-dessous.

Texte du film *Exemples d'acides* (film commun) : Les **détartrants (O)** contiennent souvent de l' **acide chlorhydrique (o)** ou de l' **acide phosphorique (o) concentré (p)** . Le **suc gastrique (O)** contient de l' **acide chlorhydrique (o)** .

Question 4 (partie I) : On **ajoute (E)** de l' **acide chlorhydrique (O)** à la **solution (O)** obtenue. Expliquer pourquoi **elle (O)** possède alors une **odeur de vinaigre (P)** ?

Le concept *acide chlorhydrique* correspond à un objet reconstruit dans le contexte du texte du film et à un objet perceptible dans celui de la question.

Texte reconstruit du film *pH du vinaigre* : On peut donc dire que le **vinaigre (O)** est une **solution (o) acide (p)** .

Question 4 (partie I) : On **ajoute (E)** de l' **acide chlorhydrique (O)** à la **solution (O)** obtenue. Expliquer pourquoi **elle (O)** possède alors une **odeur de vinaigre (P)** ?

Le concept *solution* correspond à un objet reconstruit dans le contexte du texte du film et à un objet perceptible dans celui de la question.

Ces exemples montrent que pour ces élèves il n'y a donc pas de différence entre l'utilisation perceptible et l'utilisation reconstruite du même concept. Cela n'a pas été un obstacle pour naviguer dans l'hyperfilm.

· Cas de Marie et de Barthélemy

Les résultats obtenus sur les liens conceptuels sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 4.6 – Fréquence des activités en relation avec le choix des concepts dans le cas de Marie et de Barthélemy

Activités en relation avec le choix des concepts	% (combien de fois)
1	84,6 % (22 fois)
2	7,7 % (2 fois)
3	7,7 % (2 fois)
Total	26 fois

Comme dans le précédent cas, Marie et Barthélemy ont cliqué sur les concepts mentionnés dans les pages de « film » surtout pour *chercher une information sur le concept mis en jeu dans la question de la tâche* (84,6 %). Les concepts cliqués et les activités en relation avec le choix des concepts sont présentés dans le tableau suivant.

Films	Concepts cliqués	Catégorisation des concepts	Activités en relation avec le choix des concepts
HCl et H ₃ O ⁺ acides de Brønsted	chlorure d'hydrogène HCl acide	CCP (c)	3 [film « Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H »]
		CCR (c)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	ion éthanoate CH ₃ CO ₂ ⁻	CCR (c)	1 [éthanoate de sodium/CCP (O)] 1 [éthanoate de sodium/CCP (O)] 2 [équation chimique/représentation symbolique]
		CCR (c)	1 [éthanoate de sodium/CCP (O)]
Notation générale des deux-équations	ion éthanoate CH ₃ CO ₂ ⁻ acide	CCR (c)	1 [éthanoate de sodium/CCP (O)] 1 [pH/CCR]
		CCP/CCR (O/s)	2 [acide/CCR (c)] 3 [film « Acide corrosif »]
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	acide chlorhydrique réaction chimique	CCP (O)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
		CCR (c)	1 [odeur de vinaigre/CCP (P)]
pH du vinaigre	acide réaction chimique	CCP/CCR (P/p)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)] 1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
		CCR (c)	1 [odeur de vinaigre/CCP (P)]
Exemples d'acides	acide acide chlorhydrique solution	CCP (O/P)	1 [acide/CCR (p)]
		CCR (c)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
		CCP (O)	1 [solutum/CCP (O)] 1 [cendre/CCP (O)]
Vinaigre et soude	acide	CCR (c)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
HCl acide de Brønsted	acide chlorhydrique réaction chimique	CCP/CCR (O/s)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
		CCR (c)	1 [odeur de vinaigre/CCP (P)]
Acide conductivité	acide chlorhydrique solution	CCP (O)	1 [acide chlorhydrique/CCP (O)]
		CCP (O)	1 [cendre/CCP (O)]
Base corrosive	corrosif	CCP/CCR (P/p)	1 [corrosif/CCP (P)]
Acide corrosif	corrosif ion hydrogène H ⁺	CCP (P)	1 [corrosif/CCP (P)]
		CCR (c)	1 [acide/CCP (P)]

Tableau 4.7 – Concepts cliqués et activités en relation avec le choix de ces concepts dans le cas de Marie et de Barthélemy

A partir de l'analyse sur les liens conceptuels, nous avons trouvé que Marie et Barthélemy ont cliqué :

- 26 fois sur 20 concepts parmi 95 mentionnés dans 11 pages de « film » de l'hyperfilm (tableau 4.7) ;
- sur 9 concepts (parmi ces 20) aux niveaux reconstruits dans les textes des films pour chercher une information sur les concepts aux niveaux perceptibles mis en jeu dans les questions (tableau 4.7).

Les concepts *acide*, *acide chlorhydrique*, *solution* et *corrosif* cliqués par les élèves étaient présents à la fois dans les textes des films et dans les questions. Les deux premiers n'avaient pas de même nature dans ces deux lieux (tableau 4.7) :

- concept *acide* : (O/P) dans le texte du film et (p) dans la question de la tâche

- concept *acide chlorhydrique* : (o) dans le texte du film et (O) dans la question de la tâche

Ce dernier résultat montre que pour ces élèves, comme l'autre binôme d'élèves, il n'y avait pas donc une différence entre l'utilisation perceptible et l'utilisation reconstruite du même concept.

Notre travail sur les liens conceptuels a mis en évidence que les élèves cliquent sur les concepts mentionnés dans les pages de « film » pour chercher une information dans les hyperfilms. Quand ils cherchent une information relative à un concept (mis en jeu dans la question posée ou dans la discussion), s'ils disposent d'une liste de concepts, ils peuvent choisir un de ces concepts en lien très étroit avec leur recherche. Nous avons constaté que l'utilisation de ces concepts est relative plutôt à la recherche d'une information sur les concepts mis en jeu dans les questions de la tâche (76%).

IV.5.2. Résultats sur le choix des films

L'analyse des enregistrements vidéos a mis en évidence les films (prescrits ou non prescrits) regardés par les deux binômes d'élèves (tableau 4.8).

Films regardés par les deux binômes	Elise – Florence		Marie – Barthélemy	
	<i>films prescrits</i>	<i>films non prescrits</i>	<i>films prescrits</i>	<i>films non prescrits</i>
Acide carbonique	1 fois		1 fois	1 fois
Base corrosive	1 fois		1 fois	
Usucité de la cendre		1 fois		
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H	1 fois	1 fois	1 fois	1 fois
Dissociation – équation		1 fois		
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	1 fois	3 fois	1 fois	4 fois
Exemple de couple acide/base : HCO ₃ ⁻ /CO ₃ ²⁻		1 fois		
Exemple de couple acide/base : NH ₄ ⁺ /NH ₃		1 fois		
Exemples d'acides				1 fois
Exemples de bases		1 fois		
Exemples de couples acide base		1 fois		
Notation générale des demi-équations				1 fois
pH du vinaigre		1 fois		1 fois
Vinaigre et soude				1 fois
<i>Total (fois)</i>	<i>4 fois</i>	<i>11 fois</i>	<i>4 fois</i>	<i>10 fois</i>
<i>Total (films)</i>	<i>4 films</i>	<i>9 films</i>	<i>4 films</i>	<i>7 films</i>

Tableau 4.8 – Films regardés par les élèves selon leur catégorie

Nous avons constaté que les élèves n'arrivent pas à répondre à certaines questions de la tâche avec leurs connaissances préalables ou avec celles des films prescrits par les consignes. On peut donc penser qu'ils ont eu besoin de regarder certains films non prescrits pour pouvoir répondre à des questions de la tâche. La question sera de savoir si certaines informations présentes dans les films ont été prises en compte dans leur réponse.

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

Le tableau suivant montre les films regardés par les élèves à partir des facteurs influençant le choix des films.

Tableau 4.9 – Films regardés par les élèves selon les facteurs influençant leur choix

Films regardés par les élèves	Elise – Florence	Marie – Barthélemy
Acide corrosif	Consigne	Consigne
Acide corrosif		Non-mémorisation
Base corrosive	Consigne	Consigne
Basicité de la cendre	Trait de surface	
Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	Consigne	Consigne
Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	Non-mémorisation	Non-mémorisation
Dissociation – équation	Nouvelle question	
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Trait de surface	Trait de surface
Effet de l'addition d'un acide sur le pH		Non-mémorisation
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Consigne	Consigne
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Non-mémorisation	Non-mémorisation
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Nouvelle question	Non-mémorisation
Exemple de couple acide/base : $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$	Trait de surface	
Exemple de couple acide/base : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	Trait de surface	
Exemples d'acides		Trait de surface
Exemples de bases	Trait de surface	
Exemples de couples acide/base	Trait de surface	
Notation générale des demi-équations		Reformulation
pH du vinaigre	Trait de surface	Trait de surface
Vinaigre et soude		Trait de surface

Ces informations confirment notre hypothèse puisque tous nos facteurs apparaissent au moins une fois et qu'il n'est de film choisi pour une autre raison. La fréquence des ces facteurs est donnée dans le tableau suivant.

Binômes d'élèves	Facteurs influençant le choix d'un film				
	Consigne	Trait de surface	Reformulation	Nouvelle question	Non-mémorisation
Elise – Florence	4 fois	7 fois	—	2 fois	2 fois
Marie – Barthélemy	4 fois	4 fois	1 fois	—	2 fois
Total	8 fois	11 fois	1 fois	2 fois	4 fois
	(26%)	(34%)	(3%)	(7%)	(12%)

Tableau 4.10 – Nombre de choix des élèves (N = 29 choix)

La présence de ces cinq facteurs montre que les élèves ne regardent pas un film au hasard. Nous pensons que le facteur de *consigne* appartient au niveau *conventionnel* de Thévenot (1998). Les élèves, volontaires pour participer à cette expérimentation n'ont pas de raison de ne pas respecter ce type de consigne. Les quatre autres facteurs appartiennent au niveau *téléologique* de Thévenot (1998 ; voir la partie "action" du chapitre III) ; l'action de regarder un film est guidée par un but.

Nous allons détailler chaque facteur influençant le choix d'un film qui va être regardé.

Trait de surface

Les 9 films choisis avec un "trait de surface (11 fois - 38%)" sont donnés dans le tableau suivant.

Questions posées	Films regardés par les élèves	Traits de surface	Elise Florence	Marie Barthélemy
Q3 (partie D) : Que peut-on dire du pH de la solution obtenue ? (à pourquoi ?)	Effet de l'addition d'un <u>acide</u> sur le <u>pH</u>	<u>pH</u>		X
Q4 (partie I) : On ajoute de l' <u>acide chlorhydrique</u> à la solution obtenue. Expliquez pourquoi elle possède alors une odeur de <u> vinaigre</u> ?	Effet de l'addition d'un <u>acide</u> sur le pH	<u>acide</u>	X	
	<u>pH du vinaigre</u> <u>Vinaigre et soude</u>	<u>vinaigre</u>	X	X X
Q (partie IV) : Vous disposez d'un indicateur coloré inconnu, d'un peu de <u> cendre</u> , de quelques tubes à essais et d'autres objets courant de laboratoire. Est ce suffisant pour montrer, à l'aide d'une expérience que vous décrivez, si la boisson est plutôt <u>acide</u> ou plutôt <u>basique</u> ?	Basacité de la <u>cendre</u>	<u>cendre</u>	X	
	Exemples d' <u>acides</u>	<u>acide</u>		X
	Exemples de bases	<u>basique</u>	X	
Q (partie I) : Vous voulez expliquer à un élève de collège ce qu'est un "couple <u>acide/base</u> ". Vous disposez de la banque de film. Comment vous y prendriez-vous ?	Exemples de couples <u>acide/base</u>		X	
	Exemple de couple <u>acide/base</u> : $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$	<u>couple acide/base</u>	X	
	Exemple de couple <u>acide/base</u> : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$		X	

Tableau 4.11 – Traits de surface utilisés par les élèves

A multiplication des films regardés pour certaines questions peut s'interpréter par le fait qu'une recherche par traits de surface est peu propice à disposer d'informations pertinentes.

Dans le cas de question 4 de la partie I, Elise et Florence choisent le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*. Ce choix est orienté par le trait de surface "acide" présent dans la question comme le montre l'extrait suivant.

285 FI : « on ajoute de l'acide chlorhydrique à la solution obtenue / expliquer pourquoi

elle possède alors une odeur de vinaigre (?) [elle lit la question 4 de la partie I] »

286 EI : « alors / acide chlorhydrique (?) »

287 FI : « eh be::n / on a qu'à écrire / l'autre demi-équation (?) / et puis faire une équation complète (?) »

288 EI : « mais j'sais là-d'dans il y a une explication / tu sais [elle montre l'écran] »

289 FI : « mais / c'est vrai »

290 EI – 404 EI : « [elles cherchent un film en cliquant sur certains boutons] »

405 FI : « **eh ben / effet de l'addition d'un acide sur le pH** [elle montre un bouton jaune dans la page de "Menu de films"] / **c'est ça / on rajoute de l'acide sur::** [elle regarde la question 4] »

406 EI : « ben là on veut savoir pourquoi c'est l'odeur [elle parle de la question 4] / on peut pas savoir:: + »

407 FI : « ben ouais mais si ça s'trouve ils vont nous dire que eh »

408 EI : « [elle clique sur le bouton jaune "Effet de l'addition d'un acide sur le pH" dans la page de "Menu de films"] »

409 FI : « on met le film voir [elle montre le bouton "film" vert] »

410 EI : « [elle clique sur le bouton "film" vert] »

411 Fi : « dans ce film on va montrer qu'à chaque fois qu'un acide est ajouté à une solution / il y a une diminution du pH ... [elles regardent le film "**Effet de l'addition d'un acide sur le pH**"] »

L'importance de la mise en jeu des traits de surface dans l'apprentissage de la chimie a révélé que la compréhension de cette discipline se construisait sur les traits perceptifs ou de surface des signes physiques et des expressions symboliques (Kozma & Russell, 1997 ; Kozma et al., 2000 ; Kozma, 2003). Les traits de surface semblent être des aides performantes pour déterminer l'analogie entre différents problèmes (Ross, 1989).

L'utilisation de traits de surface par des élèves n'est pas une nouveauté (Kozma & Russell, 1997 ; Russell et al., 1997 ; Gourgey, 1998 ; Kozma et al., 2000 ; Kozma, 2003), mais le dispositif de recherche utilisant l'hyperfilm a permis cette observation dans le choix d'un film ce qui à notre connaissances est nouveau. Même si investissement cognitif des élèves qui pratiquent de la sorte peut être considéré comme faible, cela reste une source d'apprentissage des sciences.

· Reformulation

Nous avons constaté qu'un seul film a été choisi à partir du facteur "reformulation (1 fois -3%)". Le film visionné et la reformulation par les élèves de la question posée sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 4.12 – Reformulation par Marie et Barthélemy de la question posée

Question posée	Reformulation de la question posée	Pourquoi	Film regardé par les élèves
Q2 (partie I) : Comment peut-on <u>représenter</u> ce qui se passe en solution quand on ajoute de l'éthanoate de sodium dans de l'eau pure ?	<i>On marque là une <u>équation</u> ?</i>	Pour représenter le système chimique en utilisant une équation	Notation générale des demi-équations

Ces élèves, en discutant sur la représentation du système chimique, ont mentionné la possibilité d'une réaction : « 99 Ma : ça fait / plus H / H₂ O / égal + et après t'as la réaction ». Lors de cette discussion, ils ont reformulé la question posée en terme d'équation chimique : « 102 Ba : on marque là / une équation (?) ». A partir de cette reformulation, ils ont décidé de regarder un film sur l'équation chimique : « 103 Ma : ben pourquoi pas / attends on va regarder l'équation ». Ainsi, le choix du film *Notation générale des demi-équations* a été orienté par la reformulation de la question posée. Après avoir vu ce film, ils ont décidé d'utiliser des demi-équations pour représenter le système chimique : « on peut représenter ce qui se passe en faisant des demi-équations [réponse écrite] ».

La reformulation de la question posée en termes d'*équation chimique* était correcte du point de vue de la chimie parce que la réaction entre l'éthanoate de sodium et l'eau se représente par l'utilisation d'une équation chimique. En revanche, la réponse donnée par les élèves à la question en termes de *demi-équations* est incorrecte. Les élèves n'avaient pas les connaissances suffisantes pour interpréter l'idée du film pour se l'approprier.

La compréhension d'un texte par un individu peut avoir lieu au moyen d'une reformulation qui entraîne l'utilisation de mots qui ne sont pas dans le texte (Gourgey, 1998). Dans notre travail, Marie et Barthélemy ont également reformulé la question posée par la tâche en utilisant leur propos mots. Nous pouvons penser être en présence de l'indice de la construction d'une compréhension sur la représentation du système chimique, ce qui n'est jamais banal en Première S.

Nouvelle question

Les deux films choisis à partir du facteur "nouvelle question (2 fois - 7%)" sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 4.13 – Nouvelles questions que se sont posées les élèves

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

Questions posées	Nouvelles questions que se sont posées les élèves	Pourquoi	Films regardés par les élèves
Q3 (partie I) : Que peut-on dire du pH de la solution obtenue ? Et pourquoi ?	<i>il faut savoir est-ce que dans l'eau il [CH₃CO₂H] devie::nt ?</i>	pour décrire la propriété du système chimique (acide ou basique)	Dissociation –équation
Q1 (partie II) : Combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de gauche ?	<i>y a quoi qui:: monte pour aller là-d-dans [bécher] ?</i>	pour améliorer la reconstruction du système chimique	Effet de l'addition d'un acide sur le pH

Après avoir lu la question "que peut-on dire du pH de la solution obtenue ?", Elise et Florence ont discuté de la propriété acido-basique de la solution : « 229 EI : *toi / tu penses qu'elle [solution] est basique (?)* » ; « 230 FI : *et toi / tu penses qu'elle [solution] est acide (?)* ». Elles se sont aussi posées la question : « 240 FI : *en fait / il faut savoir est-ce que dans l'eau il [CH₃CO₂H] devie::nt (?)* » pour déterminer les espèces chimiques formés dans le milieu après la dissolution de l'éthanoate de sodium dans l'eau. Pour répondre à leur propre question, elles ont cherché un film qui pouvait les informer : « 241 EI : *on peut pas l' savoir là [elle montre l'écran]* ». Puis, elles ont choisi le film *Dissociation – équation* qu'elles ont regardé. Ce choix a été donc orienté par la nouvelle question. Cependant, le film ne leur a pas permis de répondre à leur propre question parce qu'il y était question d'une propriété chimique de l'acide HCl : « *l'acide HCl est une entité chimique capable de libérer son ion H⁺* (film) ». Pour cette raison, il n'a pas été discuté.

Dans une autre situation, alors que la question était "combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de gauche ?", Elise et Florence ont discuté sur les informations données dans le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH* sur lequel portait la question. Elles se sont posées certaines questions différentes de celle posée : « 658 FI : *y a quoi qui:: monte pour aller là-d-dans [bécher] (?)* » ; « 659 EI : *ça c'est le CO₂ qui s'échappe ici [bécher] non (?) / dans le tuyau marron ils ont dit / c'est le CO₂ qui est produit là [bécher] / qui va là-d-dans [ballon]* ». Les élèves ont voulu regarder une nouvelle fois le film pour comprendre le système chimique présenté : « 661 EI : *moi / c'est ce que j'ai compris hein* » ; « 662 FI : *be::n remets / on verra bien* ». Ainsi, le choix de ce film a été orienté par ces nouvelles questions.

La stratégie "questionner" est puissante chez les élèves qui peuvent, lors de la discussion sur un texte, se poser des questions sur un passage qui contient les informations importantes (Palincsar & Brown, 1984). Les questions que se posent Elise et Florence peuvent aussi être considérées comme portant sur des points importants du film puisqu'elles relèvent de la constitution du système chimique. On note ainsi ce parallèle entre le fonctionnement des élèves à propos d'un texte et d'un film.

- Non-mémorisation

En ce qui concerne le facteur "non-mémorisation (7 fois - 24%)" influençant le choix des films, nous donnons ci-dessous deux tableaux contenant des informations sur les films non mémorisés en relation avec les questions posées aux élèves.

Tableau 4.14 – Films (reconstruits) non mémorisés par Elise et Florence

Questions posées	Films regardés par les élèves	Durée des films	Nature des images de films
Q3/PI : sur le pH de la solution obtenue	Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	40 sec.	Diaporama
Q1/PII : sur le nombre de réaction chimique dans le ballon	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	1 min. 49 sec.	Vidéo

Tableau 4.15 – Films (perceptibles) non mémorisés par Marie et Barthélemy

Questions posées	Films regardés par les élèves	Durée des films	Nature des images de films
Q1/PI : sur la propriété de l'éthanoate de sodium (être soluble dans l'eau)	Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	59 sec.	Diaporama
Q4/PI : sur la propriété de la solution (odeur de vinaigre)	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	1 min. 50 sec.	Vidéo
Q1/PII : sur le nombre de réaction chimique dans le ballon	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	1 min. 50 sec.	Vidéo
Q2/PII : sur le nombre de réaction chimique dans le bécher	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	1 min. 50 sec.	Vidéo
Q2/PIII : sur la propriété corrosive des acides et des bases	Acide corrosif	44 sec.	Vidéo

Les observations des tableaux 4.14 et 4.15 montrent que les élèves n'ont pas mémorisé certaines informations de trois films qui pourtant ne durent qu'entre 1 et 2 min, ce que nous allons discuter ci-dessous.

- Le film *Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$* (2 fois - 7%)

Nous avons également constaté que trois autres binômes (Adrien – Logan ; Annie – Margot ; Sylvain – Aurore) ont eu besoin de regarder une nouvelle fois ce film dont la non-mémorisation apparaît donc générale, et l'on peut légitimement se demander pourquoi. Les images (statiques) et les textes (perceptible et reconstruit) de ce film mettent en jeu de nombreuses connaissances aux niveaux reconstruits : objets (ions et molécules), événements (libération d'ions H^+ et formation d'ions) et représentations symboliques (demi-équations). Le sens de ces concepts a déjà été décrit comme difficile à construire dans d'autres situations ne mettant pas en jeu des films : il s'agissait d'atomes et de molécules (Taber, 1998), d'ions (Ross & Munby, 1991) ou d'équation chimique : « *le concept d'équation de réaction est un concept complexe dont la maîtrise nécessite une forte capacité d'abstraction* » (Laugier & Dumon, 2004). Cela peut provenir : (a) de l'incapacité de plusieurs élèves à employer les opérations formelles ou (b) de la

lacune de connaissances correctes ou convenables préalables à l'apprentissage (Tsaparlis, 1997). Cette nécessité d'abstraction demeure donc même si les informations arrivent par un support multimédia qui pourtant les présente sous une forme différente de celle classiquement utilisée à l'école et dans les livres.

Deux exemples illustrent la non-mémorisation de ce film. Les actions et les dialogues montrent que les élèves ont voulu regarder une nouvelle fois le film *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* parce qu'ils ne sont pas arrivés à faire un lien entre la question posée et ce dont ils se souviennent du film.

1) Exemple (dans le cas d'Elise et de Florence)

149 FI : « que peut-on dire du pH de la solution obtenue (?) / et pourquoi (?) [elle lit la question 3 de la partie I] »

150 EI : « déjà si elle [solution] est l'acide (?) / donc eu::h »

151 FI : « hm + »

152 EI – 175 FI : « [elles cherchent un film en cliquant sur certains boutons] »

176 EI : « [elle clique sur le bouton jaune "Dissociation de HCl et CH₃CO₂H" dans la page de "Menu de films"] »

177 FI : « **eh là / alors / il disait quoi déjà (?)** [elle montre le bouton "film" vert] »

178 EI : « **be::n / voilà** [elle clique sur le bouton "film" vert] »

179 FI : « **on va revoir** »

180 EI : « il disait e::h »

181 FI : « les acides peuvent libérer un ion hydrogène / c'est le cas du chlorure d'hydrogène / en libérant un ion hydrogène H⁺ / il y a simultanément formation d'un ion chlorure Cl [elles regardent le film "**Dissociation de HCl et CH₃CO₂H**"] »

2) Exemple (dans le cas de Marie et de Barthélemy)

44 Ba : « l'éthanoate de sodium / est une poudre blanche soluble dans l'eau / que signifie cette phrase pour vous (?) [il lit la question 1 de la partie I] »

45 Ma : « (rire) »

46 Ba : « (rire) est une poudre blanche soluble dans l'eau [il lit la question 1 de la partie I] / ben ++ »

47 Ma : « **attend on va le remettre** [elle parle du film "Dissociation de HCl et CH₃CO₂H"] »

48 Ba : « **ouais** »

49 Ma : « [elle clique sur le bouton qui recommence le film au début] »

50 FI : « les acides peuvent libérer un ion hydrogène [ils regardent le film "**Dissociation de HCl et CH₃CO₂H**"] »

• Le film Effet de l'addition d'un acide sur le pH (4 fois - 14%)

Les questions de la partie II traitaient du nombre de réactions chimiques présentes dans ce film (nombre de réactions chimiques dans le ballon et dans le bécher). Ce dernier

a été regardé plusieurs fois par les élèves parce qu'il évoquait plusieurs événements : *addition de l'acide, changement de couleur, production du CO₂ et diminution du pH* dans le ballon ; *effervescence, barbotage et diminution du pH* dans le bécher. Certains événements reconstruits annoncés dans le texte du film n'étaient pas représentés à l'image : la production du CO₂ et la diminution du pH dans le ballon. Ces remarques permettent de penser que deux raisons expliquent cette non-mémorisation :

1) *l'effet de charge cognitive*⁷ : la présence de plusieurs événements est la cause de cette non-mémorisation.

2) *l'effet de double codage*⁸ : certaines informations données par le texte du film n'étaient pas présentes dans l'image, entraînant la non-mémorisation de ces informations présentées uniquement par le texte. Les travaux de recherche sur l'apprentissage multimédia ont montré que la mémorisation et la compréhension d'une information sont meilleures avec la combinaison texte-image par rapport à l'utilisation du texte seul (Mayer & Moreno, 2002 ; Mayer, 2003).

Nous avons également constaté la non-mémorisation de ce film dans le cas de quatre autres binômes (Adrien – Logan ; Annie – Margot ; Pascal – Ahlem ; Sylvain – Aurore). Ils ont souvent arrêté le film pour en utiliser les informations dans leurs réponses, et ils ont regardé plusieurs fois une même séquence quand ils n'ont pas compris des informations données dans cette séquence du film. Ces observations supplémentaires confortent l'idée que la non-mémorisation de ce film était vraisemblablement due à une surcharge cognitive et due à l'abondance d'événements présentés, comme l'illustrent cet extrait de Marie et de Barthélemy relatif à ce film.

188 Ba : « on ajoute de l'acide chlorhydrique à la solution obtenue [il lit la question 4 de la partie I] / donc là on ajoute + elle ça a une odeur de vinaigre + »

189 Ma : « [elle clique sur le concept "acide"] »

190 Ba : « c'était de l'acide eh / l'éthanoate de sodium [elle regarde la question 2] + »

191 Ma : « [elle clique sur le bouton jaune "Exemples d'acides" dans la page de "Menu de films"] alors / acide chlorhydrique [elle clique sur le concept "acide chlorhydrique"] / acide conductivité / effet de l'addition / d'un acide sur le pH [elle lit les noms des boutons jaunes dans la page de "Menu de films"] / ben ça on a dit que ça diminuait / **t'es sûr que ça parlait pas du vinaigre dans le truc (?)** [elle parle du film "**Effet de l'addition d'un acide sur le pH**"] »

192 Ba : « **on peut remettre (?)** / mais bon »

193 Ma : « hm »

194 Ba : « (inaud.) c'est ça (?) »

195 Ma : « c'est ça [elle clique sur le bouton jaune "**Effet de l'addition d'un acide**]

⁷ Chaque sous système, verbal ou visuel, de la mémoire de travail a une capacité limitée pour stocker des informations (Chandler & Sweller, 1991 ; Baddeley, 1992).

⁸ La supériorité de l'image sur le texte aux niveaux du traitement et de l'encodage des informations (Clark & Paivio, 1991).

sur le pH" et puis elle clique sur le bouton "film" vert] »

196 Fi : « dans ce film on va montrer »

197 Ma : « oh là [elle a perdu la fenêtre du film et puis elle a cliqué une nouvelle fois sur le bouton "film" vert] »

198 Fi : « dans ce film on va montrer qu'à chaque fois qu'un acide est ajouté à une solution / il y a une diminution du pH / pour cela / on a construit un montage expérimental en deux parties reliées par un tuyau marron ... [ils regardent le film "**Effet de l'addition d'un acide sur le pH**"] »

325 Ba : « combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon / de droite (?) [il lit la question 1 de la partie II] »

326 Ma : « ouais »

327 Ba : « justifier votre réponse en utilisant ce film / ou d'autres / de votre choix / combien de réactions chimiques / permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de droite (?) [il lit la question 1 de la partie II] / combien de réactions chimiques (?) »

328 Ma : « quatrième degré / mets voir c'est c'est quoi t'ajoutes l'acide (?) / **attends on va le mettre en grand** [elle clique sur le bouton qui recommence le film au début] »

329 Fi : « dans ce film on va montrer qu'à chaque fois qu'un acide est ajouté à une solution / il y a une diminution du pH / pour cela / on a construit un montage expérimental en deux parties reliées par un tuyau marron ... [ils regardent le film "**Effet de l'addition d'un acide sur le pH**"] »

489 Ma : « combien de réactions physiques / chimiques / permettent d'expliquer ce qui se passe dans le bécher de gauche (?) [elle lit la question 2 de la partie II] / il faut revoir le film / ben on ajoute de:: de les / donc ils ont ajouté l'acide / le CO₂ c'e::st / c'e::st / est parti dans le bécher de droite / et la:: / et la:: solution c'est acide Ici / ben elle a changé d'couleur [elle clique sur le bouton "film" vert] »

490 Ba : « parce qu'elle s'est acidifiée »

491 Ma : « ouais »

492 Fi : « dans ce film on va montrer qu'à chaque fois qu'un acide est ajouté [ils regardent le film "**Effet de l'addition d'un acide sur le pH**"] »

Ce qui est mémorisé après une semaine

Dans une autre expérimentation, nous avons demandé à 4 élèves (Galla, Jérémy, Gloria et Guy) ce qu'ils avaient mémorisé des films avec lesquels ils avaient travaillé une semaine plus tôt. La réponse écrite de Galla illustre les souvenirs qu'elle pouvait avoir.

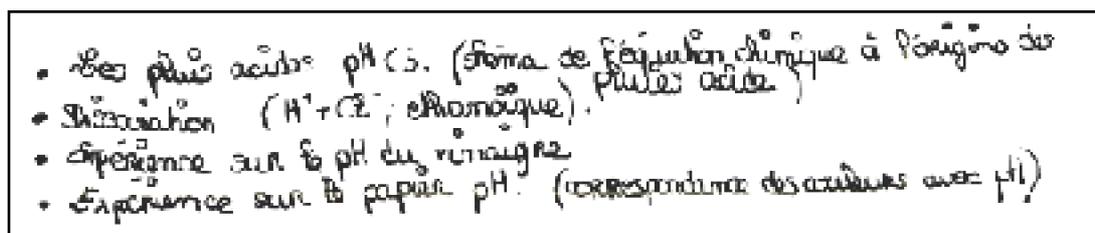


Image 4.1 – Réponse écrite de Galla

Nous avons constaté que cette élève se rappelait de trois des sept films qu'elle avait vu. Les réponses écrites des autres élèves sont données dans les annexes (voir l'annexe III.7).

Le tableau suivant montre les films dont les élèves se souviennent au bout de 8 jours.

Films regardés	Nature des textes de films	Films rappelés		Nature des textes de films	Films rappelés	
		Gloria	Guy		Galla	Jérémy
Dissociation - animation microscopique	Perceptible	X		Reconstruit		
Effets des pluies acides	Perceptible	X	X	Reconstruit	X	X
Pollution de l'air	Perceptible	X	X	Reconstruit		X
Dissociation de HCl et Cl ₂ CH ₂ H	Reconstruit		X	Perceptible	X	X
HCl acide de Brønsted	Reconstruit		X	Perceptible		X
pH du vinaigre	Reconstruit		X	Perceptible	X	X
Vinaigre et soude	Reconstruit	X	X	Perceptible		X

Tableau 4.16 – Films dont les élèves se souviennent en fonction de la nature des textes

Comme on le voit dans le tableau 4.16, les élèves se rappelaient à la fois de films perceptibles et de films reconstruits après une semaine. Cela laisse penser que la mémorisation des films n'est pas relative à la nature des textes de films. Nous allons voir qu'elle dépend en revanche des niveaux des connaissances mises en jeu. Nous allons examiner en même temps, grâce au tableau suivant, l'influence des effets de primauté et de récence⁹.

⁹ D'après le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus (1885, cité Weil-Barais, 1999) la mémorisation est supérieure pour les items apparaissant au début d'une liste, effet de primauté, et à la fin, effet de récence.

Ordre des films regardés par les élèves Clotilde-Guy	Films rappelés		Ordre des films regardés par les élèves Galla-Jérémy	Films rappelés	
	Galla	Guy		Galla	Jérémy
Pollution de l'air (1)	X	X	Dissociation - animation microscopique (1)		
Effets des pluies acides (2)	X	X	Effets des pluies acides (2)	X	X
Dissociation - animation microscopique (3)	X		Pollution de l'air (3)		X
Pollution de l'air (4)	X	X	Effets des pluies acides (4)	X	X
HCl acide de Brønsted (5)		X	Pollution de l'air (5)		X
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H (6)		X	Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H (6)	X	X
pH du vinaigre (7)		X	HCl acide de Brønsted (7)		X
Vinaigre et soude (8)	X	X	pH du vinaigre (8)	X	X
Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H (9)		X	Vinaigre et soude (9)		X
			HCl acide de Brønsted (10)		X
			Dissociation de HCl et CH ₃ CO ₂ H (11)	X	X

Tableau 4.17 – Détermination des effets de primauté et de récence

L'ordre dans lequel les élèves ont vu les films est donné en caractère gras. Il a été déterminé à partir des enregistrements vidéos pendant la première phase de l'expérimentation (voir l'annexe III.5).

Nous n'avons pas vraiment observé d'effets de primauté (2 élèves sur 4 pour le premier film vu) et de récence (3 élèves sur 4 pour le dernier film vu) probablement parce que ces effets concernent un questionnement immédiat, et pas après une semaine. De plus, un film ne semble pas mémorisé en relation avec le nombre de fois qu'il a été vu puisque certains élèves s'en rappellent après un seul visionnement (*Vinaigre et soude* ou *pH du vinaigre*) et que d'autres ne s'en souviennent pas après deux visionnements (*HCl acide de Brønsted*). En revanche, le film *Effets des pluies acides*, qui n'était ni le premier ni le dernier mais le deuxième film vu, a été mémorisé par les quatre élèves. Il traitait d'un événement de la vie quotidienne qui concerne généralement tout le monde (Eichler et al., 2004 ; Stavridou & Marinopoulos, 2001), ce qui peut être un facteur important de la mémorisation.

La relation entre la mémorisation des films et la nature des images est donnée dans le tableau suivant.

Films regardés par les élèves	Nature des images de films	Films rappelés par les élèves			
		Gloria	Guy	Galie	Jérémy
Dissociation - animation microscopique	Animation	X			
Effets des pluies acides	Diaporama	X	X	X	X
Pollution de l'air	Diaporama	X	X		X
Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	Diaporama		X	X	X
HCl acide de Brønsted	Animation		X		X
pH du vinaigre	Animation		X	X	X
Vinaigre et soude	Vidéo	X	X		X

Tableau 4.18 – Films dont les élèves se souviennent en fonction de la nature des images

La mémorisation des films ne semble pas influencée par la nature des images (animation, diaporama, vidéo), ce qui est en accord avec le fait que les représentations visuelles dynamiques ne sont en général pas supérieures à celles qui sont statiques (Lewalter, 2003).

Connaissances mises en jeu

Nous avons comparé les connaissances mises en jeu dans les films regardés par les élèves et celles qu'ils ont évoquées en répondant aux questions de la tâche. L'exemple représentatif suivant, extrait de réponse écrite de Jérémy, montre comment nous avons réalisé cette comparaison.

Le 2^e parlait des pluies acides et de leur conséquences sur la nature. On remarque que les pluies acides attaquent les feuilles des arbres, endent la statue... on veut expliquer aussi comment les pluies deviennent acides (provenant des dégagements des usines puis les images récupèrent l'acidité des pluies)

Image 4.2 – Extrait de réponse écrite de Jérémy

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

Réponse écrite de l'élève Jérémy	Film <i>Effets des pluies acides</i> (version reconstituée)	
	Texte du film	Images du film
<p>- le ?? [film] parler des pluies acides et de leur conséquences sur la nature. On remarque que <u>les pluies acides attaque les feuilles des arbres</u>⁽¹⁾, <u>érodent la statue</u>⁽²⁾. On nous a expliqué aussi comment les pluies deviennent acides⁽³⁾ (proviennent des dépassements des usines puis les nuages recroise l'acidité des gaz)</p>	<p>La formation des pluies acides. Autour de certaines industries polluantes, on a remarqué que les arbres s'abîmaient rapidement. Cela a été attribué à l'acidité des pluies.</p>	
	<p>Le dioxyde de soufre SO_2 s'oxyde avec le dioxygène de l'air et, avec l'eau présente dans l'atmosphère, se transforme en acide sulfurique. Le dioxyde d'azote NO_2, également issu par le dioxygène de l'air, se transforme en acide nitrique avec l'eau atmosphérique.</p>	
	<p>Ces acides dissous dans l'eau de pluie produisent au-dessus de nos têtes de véritables solutions acides et sulfuriques qui retombent sur terre avec la pluie. La végétation et les populations sont ainsi exposées.</p>	
	<p>Les ions H^+ libérés par l'acide sulfurique et l'acide nitrique dans l'eau de pluie provoquent une diminution du pH de la pluie. En dessous de pH 4, la pluie est dite acide⁽³⁾.</p>	
	<p>Les effets des pluies acides sur notre environnement. Les ions H^+ des pluies acides donnent des réactions chimiques avec les espèces chimiques responsables de la protection de surface des <u>feuilles</u>. Les <u>feuilles</u>, puis les arbres tant en leur mouvement⁽³⁾.</p>	
<p>Les ions carbonates constituant les pierres d'origine calcaire réagissent lentement avec les ions H^+ des pluies acides. La pierre s'altère comme le montre la photo de la statue de George Washington⁽²⁾.</p>		
<p>Cette photo montre l'effet des pluies acides sur une même sculpture, à gauche en 1908 et à droite en 1968.</p>		

Les événements [réaction chimique (1) ; réaction chimique et s'abîmer (2) ; formation des pluies acides (3)] mis en jeu dans le texte du film sont exprimés par Jérémy en utilisant ses propres mots [attaquer (1) ; éroder (2) ; devenir (3)].

Tableau 4.19 – Connaissances de film utilisées par Jérémy dans sa réponse écrite

Connaissances de film utilisées par Jeremy	Texte du film	Image du film	Niveau de la connaissance de film utilisée	Représentation dans le film de la connaissance utilisée
pluies acides	X	X	O	représentation iconique
pluies acides attaquent les feuilles des arbres	X	X	E	photo
pluies acides érodent la statue	X	X	E	photo
pluies deviennent acides	X		é	—
degagements des usines		X	E	représentation iconique
nuages		X	O	représentation iconique
gaz		X	O	représentation iconique

Ce tableau montre que, après une semaine, Jeremy utilise des informations essentiellement évoquées dans l'image du film par les représentations iconiques. Elles apparaissent avec les propres mots de l'élève qui ne restitue pas le texte tel qu'il l'a entendu, mais qui commente, surtout au niveau perceptible, certaines des images. C'est également le cas des trois autres élèves pour lesquels les films sont évoqués à 57% par leurs images (tableau 4.20).

Tableau 4.20 – Rappel des films à partir de leurs textes et de leurs images

Rappel des films	Combien de fois	%
rappel avec les <i>textes</i> de films	39 fois	43%
rappel avec les <i>images</i> de films	51 fois	57%
<i>Total</i>	<i>90 fois</i>	<i>100%</i>

Cette expérience confirme la supériorité de la mémorisation de l'image par rapport au texte (Vézin, 1986, cité par Drouin, 1987, p.16 ; Dubois & Tajariol, 2001) et notre travail précise d'une part la prédominance de la mémorisation des représentations iconiques (58%) et d'autre part leur restitution principalement sous forme perceptible (59%) (tableaux 4.21 et 4.22). Ces informations peuvent se révéler précieuses autant pour les créateurs de films qui ont intérêt à utiliser des représentations iconiques pour les connaissances essentielles que leur utilisateur qui doivent s'attendre à une restitution perceptible, donc peu théorisée.

Tableau 4.21 – Rappel des films à partir des représentations sémiotiques

Représentations dans les films des connaissances utilisées par les élèves	Combien de fois	%
représentations iconiques	31 fois	58 %
représentations symboliques	2 fois	4 %
photos	8 fois	15 %
vidéo	12 fois	23 %
<i>Total</i>	<i>53 fois</i>	<i>100%</i>

Tableau 4.22 – Rappel des films à partir des niveaux de connaissances

Niveaux des connaissances de films utilisées par les élèves	Combien de fois	%
connaissances perceptibles	34 fois	59%
connaissances reconstruits	20 fois	34%
connaissances théoriques	4 fois	7%
<i>Total</i>	<i>58 fois</i>	<i>100%</i>

Les analyses des réponses écrites des élèves sont données dans les annexes (voir l'annexe III.8).

IV.6. Synthèse des résultats

Le travail présenté dans ce chapitre rassemble des résultats concernant le choix des films que les élèves ont voulu regarder et les informations qu'ils ont pu en retenir. Les données de deux expérimentations ont été utilisées, l'une concerne le travail de plusieurs binômes avec des hyperfilms et l'autre a été effectuée en deux phases à 8 jours d'intervalles, avec seulement 7 films non structurés en hyperfilm.

Les élèves qui disposent d'une banque de films et à qui une tâche est prescrite vont volontiers chercher des informations dans le support multimédia. Ils y vont évidemment quand on le leur demande, mais aussi quand leurs connaissances sont insuffisantes dans le cadre du travail demandé. Cette possibilité de choix a été rendue possible par la structure même de l'hyperfilm pour lequel la sélection d'un film par les utilisateurs s'opère par une liste de concepts qui fournit des informations sur les films à voir. Ces choix dépendent surtout de traits de surface, c'est-à-dire de mots communs au lien activé et à la question posée. Cette dernière peut éventuellement être reformulée ce qui traduit une forme de dévolution au problème posé. Il arrive aussi que la discussion des élèves les conduise à se poser une nouvelle question pour laquelle ils vont rechercher un film. Bien que rare, cette phase de questionnement est précieuse pour l'apprentissage et a été observée ici à l'occasion de l'utilisation de film, ce qui n'est pas une observation fréquente en didactique.

Une fois un film vu, la question de sa mémorisation et de l'utilisation des connaissances qu'il met en jeu est essentielle dans un cadre pédagogique. L'étude du souvenir que laisse un film à 7 jours a montré que quelques facteurs ne semblaient pas avoir d'influence notable : la nature dynamique ou statique des images avec lesquelles il est construit, l'ordre dans lequel les films ont été vus, le fait que les films aient été vus une ou deux fois, ou que le texte qui accompagne les images soit plutôt reconstruit ou plutôt perceptible. La durée d'une semaine que nous avons retenue pour la collecte de nos données est importante pour l'enseignement puisque c'est une périodicité à laquelle des informations doivent pouvoir être réutilisées en classe.

La possibilité de réutilisation, dans l'activité en cours, des connaissances mises en

jeu dans le film a fourni de précieux résultats. On est maintenant dans l'échelle de temps de la situation de classe pour laquelle on peut imaginer qu'un professeur qui a utilisé un hypermédia en démonstration de cours souhaite voir ses élèves réinvestir immédiatement certaines des informations. Les informations doublement codées, c'est-à-dire vues et entendues, sont mieux mémorisées que celles uniquement entendues. Elles sont en outre retraduites par les élèves en termes perceptibles et avec des mots qui ne sont pas nécessairement ceux utilisés dans le texte du film. Nous avons interprété cela comme une preuve d'une restitution de connaissances effectivement construites par les élèves. Nous avons également montré que l'abondance d'événements, perceptibles ou reconstruits, dans un film donnait lieu à des difficultés d'utilisation des informations correspondantes, probablement par surcharge cognitive due à une saturation de la mémoire de travail.

Le chapitre suivant approfondit l'étude de l'utilisation de l'hyperfilm en s'intéressant à la nature perceptible ou reconstruite du texte d'un film sur son utilisation par un élève.

Chapitre V. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. A – Ce que les élèves utilisent du film

V.1. Introduction

Peu de travaux de recherche sur l'élaboration des films scientifiques ou sur leur utilisation par les élèves ont été réalisés (Robles, 1997 ; Quintana-Robles, 1997) bien que leur apparition dans l'enseignement ait été rapportée depuis plus de 50 ans (Depover et al., 1998). Leur création a été simplifiée avec l'avènement du numérique mais la compréhension de l'influence du texte et l'image d'un film pédagogique de chimie sur l'activité cognitive de l'apprenant n'en demeure pas moins une question que tout metteur en scène doit se poser. Nous nous sommes posés cette question dans le cas de l'enseignement des acides et des bases au niveau des classes scientifiques du lycée afin d'aider à la construction du texte qui faut adjoindre aux images d'un film donné en fonction du but didactique escompté. Pour cela, nous allons analyser des situations déjà

présentées dans cette thèse. Certaines données ont déjà été exploitées, d'autres non. Nous allons montrer deux résultats importants qui décrivent l'influence de la relation entre le texte et l'image sur l'utilisation d'un film par les élèves.

V.2. Cadre Théorique

Le cadre théorique du travail de ce chapitre a été basé sur la *catégorisation des connaissances* mises en jeu dans les films et leurs *représentations sémiotiques*. Ces deux axes ont été déjà présentés dans le chapitre II.

V.3. Question de recherche

Nous avons déjà discuté de nombreuses questions liées à l'élaboration des films de chimie. Lors de leur utilisation par les élèves, nous avons voulu décrire l'impact de la relation entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive de l'apprenant. Ainsi, nous avons cherché à répondre à la question : "*La nature perceptible ou reconstruite des informations présentes dans un film de chimie influence-t-elle leur utilisation par les élèves ?*".

V.4. Méthodologie

Nous présentons ci-dessous la méthode de collecte de nos données, pour partie déjà décrite dans les chapitres précédents, et leur analyse.

V.4.1. Méthode de prise de données

Comme il l'a été écrit au chapitre II, nous avons réalisé 34 films sur les acides et les bases et, pour 26 d'entre eux, deux versions du texte d'accompagnement ont été superposées aux images. L'une met l'accent sur la description de ce qui se voit à l'écran (version P – comme Perceptible). L'autre, que nous appelons version R (comme Reconstruit), utilise à de nombreuses occasions un vocabulaire plus chimique (ion, molécule, etc.). Il en a résulté la production de deux hypermédias, contenant chacun 34 films (8 films au texte commun et 26 films P ou R). Douze élèves de Première scientifique (16-17 ans) ont été mis par binôme devant un hyperfilm (P ou R) comme l'indique le tableau 5.1. Une série de questions (voir l'annexe II.2) les incitaient à regarder certains films pour en retirer des informations nécessaires à leurs réponses. Le choix des films a été laissé aux élèves en accord avec l'obtention d'une meilleure compréhension survenant quand le rythme d'observation est contrôlé par ceux qui les regardent (Astolfi,

1989). Les binômes d'élèves ont été filmés et leurs productions écrites ramassées (voir l'annexe IV.1) puis exploitées pour comprendre la façon dont ils avaient utilisé les informations scientifiques contenues dans les films. Les films regardés par les élèves lors de l'utilisation des hyperfilms sont présentés en annexes (voir l'annexe IV.2). Ils ont été déterminés à partir des enregistrements vidéos.

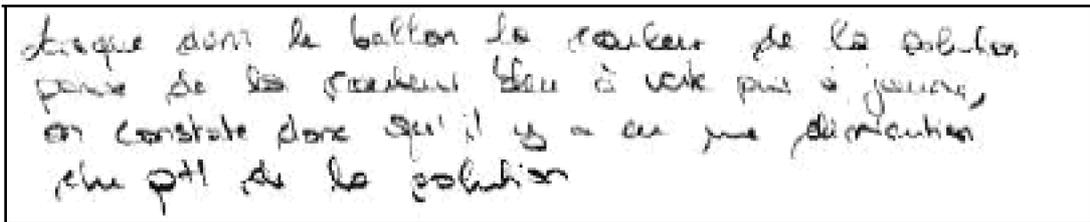
Tableau 5.1 – Présentation des binômes d'élèves impliqués dans la recherche

Binômes d'élèves	Hyperfilms utilisés par les binômes d'élèves
Annie – Margot	Hyperfilm Perceptible
Marie – Barthélemy	
Sylvin – Aurore	
Adrien – Logan	Hyperfilm Reconstruit
Elise – Florence	
Pascal – Ahlem	

Pour cette recherche nous avons également pris en compte la deuxième expérimentation réalisée avec deux autres binômes d'élèves du même niveau : Gloria – Guy (premier binôme) et Galla – Jeremy (second binôme). Ces élèves ont travaillé avec des films perceptibles et reconstruits et non avec nos hyperfilms. Comme dans le cas des six binômes, une série de questions leur a posée (voir l'annexe IV.3). Le même type de données a été collecté (voir l'annexe IV.4). A la différence avec la précédente expérimentation où les élèves étaient libres de regarder les films tout en répondant aux questions (ce qu'ils ont effectivement fait), le texte de la tâche imposait cette fois (1) de voir les films puis (2) de répondre à des questions. Ces dernières étaient donc traitées avec ce que les élèves avaient retenu des films.

V.4.2. Méthode d'analyse

Nous avons fait l'hypothèse que les élèves utilisaient des informations d'un film quand on en retrouvait la trace dans leurs réponses écrites comme l'illustre l'exemple suivant. Il concerne la réponse d'Annie et de Margot à la question 1 de la partie II : « combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de gauche ? ».



Lorsque dans le ballon la couleur de la solution passe de la couleur bleu à vert puis à jaune, on constate donc qu'il y a eu une décoloration due pH de la solution

Tableau 5.2 – Réponse écrite d'Annie et de Margot à la question 1 de la partie II

L'analyse de la réponse écrite de ce binôme à partir de l'utilisation du film concerné est donnée dans le tableau 5.3.

Réponse écrite	Texte	Image
<p>Lorsque dans le ballon la couleur de la solution passe de la couleur bleu à verte puis à jaune, on constate donc qu'il y a eu une diminution du pH de la solution</p>	<p>Dans ce film on va montrer qu'à chaque fois qu'un acide est ajouté à une solution, il y a une diminution du pH. Pour cela, on a construit un montage expérimental en deux parties reliées par un tuyau marron. À gauche, il y a un ballon contenant une solution bleue. C'est une solution d'hydrogencarbonate de sodium avec un indicateur coloré, le bleu de bromothymol. À droite, il y a un béccher contenant une solution d'hydroxyde de sodium dont on mesure le pH. Lorsqu'on ajoute par l'entonnoir de l'acide chlorhydrique dans la solution bleue, on constate une effervescence dans le béccher de droite. Cela montre que le dioxyde de carbone gazeux produit dans le ballon de gauche est acheminé par le tuyau marron dans le béccher de droite. C'est pour cela qu'il apparaît un barbotage dans le béccher. En même temps, le pH mesuré commence à diminuer. C'est normal car le dioxyde de carbone gazeux qui barbote est un acide. La couleur de la solution, qui est d'abord bleue, puis verte et enfin jaune, indique que son pH a également diminué. C'était attendu puisqu'on a ajouté de l'acide chlorhydrique dans cette solution. L'addition d'un acide a donc provoqué la diminution du pH de la solution contenue dans le béccher et celui de la solution du ballon.</p>	 <p>(la solution est bleue)</p> <p>(la solution est verte)</p> <p>(la solution est jaune)</p>
<p>Film <i>Effet de l'addition d'un acide sur le pH</i> (version P)</p>		

Tableau 5.3 – Analyse de la réponse écrite du binôme d'élèves Annie et Margot à partir de l'utilisation du film concerné

A partir de cette comparaison, nous constatons qu'Annie et Margot ont utilisé les informations verbales (**couleurs bleue, verte et jaune de la solution et diminution du pH de la solution**) et visuelles (**couleurs bleue, verte et jaune de la solution**) du film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH* pour répondre à la question. Il faut souligner que l'information sur le pH est présente dans le texte du film, et pas dans l'image correspondante.

Les analyses des réponses écrites des six binômes, suite à l'utilisation des films, sont données en annexes (voir l'annexe IV.5). Elles ont été réalisées graphiquement pour chaque question et sont représentées avec d'une part, les connaissances mises en jeu dans les films et, d'autre part, celles utilisées par les élèves. Ces graphes, obtenus avec un tableur, permettent de décrire l'impact du texte d'un film (perceptible ou reconstruit) sur l'activité cognitive de l'élève (figure 5.1).

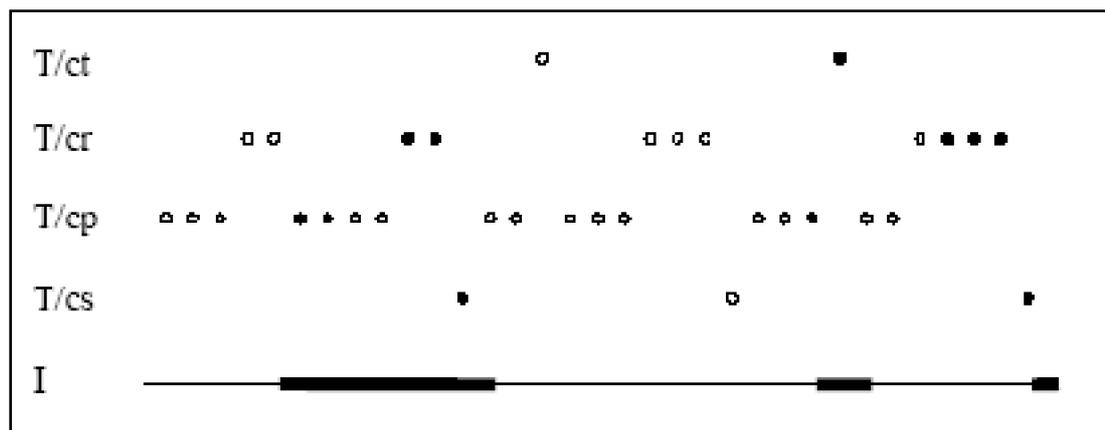


Figure 5.1 – Représentation des connaissances mises en jeu dans un film et celles utilisées par les élèves

Les petits ronds représentent les informations qui proviennent du texte du film et le trait continu celles qui proviennent de l'image. Leur utilisation par les élèves est indiquée par un noircissement du rond ou un épaississement du trait. Ce graphe ordonne les connaissances mises en jeu dans un film regardé par les élèves de gauche à droite suivant l'évolution temporel du film et de haut en bas avec une ligne pour les connaissances théoriques utilisées dans le texte du film (ligne T/ct : ex. couple acide/base), une pour les connaissances reconstruites (ligne T/cr : ex. molécule), une pour les connaissances perceptibles (ligne T/cp : ex. solution bleue), une pour les connaissances sémiotiques (ligne T/cs : ex. équation chimique) et une pour l'image du film (ligne I).

Un tel graphe a été réalisé pour chaque utilisation d'un film par un binôme. Il met en évidence la nature (théorique, perceptible, etc.) des connaissances reprises par les élèves dans un film et la simultanéité de l'utilisation des connaissances issues du texte et de l'image. Il permet de comparer les différentes utilisations des films, qualitativement pour l'image et quantitativement pour le texte, en dénombrant le nombre de ronds noircis sur chaque ligne.

La réponse d'Annie et de Margot vue ci-dessus, « Lorsque dans le ballon **la couleur de la solution** passe de la couleur **bleu** à **verte** puis à **jaune**, on constate donc qu'il y a eu une **diminution du pH de la solution** », correspond au film P *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*. Elle se traduit par le graphe suivant.

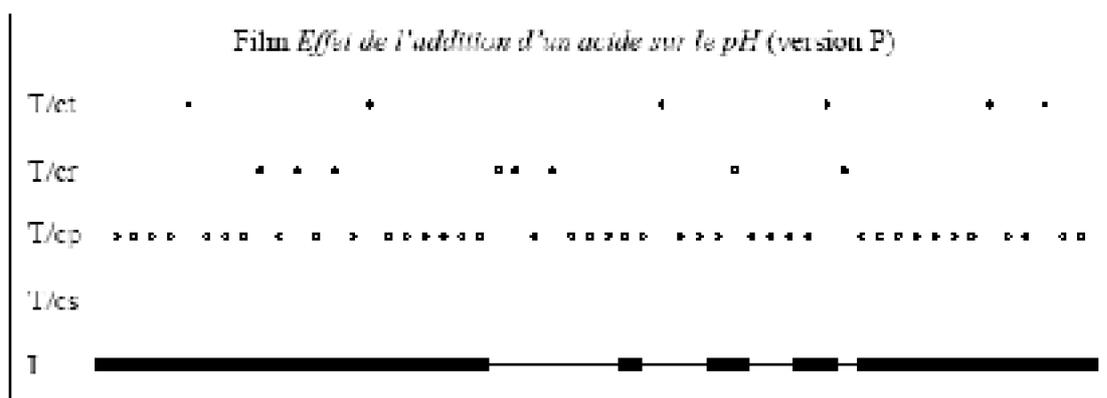


Figure 5.2 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Annie et Margot

Le tableau suivant montre les petits ronds noircis (texte) et les traits épais (image) représentant les connaissances de film utilisées par ces élèves.

Tableau 5.4 – Explication des connaissances de film utilisées par Annie et Margot

T/ct	pH ; c'est une grandeur théorique
T/cr	diminution (du pH de la solution dans le ballon) ; c'est un événement reconstruit On ne peut donc pas le voir mais il apparaît en termes de changement de couleur de la solution dans le texte du film.
T/cp	solution (O), bleue (P), verte (P), jaune (P) ; c'est un objet perceptible avec trois de ses propriétés
T/cs	Le film ne contient aucune représentation sémiotique comme l'équation chimique ou la demi-équation.
I	Les traits épais représentent les couleurs de la solution (bleue, verte et jaune) dans l'image du film.

Les analyses qualitatives et quantitatives de l'utilisation des films par les élèves sont données en annexes (voir les annexes IV.6 et IV.7).

V.5. Résultats et discussion

Les résultats des analyses qualitatives et quantitatives de situations différentes vont permettre d'énoncer deux règles sur l'utilisation des films P et R.

V.5.1. Résultats qualitatifs

Comme il l'a été dit au chapitre III de cette thèse, les élèves sont passés du lieu de la tâche à celui de l'hyperfilm lors du travail proposé. La liste des 25 films parmi les 34 regardés au moins une fois est donnée dans le tableau 5.5.

Tableau 5.5 – Films regardés au moins une fois

Acide corrosif	Exemples de couples acide/base
Base corrosive	Exemples de couples : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ et $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}$
Basicité de la cendre	Évaporation de l'eau
Dissociation – animation microscopique	HCl acide de Brønsted
Dissociation – équation	HCl et H_3O^+ acides de Brønsted
Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	H_2O amphotère
Dissolution – animation microscopique	NaOH base de Brønsted
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	Notation générale des demi-équations
Effets des pluies acides	pH des solutions acides
Exemple de couple acide/base : $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$	pH des solutions basiques
Exemple de couple acide/base : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	pH du vinaigre
Exemples d'acides	Vinaigre et soude
Exemples de bases	

Les élèves ont utilisé des informations présentes dans 13 films parmi ces 25 pour construire leurs réponses écrites : 10 films P ou R et 3 films à texte unique (voir les tableaux 5.6 et 5.7).

Tableau 5.6 – Films (version P et/ou R) utilisés par les élèves

Films utilisés par les élèves	Leur version	Nature des images de films
Acide corrosif	FP et FR	Vidéo
Base corrosive	FP et FR	Diaporama
Basicité de la cendre	FR	Vidéo
Dissociation de HCl et $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	FP et FR	Diaporama
Dissolution – animation microscopique	FP	Animation
Effet de l'addition d'un acide sur le pH	FP et FR	Vidéo
Exemple de couple acide/base : $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$	FR	Animation
Exemples de couples acide/base	FP et FR	Diaporama
NaOH base de Brønsted	FP et FR	Animation
pH du vinaigre	FR	Animation

Tableau 5.7 – Films (communs) utilisés par les élèves

Films utilisés par les élèves	Nature des images de films
Exemples d'acides	Diaporama
pH des solutions acides	Tableau
pH des solutions basiques	Tableau

Peu de films (2 sur 10 films) ont été utilisés par tous 12 élèves dans leur version P et leur version R pour répondre à la même question, à cause de la liberté de choix laissée aux élèves. Nous avons cependant pris en compte ces films pour comparer qualitativement leur utilisation P et R. Cela a permis de dégager quelques idées spécifiques pour lesquelles notre généralisation relève d'hypothèses de travail plus que de résultats. En revanche, les informations récoltées sur l'ensemble des productions des 12 élèves ont été regroupées et ont quelques valeurs générales puisque 10 des 26 films pour lesquelles deux versions existent ont été utilisés.

Pour comparer qualitativement l'utilisation des versions P et R des films par les élèves, les deux films présentés dans le tableau 5.8 sont pris en compte parce qu'ils ont été utilisés par les élèves dans le cas d'une même question.

Tableau 5.8 – Films pris en compte pour une comparaison qualitative de leur utilisation

Binômes d'élèves	Films utilisés par les élèves	Leur version	Questions
Annie – Margot	Effet de l'addition d'un acide sur le pH	P	Q1 / partie II
Marie – Barthélemy		P	Q1 / partie II
Sylvin – Aurore		P	Q1 / partie II
Adrien – Logan		R	Q1 / partie II
Elise – Florence		R	Q1 / partie II
Pascal – Ahlem		R	Q1 / partie II
Annie – Margot	Acide corrosif	P	Q1 / partie III
Marie – Barthélemy		P	Q1 / partie III
Sylvin – Aurore		P	Q1 / partie III
Adrien – Logan		R	Q1 / partie III
Elise – Florence		R	Q1 / partie III
Pascal – Ahlem		R	Q1 / partie III

La liste des films utilisés dans le cas de différentes questions de la tâche est donnée en annexes (voir l'annexe IV.8).

Le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH* regardé dans sa version P ou R suivant les binômes, montre l'addition d'acide chlorhydrique à une solution d'hydrogénocarbonate de sodium en présence de bleu de bromothymol dans un ballon. Il se produit un changement de couleur progressif et un dégagement de dioxyde de carbone. Ce gaz est entraîné dans un bécher contenant une solution d'hydroxyde de sodium dont on suit l'évolution du pH. Il s'agit donc d'une expérience ancrée sur la chimie de laboratoire. Pour répondre à la question « combien de réactions chimiques permettent d'expliquer ce qui se passe dans le ballon de gauche ? », les élèves ont utilisé des informations verbales et visuelles de ce film qui ont été représentées **Fig. 5.3 à 5.8**.

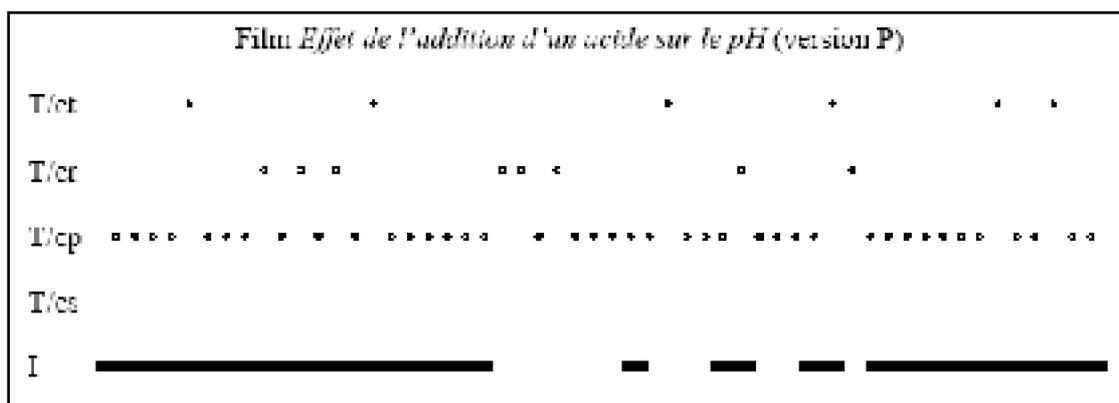


Figure 5.3 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Annie et Margot

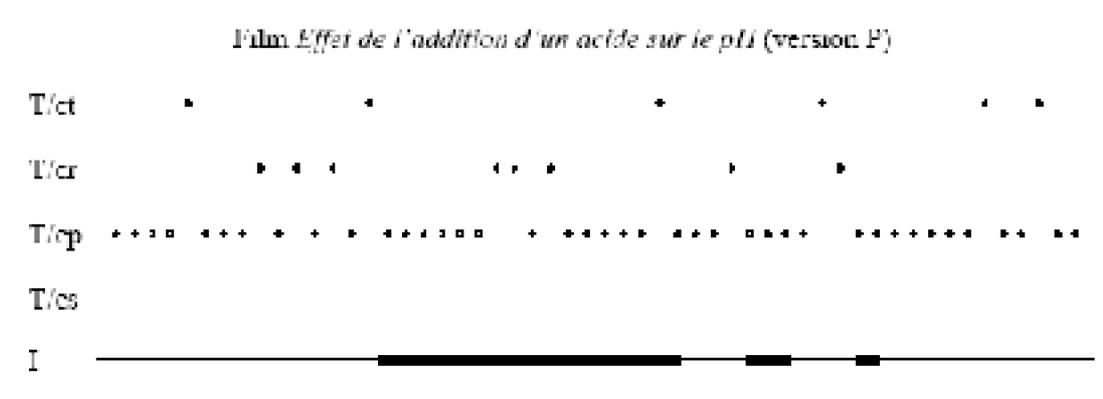


Figure 5.4 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Marie et Barthélemy

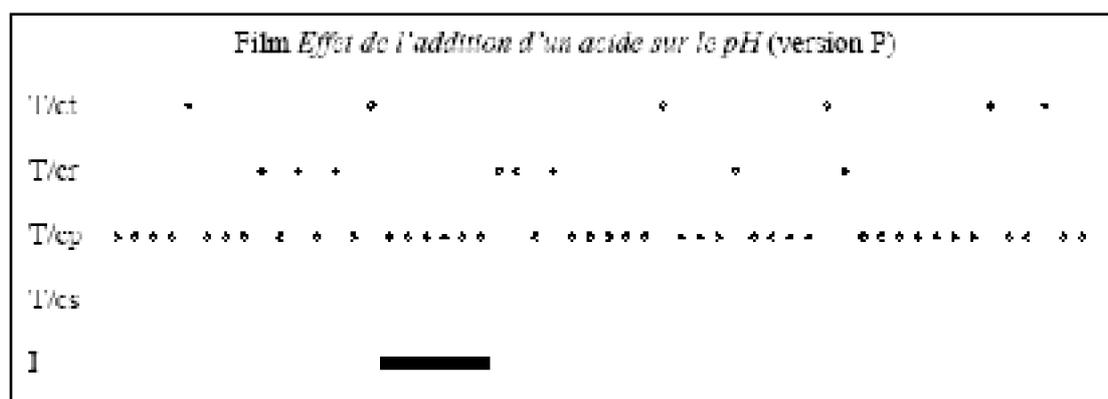


Figure 5.5 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Sylvain et Aurore

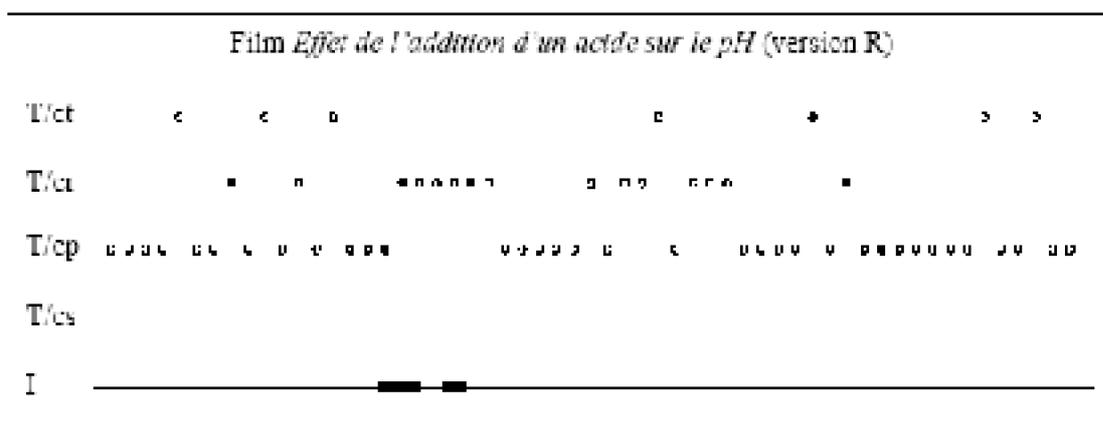


Figure 5.6 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Adrien et Logan

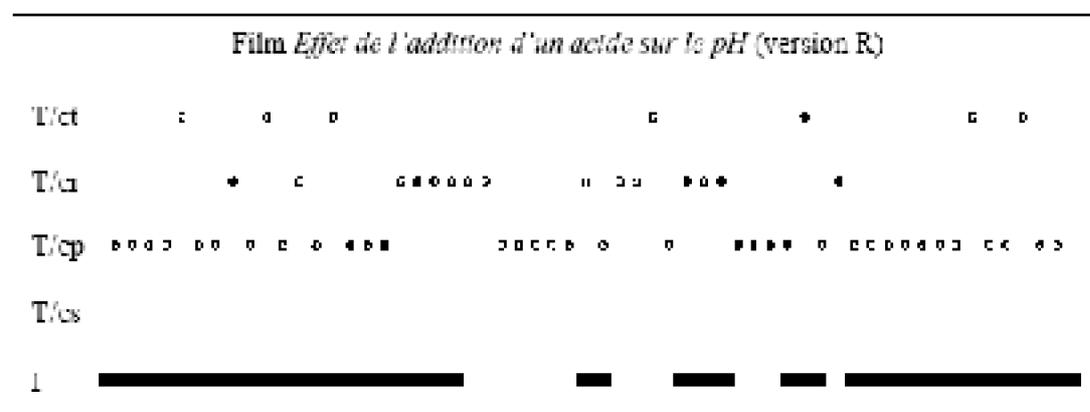


Figure 5.7 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Elise et Florence

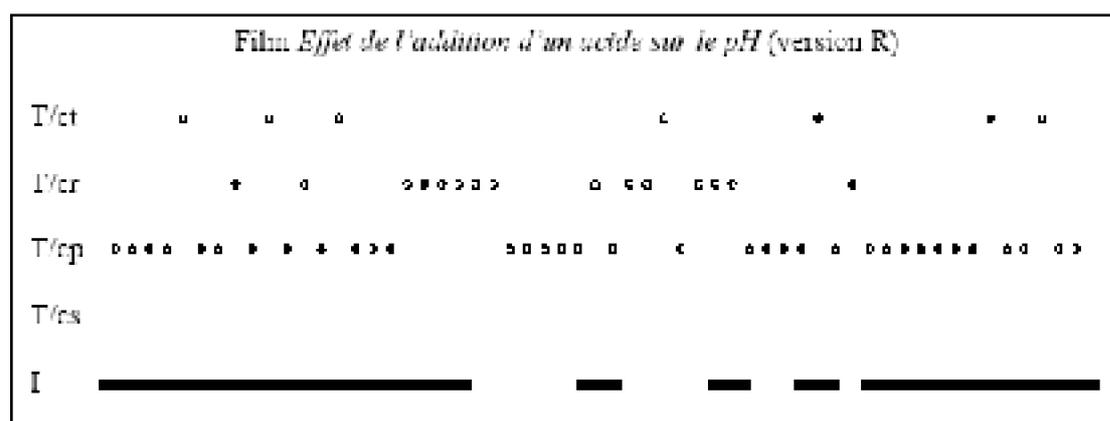


Figure 5.8 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Pascal et Ahlem

La comparaison entre les **Fig. 5.3** et **5.6** illustre la différence entre un film P et un film R, indépendamment de son utilisation. Dans ce dernier, la ligne T/cr des connaissances reconstruites est un peu plus dense que dans sa version P et, en contrepartie, la ligne

T/cp des connaissances perceptibles l'est un peu moins.

On constate (Fig. 5.3 à 5.5) que les élèves utilisent de façon différente le texte et l'image dans le cas de la version P de ce film. En revanche, ils utilisent (Fig. 5.6 à 5.8) de façon semblable le texte et l'image dans le cas de sa version R. Cela peut être interprété comme une plus grande liberté prise par les élèves quand les connaissances relèvent d'informations perceptibles, alors que l'on peut penser que, dès que la théorie est mise en jeu, ils préfèrent s'en tenir à ce que le film explique.

Nous avons trouvé des résultats différents pour le film *Acide corrosif* pour lequel nous avons également recueilli de nombreuses informations (Fig. 5.9 à 5.14). On y voit le caractère corrosif de l'acide sulfurique illustré par l'attaque d'une feuille de papier. Le même type d'analyse montre que l'utilisation des images a quelques points communs pour les films P d'une part et R d'autre part. En revanche, les informations du texte P ne sont pas utilisées ou presque, et celles du texte R le sont pratiquement de la même façon. Parmi les différents paramètres permettant d'expliquer cette différence, il y a le film lui-même et la question posée aux élèves à son sujet. Ce film ne montre qu'une seule réaction chimique (et non plusieurs comme pour le film *Effet de l'addition d'un acide sur le pH*) qui met en jeu un objet de la vie quotidienne (le papier). L'implication dans la tâche du film était également différente puisqu'il était posé ici la question « que veut dire "corrosif" pour vous ? », terme appartenant également au langage de la vie quotidienne.

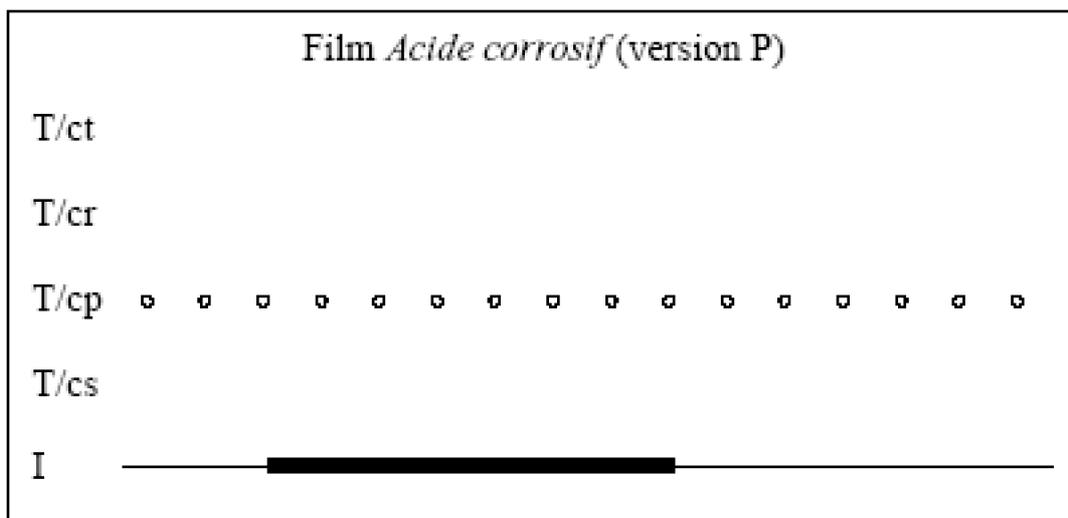


Figure 5.9 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Annie et Margot

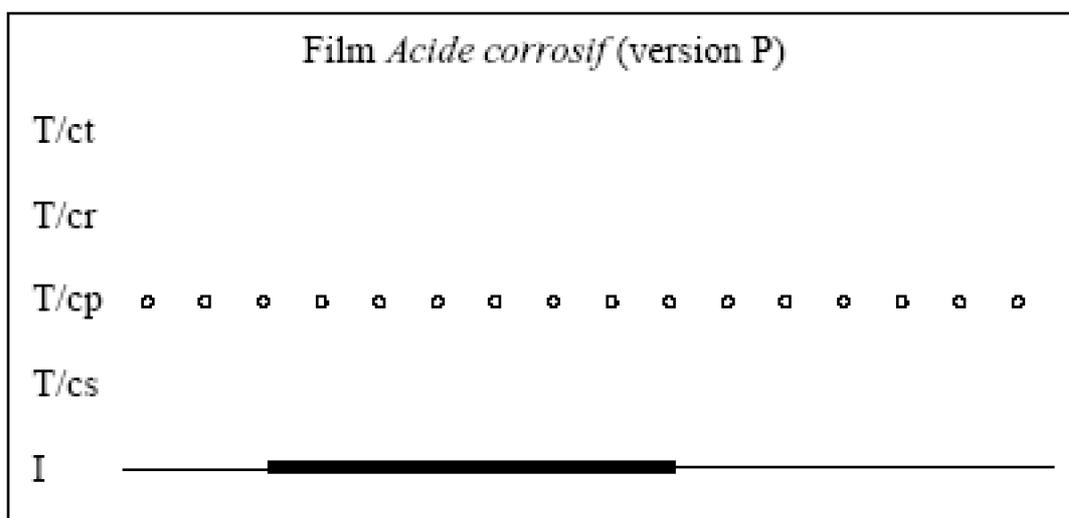


Figure 5.10 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Marie et Barthélemy

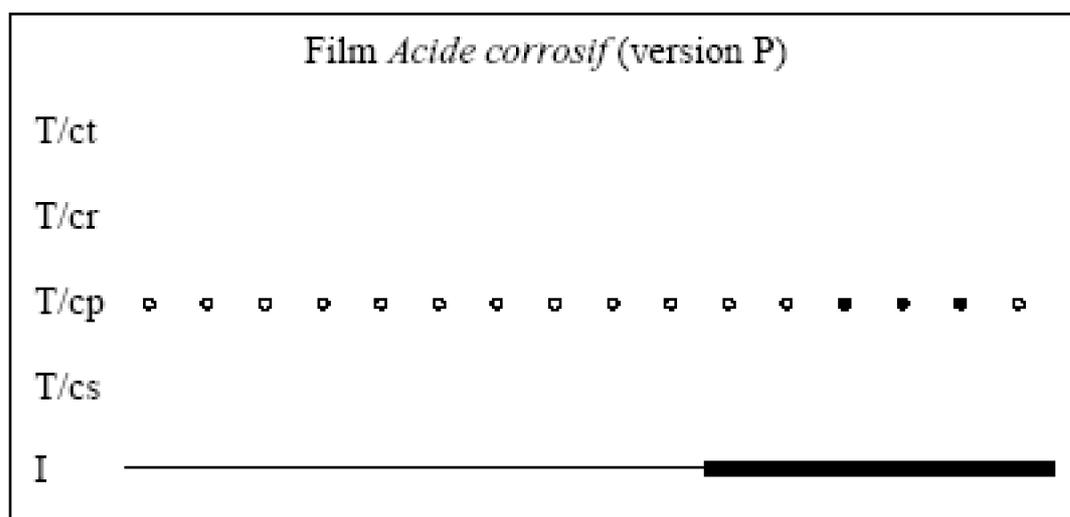


Figure 5.11 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film P et de celles utilisées par Sylvain et Aurore

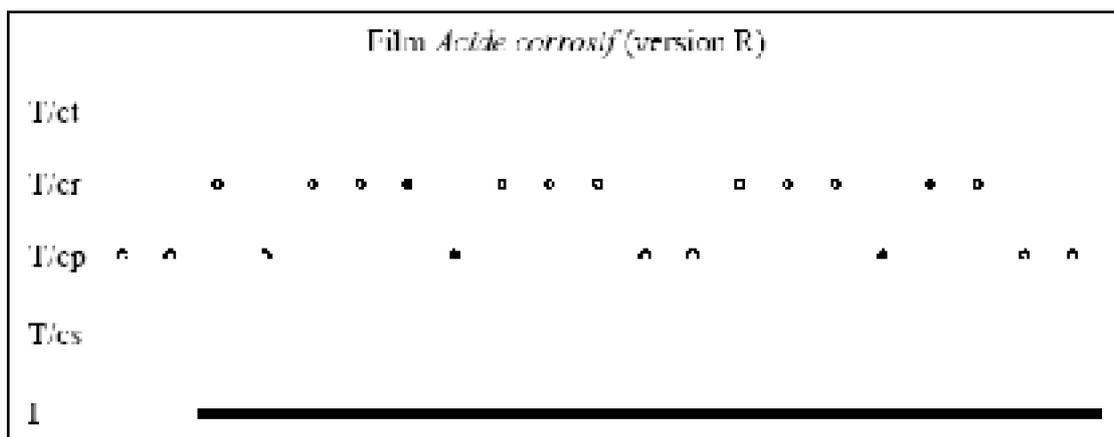


Figure 5.12 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Adrien et Logan

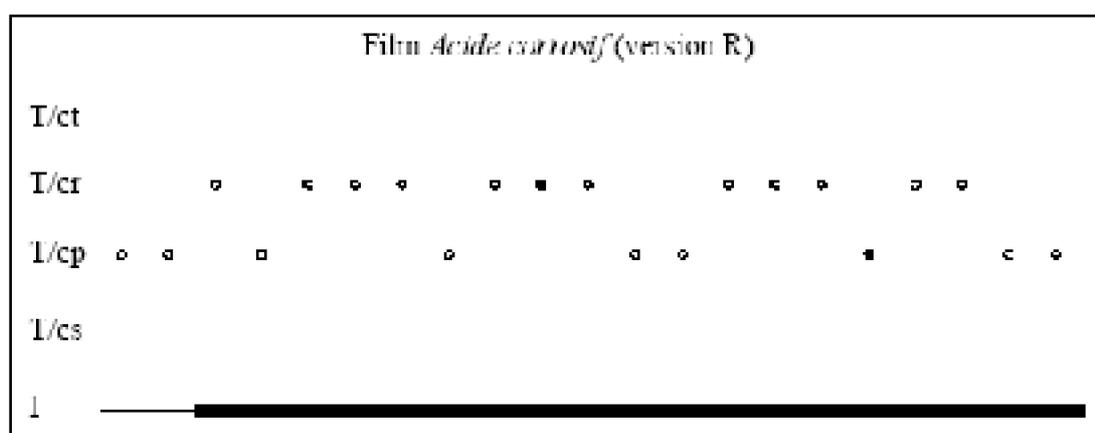


Figure 5.13 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Elise et Florence

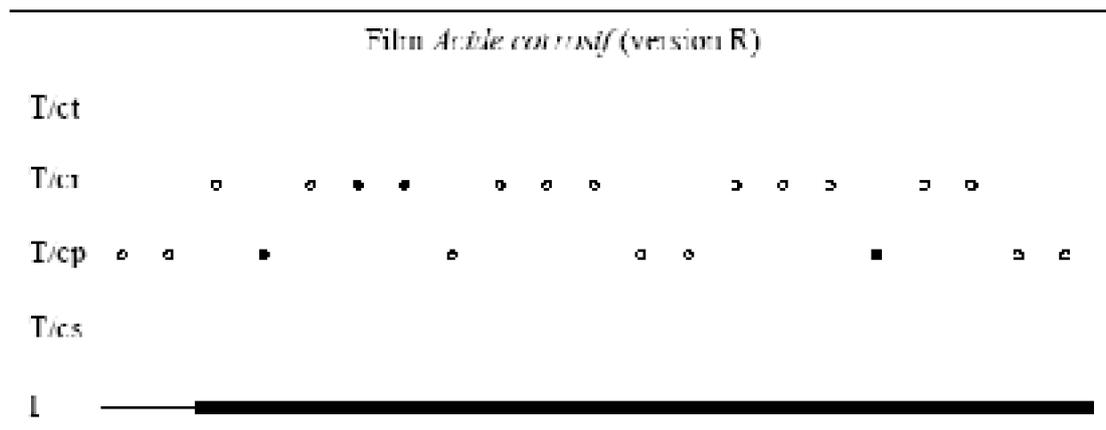


Figure 5.14 – Représentation des connaissances mises en jeu dans le film R et de celles utilisées par Pascal et Ahlem

V.5.2. Résultats quantitatifs

La totalité des connaissances issues des 10 films visionnés au moins une fois par 12 élèves a été catégorisée et comptabilisée (voir l'annexe IV.9). Il en ressort une différence entre l'impact des versions P et R des films.

La répartition des connaissances (**Fig. 5.15**) montre que l'image est globalement plus utilisée dans les films P que dans leur version R. Nous appellerons cela la *règle 1*. Cela signifie que si le texte évoque plus les images, ce qui est le cas d'un texte d'accompagnement qui utilise plus largement des connaissances perceptibles, celles-ci ont plus réutilisées par le spectateur.

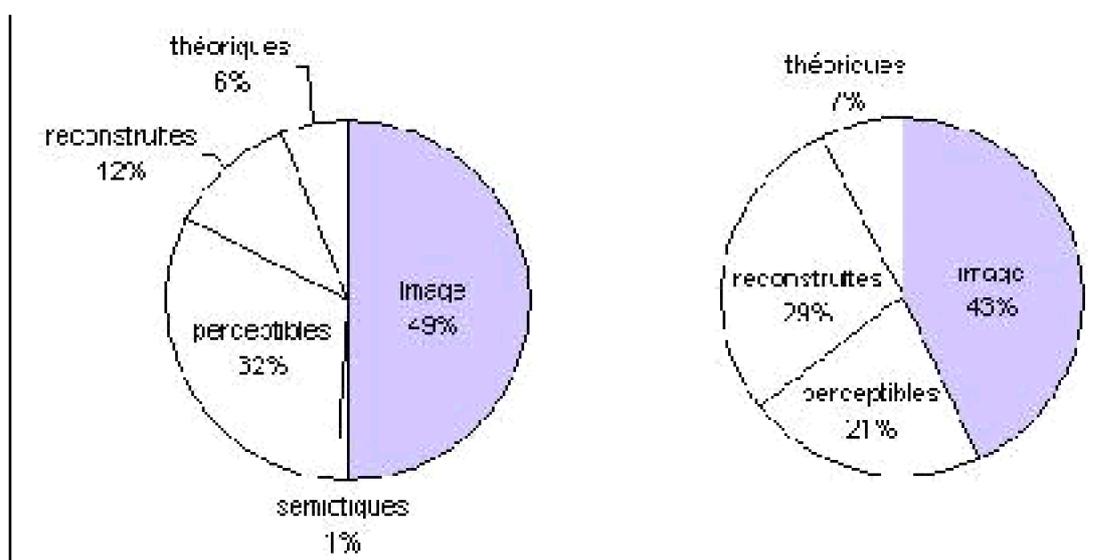


Figure 5.15 – Types de connaissances que les élèves ont repris dans les films P (à gauche) et R (à droite)

100% correspond à la réutilisation de 120 connaissances dans le diagramme de gauche et de 181 dans le diagramme de droite.

Ces diagrammes montrent également que la nature perceptible ou reconstruite des connaissances reprises par les élèves est fortement influencée par la nature des films visionnés. Nous appellerons cela la *règle 2*. Les films P, plus descriptifs, entraînent un discours de même nature. Les textes d'accompagnement des films R, qui utilisent plus le vocabulaire de la chimie (molécule, ion, réaction chimique, etc.), influencent également le spectateur qui, à son tour, utilise les notions évoquées pendant le film. Ce qui apparaît comme banal parce que l'on dispose ici à la fois des films P et R cesse d'être évident dans l'utilisation habituelle des films pour lesquels on ne dispose bien sûr que d'un unique film. Nos résultats montrent que l'analyse de ce dernier permet de prévoir si les élèves qui l'auront vu seront en situation de produire un discours plutôt P ou R.

L'utilisation d'un film par les élèves dans sa version P et dans sa version R est donnée dans le tableau 5.9.

Films utilisés par les élèves	Films P	Films R
<i>Effet de l'addition d'un acide sur le pH</i>	<p>100% correspond à la réutilisation de 77 connaissances.</p>	<p>100% correspond à la réutilisation de 84 connaissances.</p>
<i>Acide corrosif</i>	<p>100% correspond à la réutilisation de 14 connaissances.</p>	<p>100% correspond à la réutilisation de 28 connaissances.</p>
<i>Bain d'effluents</i>	<p>100% correspond à la réutilisation de 11 connaissances.</p>	<p>100% correspond à la réutilisation de 2 connaissances.</p>

Tableau 5.9 – Utilisation des connaissances de film par les élèves dans ses versions P et R

Les films mentionnés dans le tableau ont été regardés plusieurs fois et ils ont été utilisés par les élèves. Les diagrammes illustrent la différence d'impact des versions P et R d'un même film sur son utilisation par les élèves.

Une autre comparaison de l'utilisation des films par les élèves dans leur version P et dans leur version R a été réalisée à partir de la nature des images de ces films. Leur utilisation par les élèves est donnée dans le tableau 5.10.

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

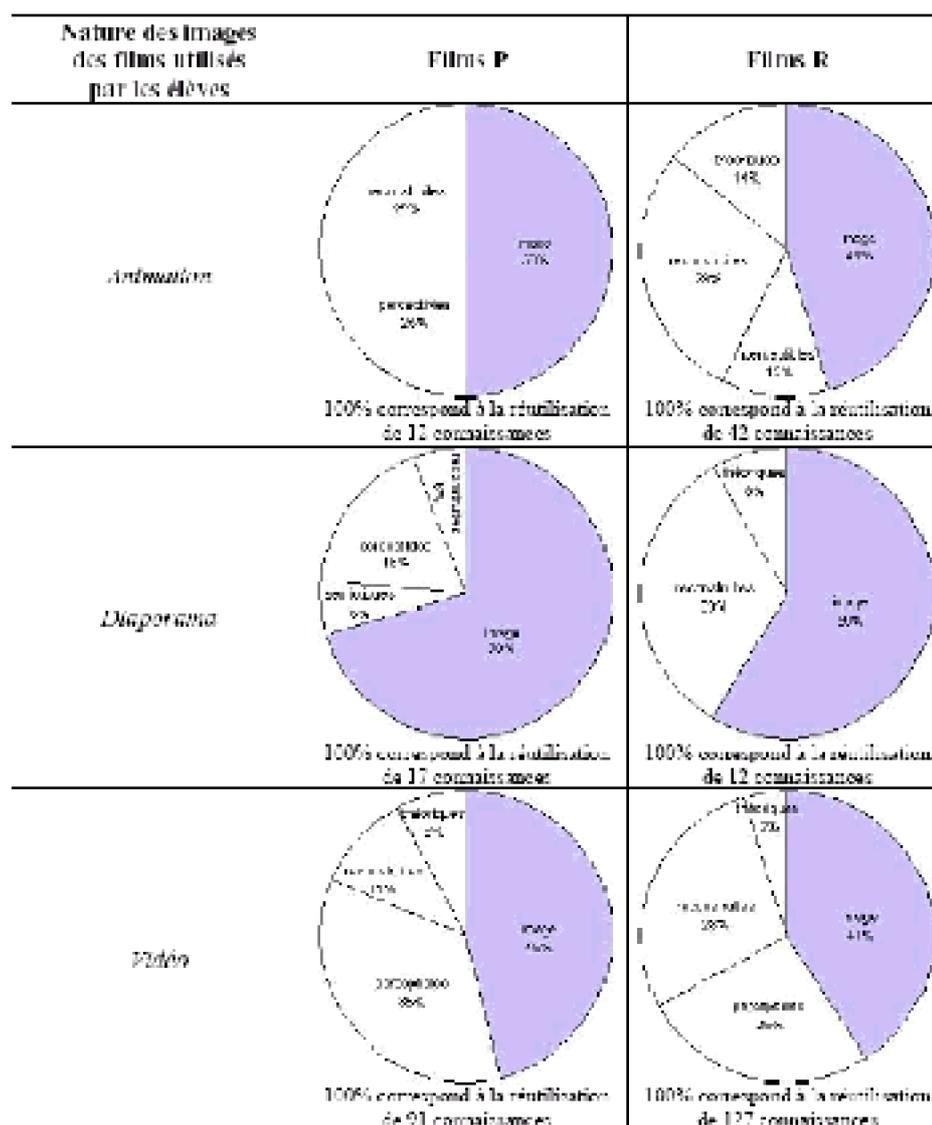


Tableau 5.10 – Utilisation des connaissances de film par les élèves dans ses versions P et R selon la nature de l'image

Ces diagrammes montrent que la nature de l'image (animation, diaporama ou vidéo) n'influe pas sur les règles 1 et 2 montrées précédemment qui permettent de prévoir l'impact différent des films P ou R.

Nous avons cherché également l'influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par deux autres binômes d'élèves (Gloria – Guy et Galla – Jérémy). Dans l'expérience réalisée avec ces deux binômes, les consignes imposaient que les élèves voient d'abord les films puis répondent aux questions, ce qu'ils ont fait. 7 films ont été regardés dans leurs versions P ou R, et 3 ont été utilisés pour répondre aux questions. La totalité des connaissances issues des 3 films visionnés au moins une fois par ces 4 élèves a été catégorisée et comptabilisée (voir l'annexe IV.12). Les résultats obtenus confirment la règle 2 de l'utilisation des films P et R précédemment énoncée. En ce qui concerne la règle 1 (l'image est plus utilisée pour les films P que R), les résultats globaux (Fig. 5.16) ne sont pas aussi tranchés. Cela s'explique par le fait qu'un des films a fait

en vertu de la loi du droit d'auteur.

exception (*Effets des pluies acides*) comme le montre le tableau 5.11.

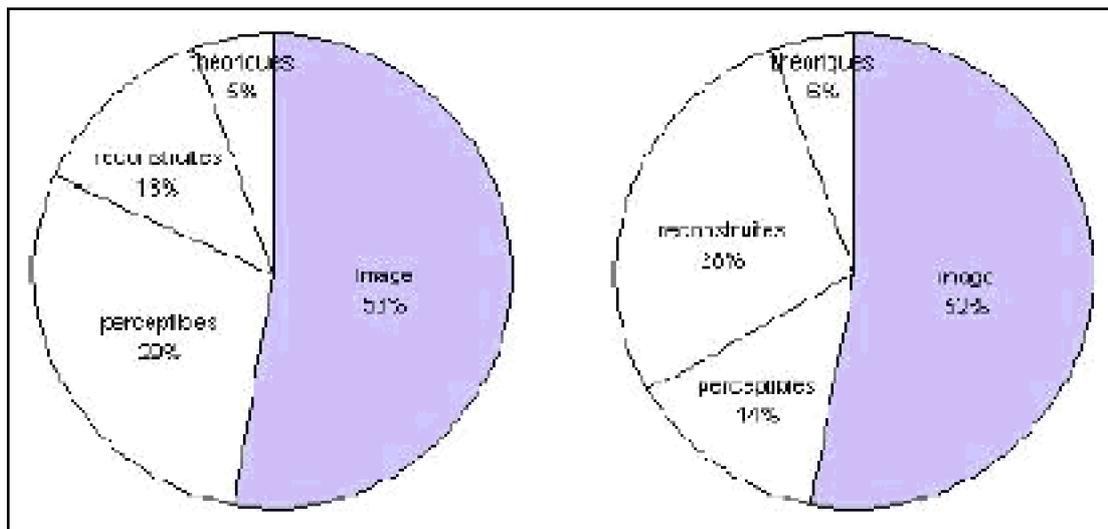


Figure 5.16 – Types de connaissances que les élèves ont repris dans les films P (à gauche) et R (à droite)

100% correspond à la réutilisation de 38 connaissances dans le diagramme de gauche et de 36 dans le diagramme de droite.

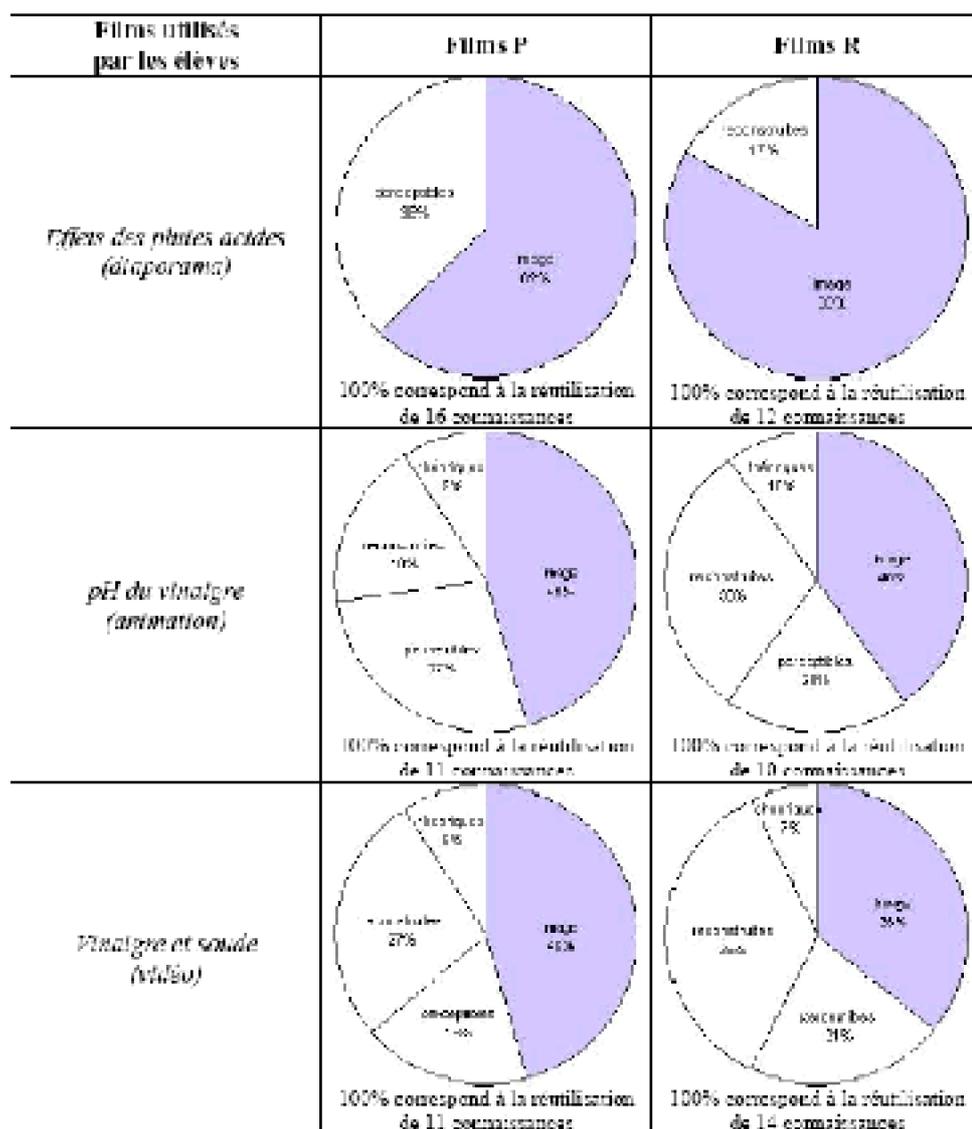


Tableau 5.11 – Utilisation des connaissances de film par les élèves dans ses versions P et R

V.6. Synthèse des résultats

Avec ce travail nous avons cherché à analyser l'impact cognitif des versions P et R des films sur leur utilisation par les élèves. Les résultats quantitatifs obtenus sont importants pour la création et l'utilisation des films scientifiques dont la production est souvent contrainte par la réalisation des images à cause de contingences matérielles. En revanche, une plus grande liberté apparaît pour l'écriture du texte d'accompagnement. Celui-ci peut décrire ce qui est vu, mettant en mot les images : « la solution bleue devient jaune », ou en décrire une reconstruction : « l'indicateur coloré change de forme ». Par ailleurs, on ne peut pas toujours utiliser les deux styles parce que le rythme des images

fixe la longueur du texte d'accompagnement, imposant souvent de faire un choix. Il se peut aussi que le public pour lequel le film a été créé ne soit pas en mesure de s'intéresser indifféremment à un style ou à l'autre.

L'utilisation par 16 élèves des connaissances mises en jeu dans les films a montré que les versions P conduisent à une plus grande utilisation des images (règle 1), et que les connaissances issues du texte d'accompagnement sont plutôt, comme dans le film, de nature perceptible (règle 2). En revanche, les films R pour lesquels l'image est moins utilisée donnent lieu à un discours des élèves utilisant plus fréquemment le vocabulaire spécifique de la chimie. Nos résultats montrent que suivant le caractère perceptible ou reconstruit du texte d'accompagnement, les films scientifiques n'ont pas le même impact sur l'usage qui est fait des images par les spectateurs comme en atteste la nature des connaissances qui sont réutilisées dans des conditions très voisines. Le texte d'un film plutôt reconstruit, plus difficile à comprendre par les termes mis en jeu, met le spectateur dans un contexte de réutilisation plus scientifique. Le coût cognitif qu'il investit pour comprendre le film est rentabilisé par une possibilité de réutiliser les connaissances reconstruites.

La similarité des résultats des deux expérimentations montre que l'utilisation des informations contenues dans le film, que l'on ait le film sous les yeux (cas de l'hyperfilm) ou pas (films indépendants), ne semble pas être un facteur d'influence. Dans le second cas, les élèves travaillaient donc avec le souvenir, certes récent, des films qu'il venait de voir. Au chapitre IV, nous avons montré que la mémorisation des films était rendue plus difficile par l'abondance des événements présentés et qu'elle passait par une narration des images avec les mots propres de l'élève, plutôt que par une restitution de fragments de textes du film. L'expérimentation avec les films indépendants, pour laquelle nous avons trouvé une exception notable à la règle 1 s'explique donc. L'élève, en travaillant avec le souvenir du film, a eu tendance à en utiliser les images plus que le texte.

Chapitre VI. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. B – Comment les élèves utilisent le film

VI.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons vu ce que les élèves utilisent des films en fonction de leur version P ou R. Nous allons voir maintenant comment ils l'utilisent. Pour cela, nous décrivons l'utilisation des films par les 12 élèves de Première scientifique lors de la construction de leurs réponses écrites. L'analyse de ces dernières a nécessité de construire des *cartes des cheminements conceptuels*, terme adapté de "*carte conceptuelle*", qui permet de décrire les cheminements cognitifs utilisées par les élèves dans leurs réponses écrites. A partir des enregistrements vidéos nous avons déterminé le fonctionnement des élèves suivant : *copier-coller les mots du texte, copier-coller l'image du film, interpréter l'image du film, utiliser l'idée du film*. Le "*copier-coller*" par les élèves d'une information donnée a été déjà mentionné par certains travaux de recherche alors

que nous trouvons à partir de la littérature certaines informations sur l'"*interprétation de l'image*" par le spectateur. Nous avons cherché à répondre à certaines questions basées sur la relation entre l'utilisation des films par les élèves et la construction des étapes dans les cartes des cheminements conceptuels, et sur la relation entre l'utilisation des films et le fonctionnement des élèves. Nous précisons ci-dessous nos questions de recherche.

VI.2. Cadre théorique

Dans le cadre théorique de ce chapitre nous évoquons des travaux de recherche basés sur le concept de *carte conceptuelle*. Ces travaux ont montré l'intérêt de leur utilisation pour l'étude d'une activité d'enseignement. Certains auteurs ont expliqué également la technique de leur construction. Nous avons adapté cette technique à notre travail pour construire les cartes des cheminements conceptuels. Les réponses écrites des 12 élèves ont été analysés à partir de ces cartes de cheminements conceptuels. Cette partie de ce chapitre décrit également un fonctionnement, "*interpréter l'image du film*", que les élèves avaient pour construire certaines étapes dans ces cartes.

VI.2.1. Carte conceptuelle

Les cartes conceptuelles ont été conçues par Novak (1984) pour représenter les changements dans les structures de connaissances des élèves. Elles sont basées sur l'idée épistémologique que les concepts et les relations qu'ils entretiennent entre eux représentent les blocks de connaissances. Elles peuvent également être utilisées pour représenter, au sein de structures hiérarchiques, des connaissances de l'apprenant dans un domaine spécifique. Elles peuvent alors révéler : a) *les concepts initialement présents dans la tête de l'élève* ; b) *les liens conceptuels entre les concepts* (contexte) ; c) *l'évolution qui résulte d'activités d'enseignement/apprentissage* (changement conceptuel) (Pendley et al., 1994 ; Regis et al., 1996 ; Nash et al., 2000). Dans la cadre de la didactique de la chimie, elles ont été utilisées pour : a) *construire les relations entre les concepts chimiques* ; b) *systématiser les contenus des sujets éducationnels* ; c) *construire les connections entre les concepts et les sujets* et qu'elles peuvent aider les élèves : a) *à analyser un problème à partir des angles différents* ; b) *à développer un chemin divergent de pensée* ; c) *à développer leur réseau de connaissances* (Sisovic & Bojovic, 2000). Elles sont aussi utilisées pour communiquer *entre chercheurs, enseignants, élèves, et/ou concepteurs de programme* (Tiberghien, 1994b).

Regis et al. (1996) ont largement expliqué l'intérêt des cartes conceptuelles pour les enseignants. Ils considèrent que les cartes conceptuelles donnent aux enseignants des informations sur ce que les élèves savent, en montrant les liens entre concepts initialement présents dans la tête des élèves, avant et après apprentissage. Ils ont montré que les concepts et les relations qui les lient apparaissent dans une carte conceptuelle comme les étiquettes de concepts et les connections verbales.

Ross et Munby (1991) ont expliqué que les cartes conceptuelles elles-mêmes font

apparaître des lacunes dans la compréhension des élèves et qu'elles seront représentatives des connaissances et/ou des préconceptions manquantes. Ils ont analysé les préconceptions des élèves de lycée sur les acides et les bases et montré la complexité de ces notions. Ils ont mentionné que les lacunes dans les cartes conceptuelles représentent les domaines dans lesquels les liens conceptuels chimiques n'apparaissent pas pouvoir être connecté par ces élèves.

VI.2.2. Construction d'une carte conceptuelle

Novak (1990) et Wandersee (1990) ont proposé une description de la technique de traçage des cartes conceptuelles. Ils disposent pour ces cartes d'une théorisation et d'un ensemble de règles à suivre en vue de leur élaboration. Jacobi et al. (1994) ont rappelé brièvement des règles qui sont généralement admises pour la construction des cartes conceptuelles : "*Le chercheur isole et choisit les concepts pertinents, les hiérarchise par niveaux ordonnés, puis il relie les concepts entre eux par des ponts ou des liens homogènes. Enfin, il ordonne et lisse la carte* (p.14)". Dans toutes les représentations de la carte conceptuelle, on effectue un étiquetage de concepts ou notations, avec en général une hiérarchisation et des mises en relation. Puis une spatialisation de ces étiquettes et de leurs liens est réalisée. Le découpage d'un ensemble de connaissances dépend donc des choix liés aux buts visés (Tiberghien, 1994b). Dans la plupart de leurs utilisations, les cartes conceptuelles assurent une fonction d'organisation des connaissances relatives à des concepts. Le choix des termes pour les étiquettes implique l'élimination d'autres termes et leur place au sein d'une hiérarchie (Tiberghien, 1994b, p.55).

Bueger-Vander Borgh et Lambert (1994, p.76-77) ont proposé les étapes de construction d'une carte conceptuelle :

- *Isoler et choisir les "concepts" pertinents* – La première chose à faire est d'identifier les concepts-clés, de les arranger du général au particulier, et les connecter les uns aux autres.

- *Hiérarchiser les concepts* – Il s'agit, au cours de la lecture d'un texte, de repérer les catégories les plus générales (implicites ou explicites), susceptibles de permettre un regroupement de concepts, puis d'établir un classement des concepts du plus générique au plus spécifique, de manière à faire percevoir une certaine hiérarchie, pour arriver, en fin de liste, aux exemples.

- *Construire la carte* – Construire la carte demande de répartir les concepts et les liens en respectant des conventions d'écriture comme par exemple :

- Les concepts sont désignés par un nom commun, un adjectif ou un verbe, lorsque ces derniers sont employés comme substantifs, ou encore par un adjectif lorsqu'ils précisent un concept plus général, écrits en lettres minuscules, et entourés par des ellipses, des rectangles ou des triangles selon le choix du constructeur.

- Chaque forme ne contient qu'un mot, excepté les cas où la compréhension d'un mot seul prête à confusion (exemple : système nerveux central...).

- Les concepts sont reliés par des mots-liens. On forme ainsi des propositions représentées par des lignes sur la carte (exemple : le réflexe **a la fonction de** protection, le réflexe **nécessite** la moelle épinière...).
- Des exemples sont placés en bas de page.

VI.2.3. Cartes des cheminements conceptuels

Le but de ce chapitre est de mettre en évidence la relation entre le fonctionnement des élèves et l'utilisation des films lors de la construction leurs réponses. Pour analyser leurs réponses écrites, nous avons construit une carte des cheminements conceptuels possibles après avoir déterminé les connaissances nécessaires pour répondre à chaque question de la tâche. Pour cela, nous avons pris en compte le manuel des élèves, le programme officiel de chimie 1^{re} S, des dictionnaires et des sites d'Internet. Nos cartes se sont également enrichies, a posteriori pour prendre en compte les réponses écrites des élèves.

Nous avons construit les cartes des cheminements conceptuels possibles à partir des concepts envisagés, en les organisant de façon à décrire des démarches possibles de réponses (correctes ou non) à la question posée. Chaque lien, appelé étape du cheminement conceptuel, est numéroté. La carte ainsi construite s'apparente à la carte conceptuelle décrite par de Bueger-Vander Borght et Lambert (1994) et a été réalisée par :

- *le choix des concepts pertinents* – Le programme officiel, le manuel des élèves et les réponses écrites des élèves ont été pris en compte pour cette phase de la construction.

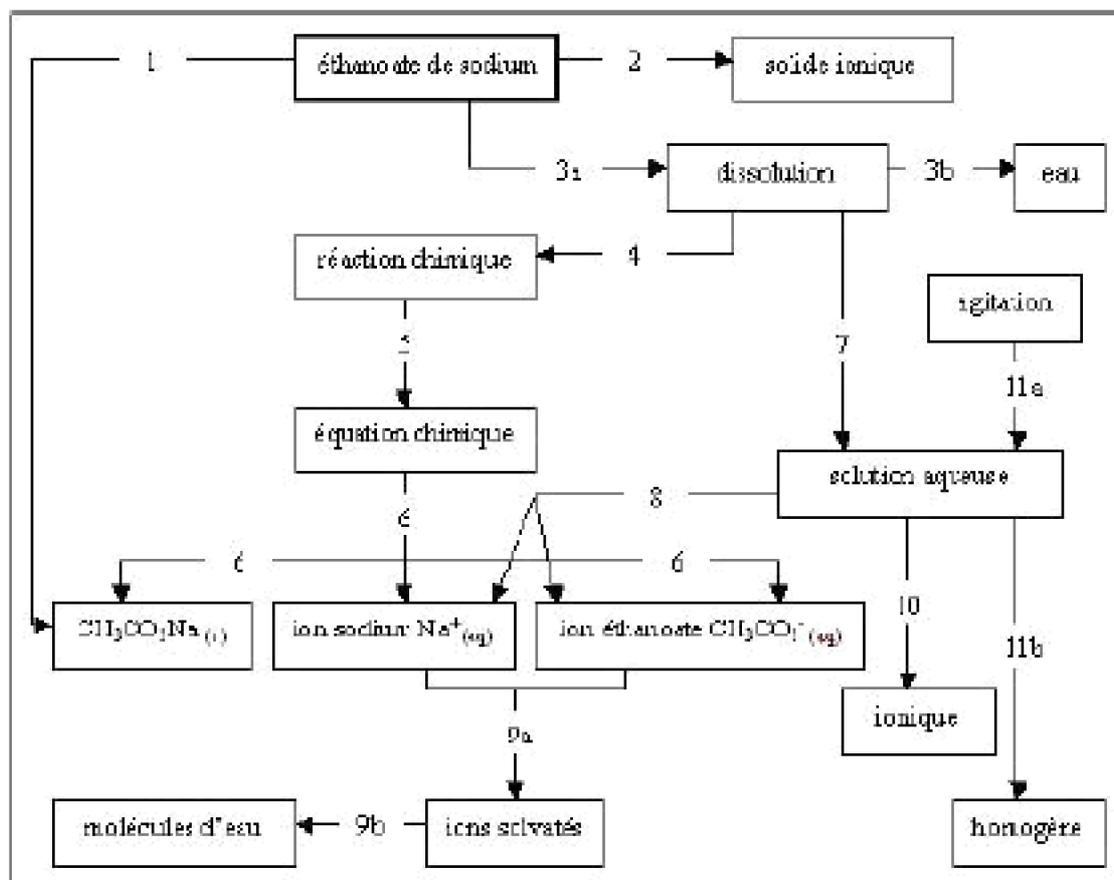
- *la représentation des concepts et des étapes*

1. Les concepts ont été désignés par les noms (ex. acide) ou les adjectifs (ex. corrosif) entourés par les rectangles.

2. Chaque rectangle ne contient qu'un mot (ex. base), un groupe de mot (ex. solution basique) ou une formule chimique (ex. ion éthanoate CH_3CO_2^-).

3. Chaque concept est relié au moins à un autre par une flèche numérotée, qui correspond à une étape d'une carte des cheminements conceptuels.

La figure 6.1 montre une carte des cheminements conceptuels que nous avons construit pour la question 1 de la partie I « *L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?* ».



Connaissances nécessaires

1	L'éthanoate de sodium est représenté par $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}_{(s)}$.
2	L'éthanoate de sodium est un solide ionique.
3	L'éthanoate de sodium se dissout dans l'eau.
4	À la dissolution dans l'eau du solide ionique d'éthanoate de sodium est associée une réaction chimique.
5	Cette réaction peut se représenter par une équation chimique.
6	L'équation de dissolution dans l'eau de l'éthanoate de sodium est $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(aq)}$.
7	Par dissolution de l'éthanoate de sodium dans l'eau, on obtient une solution aqueuse.
8	La solution aqueuse est constituée d'ions sodium Na^+ et éthanoate CH_3CO_2^- .
9	Les ions sodium Na^+ et éthanoate CH_3CO_2^- sont des ions solvatés par des molécules d'eau.
10	La solution aqueuse est ionique.
11	Après agitation, la solution aqueuse devient homogène.

Les connaissances déterminées à partir du manuel scolaire des élèves et les cartes des cheminements conceptuels construites à partir de ces connaissances déterminées sont données dans les annexes (voir les annexes V.1 et V.2).

VI.2.4. Interprétation des images des films

Nous avons constaté que dans certains cas les élèves ont construit leur réponse en interprétant l'image des films. Le terme "*interprétation*" est défini comme "donner un sens personnel, parmi d'autres possibles, à un acte ou à un fait ¹⁰". La littérature contient certaines informations sur l'interprétation des images.

Selon Joly (1994), "*une image peut fournir un grand nombre (poly) d'informations (sémies) visuelles. Ainsi, elle va avoir de multiples significations et se prêter à de multiples interprétations* (p.81)". Metz (cité par Joly, 1994) a précisé que "*ce n'est pas l'image qui est polysémique, mais le spectateur* (p.83)". Peraya (1994) considère que chaque élément de l'image peut jouer un rôle déterminant dans la formation des trajets associatifs qui constituent son sens global, et c'est sans doute là l'origine de la polysémie de l'image. Cette dernière apparaît comme un signe "vide" que le lecteur peut remplir à sa guise parce qu'elle est une simple projection subjective, elle supporte et même favorise l'ambiguïté. Autrement dit, la polysémie naît de la richesse des parcours associatifs que génère le lecteur. Pour "désambigüer" l'image, il faut donc l'aide du langage verbal qui oriente son interprétation, lui assigne un sens et qui tend à la rendre monosémique (Peraya, 1994).

Quintana-Robles (1997) a mentionné que la lecture d'une image laisse une grande liberté à celui qui la découvre, et le sens que l'on peut en extraire est de ce fait moins facilement imposé par son créateur. Elle considère que dans le cas d'un film, chaque image en elle-même peut être lue et décodée librement par le spectateur si le déroulement du film lui en laisse le temps. Le réalisateur impose, par l'ordre dans lequel il fait défiler les images, une certaine construction du sens. De ce point de vue, le film possède en partie les attributs de liberté de lecture et d'imposition de l'ordre de présentation des idées.

VI.3. Questions de recherche

Nous avons cherché à comprendre d'une part la relation entre l'utilisation des films par les élèves et la construction des étapes dans les cartes des cheminements conceptuels, et d'autre part la relation entre l'utilisation des films et le fonctionnement des élèves. Nous nous sommes intéressés ainsi aux questions :

1) Quelle trace de l'utilisation des films trouvent-on dans la construction des étapes d'une réponse à une question posée aux élèves ?

¹⁰ Version électronique du dictionnaire Trésor de la langue française: <http://atilf.atilf.fr/>

2) Quel fonctionnement (*copier-coller les mots du texte ; copier-coller l'image du film, interpréter l'image du film, utiliser l'idée du film ou sans utiliser le film*) les élèves adoptent-ils lors de l'utilisation des informations contenues dans un film pour répondre à une question ?

3) Quelle est l'influence du caractère P ou R du texte du film sur ce fonctionnement et sur la construction des étapes ?

VI.4. Méthodologie

Les données utilisées dans ce chapitre sont les productions écrites des mêmes douze élèves de Première scientifique utilisées dans le chapitre précédent. Nous allons nous limiter à en détailler la méthode d'analyse que nous illustrerons sur quelques exemples.

VI.4.1. Méthode d'analyse

La grille d'analyse du tableau 6.1 a été utilisée pour analyser les réponses écrites des douze élèves de Première scientifique dans le cas de chaque question de la tâche.

La première colonne de cette grille indique les noms des élèves qui répondent à une question posée. La deuxième reprend leurs productions écrites.

La troisième indique le mode de fonctionnement des élèves lors de leur réponse :

- *Copier-coller de mots du texte* – L'utilisation par l'élève de mots du texte du film. Ces mots sont en gras dans le tableau.

- *Copier-coller de l'image du film* – L'utilisation par l'élève d'une information dans la même représentation sémiotique que celle de l'image du film (langage naturel/mots, représentations iconiques/boules, représentations symboliques/formules chimiques ou équations chimiques). Les informations utilisées par les élèves sont en italique dans le tableau, sauf les représentations iconiques.

L'utilisation de « copier-coller » a déjà été constatée chez les élèves travaillant sur les sites d'Internet (Le Diouris, 2000). Roussey et al. (2001) ont également observé que les élèves recopiaient des informations d'hypermédia.

- *Interpréter l'image du film* – Un tel fonctionnement a été décrété quand l'élève donne du sens à l'image du film en utilisant des mots différents de ceux du texte de film. Elle est repérée par un souligné dans le tableau.

- *Utiliser l'idée du film* – Cela correspond à l'utilisation par l'élève d'une idée du film dans un nouveau contexte et avec des nouveaux mots. Elle consiste à évoquer une information présente à la fois dans le texte et l'image. Il s'agit d'un transfert de connaissance.

- *Sans utiliser le film* – Cela correspond à la construction d'une réponse écrite à partir des connaissances préalables des élèves.

L'une de nos questions de recherche vise à mettre en évidence la relation entre les types (Perceptible / Reconstitue) de films et le nombre d'étapes construites par les élèves. Le type du film duquel l'élève utilise une information dans sa production écrite est présent dans la quatrième colonne : film perceptible (FP), film reconstitue (FR) et film dont il n'existe qu'un seul texte (FC).

La cinquième colonne indique le numéro des étapes construites dans les cartes des cheminements conceptuels. La sixième colonne indique le nombre X d'étapes construites. Pour montrer la relation entre les étapes construites et le fonctionnement des élèves, nous avons utilisé dans cette colonne les codes suivants.

- X^m : X étapes sont construites par "copier-coller des mots du texte".
- X^i : X étapes sont construites par "copier-coller de l'image du film".
- X^n : X étapes sont construites par "interprétation de l'image du film".
- X^d : X étapes sont construites par "utilisation d'une idée du film".
- X^s : X étapes sont construites "sans utiliser le film".

De plus, si une étape est construite par l'élève en utilisant deux fonctionnements, on la note par exemple $0,5^m + 0,5^i = 1$, ce qui veut dire qu'une étape est construite par "copier-coller des mots du texte" et "copier-coller de l'image du film".

Si un concept présent dans une réponse d'élève est voisin d'un concept prévu a priori, par exemple "formation d'ions" et "réaction chimique", nous l'avons indiqué ainsi dans la dernière colonne : "formation d'ions / réaction chimique". Le premier concept correspond à celui utilisé par l'élève, le deuxième est celui mis en jeu dans une carte des cheminements conceptuels.

VI.4.2. Exemples d'utilisation de la méthode d'analyse

Les exemples fournis ci-dessous illustrent (1) un cas de copier-coller du texte d'un film, puis (2) d'une image du film et enfin (3) l'interprétation d'une image.

VI.4.2.1. Exemple d'analyse d'un copier coller du texte d'un film

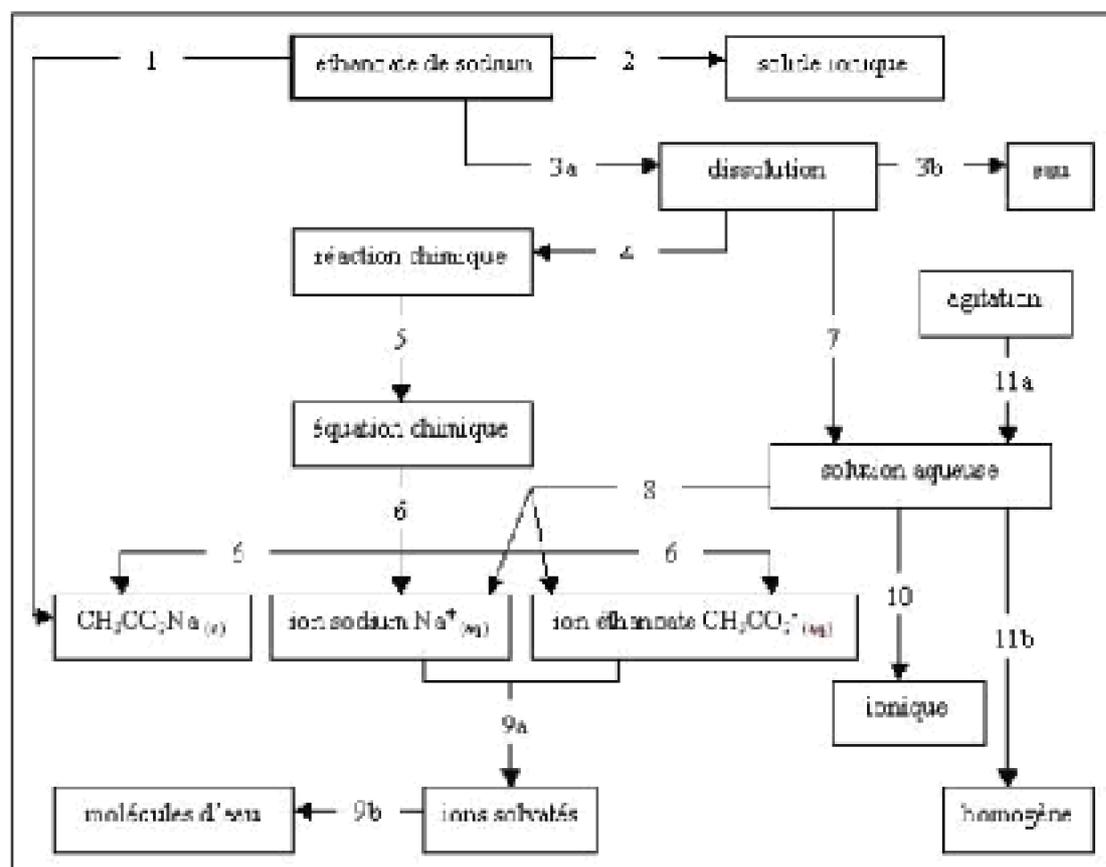
Pour montrer comment nous avons analysé les réponses écrites des élèves à partir de notre grille d'analyse (tableau 6.1), nous donnons des exemples concernant la question 1 de la partie I : "L'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium) est une poudre blanche soluble dans l'eau. Que signifie cette phrase pour vous ?".

Tableau 6.1 – Exemples pour la grille d'analyse (cas de question 1 de la partie I)

**Chapitre VI. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. B –
Comment les élèves utilisent le film**

Binôme	Réponse écrite	Fonct. des élèves	Type de film	Etapes de la carte	Nombre d'étapes	Différences
Marie – Barthélemy	L'éthanoate de sodium peut se mélanger à l'eau.	sans utiliser le film	—	3a ; 3b	2 ^s	se mélanger / se dissoudre
Pascal – Ahlem	L'éthanoate de sodium se dissout dans l'eau. Donc au contact de l'eau, une nouvelle espèce chimique est formée (<i>avant de voir le film</i>). Lors de la dissolution, des nouveaux ions sont formés. Donc la solution formée est ionique (<i>après de voir le film</i>).	copier-coller les mots du texte	FFR	3a ; 3b ; 4 ; 10	2 ^m + 2 ^s = 4	<i>formation d'ions / réaction chimique</i> solution / solution aqueuse

Marie et Barthélemy ont construit deux étapes (3a et 3b) dans la carte des cheminements conceptuels qui est présentée ci-dessous (figure 6.2). La construction de ces deux étapes a été réalisée par les élèves sans utiliser de film.



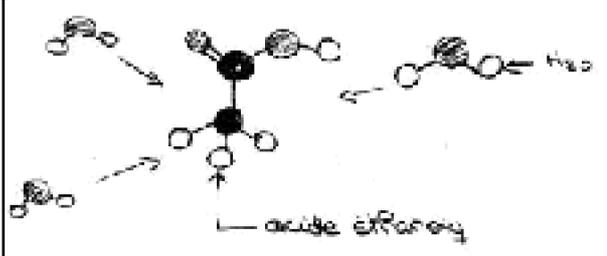
Pascal et Ahlem ont construit les étapes 4 et 10 de cette carte par "copier-coller les mots du texte" et les étapes 3a et 3b "sans utiliser le film". Le tableau suivant montre le texte dont les élèves ont emprunté des mots pour leur construction.

Tableau 6.2 – Utilisation par les élèves Pascal et Ahlem des mots du texte du film *NaOH base de Brønsted* (version R)

Texte du film <i>NaOH base de Brønsted</i> (version R)
On se propose de montrer à l'aide d'une animation que l'espèce chimique hydroxyde de sodium est une base au sens de Brønsted. Pour cela, dissolvons dans l'eau de l'hydroxyde de sodium. Cette dissolution conduit à la formation d'ions Na^+ et HO^- . La solution ionique peut se représenter avec des ions séparés en solution. On constate qu'en solution, les ions Na^+ ne touchent pas les ions HO^- . Cette dissolution de l'espèce chimique hydroxyde de sodium se représente par cette équation chimique...

VI.4.2.2. Exemple d'analyse d'un copier coller d'une image d'un film

Cet autre exemple concerne la question 2 de la partie I : "Comment peut-on représenter ce qui se passe en solution quand on ajoute de l'éthanoate de sodium dans de l'eau pure ?".

Sylvain – Aurore		copier- coller l'image du film	FP : TP	0
---------------------	--	---	------------	---

Sylvain et Aurore ont "copié-collé l'image du film" pour construire leur production écrite (voir le tableau 6.3). En revanche, il n'y avait pas de relation entre cette réponse écrite et la réponse attendue. Ils n'ont donc construit aucune étape de la carte des cheminements conceptuels concernant cette question de la tâche.

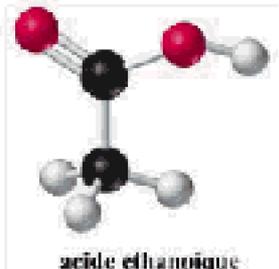
<p>Image du film <i>Dissociation de HCl et CH₃CO₂H</i> (version F)</p> 	<p>Image du Film <i>Dissolution – animation microscopique</i> (version F)</p> 
--	--

Tableau 6.3 – Extrait des films *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* et *Dissolution – animation microscopique* dont un "copier-coller l'image du film" est réalisé par Sylvain et Aurore

Sylvain et Aurore ont récupéré les représentations des molécules d'acide éthanique et d'eau présentes dans les images de ces deux films. Ils en ont fait une synthèse en utilisant les représentations de ces molécules à partir du scénario du deuxième film.

VI.4.2.3. Exemple d'analyse d'une interprétation d'une image d'un film

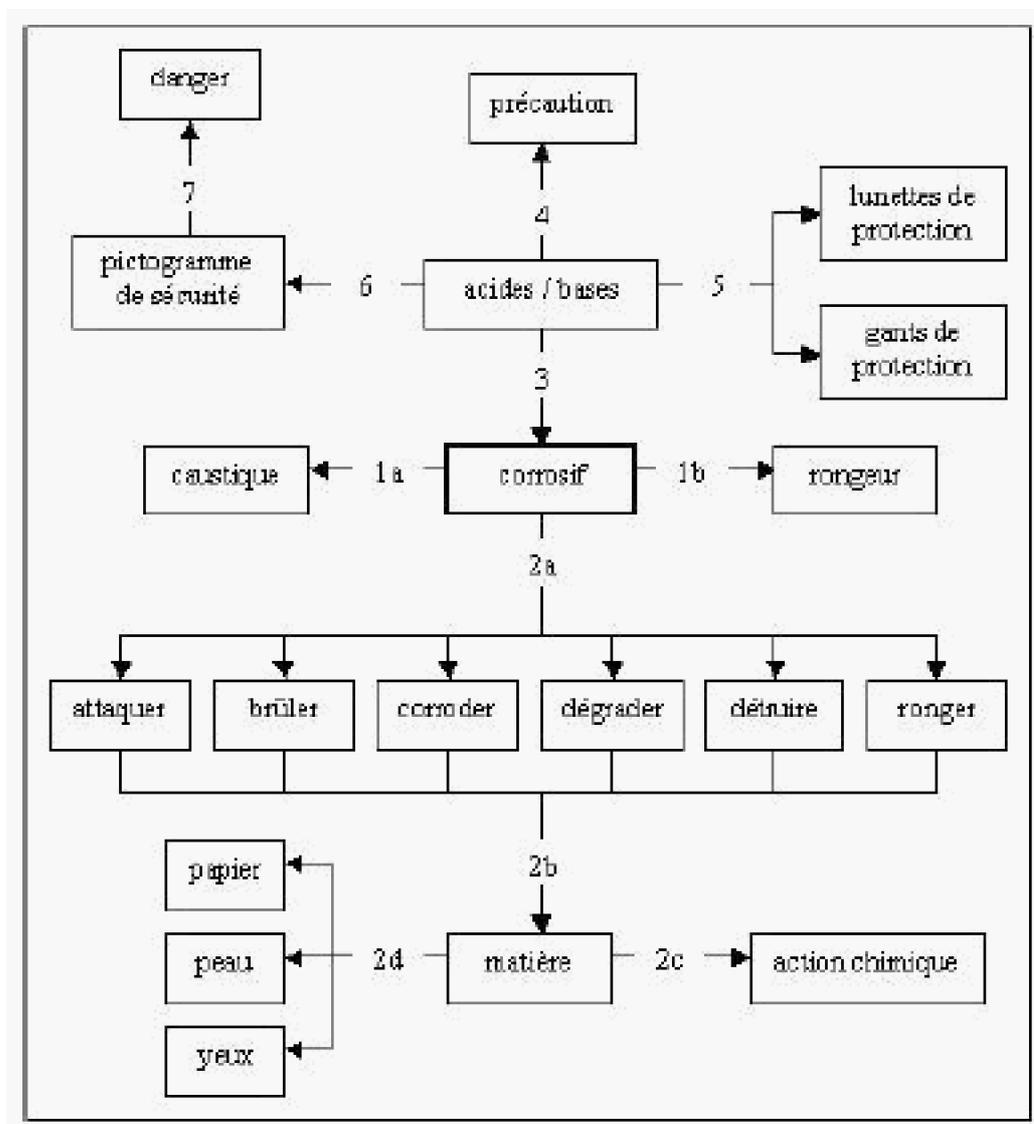
Ce dernier exemple concerne la question 1 de la partie III : "Que veut dire "corrosif" pour vous ?". Les élèves Adrien et Logan ont donné la réponse suivante.

Adrien – Logan	"Corrosif" signifie que ça <u>dégrade</u> <u>certaines matières</u> commela peau ou la cellulose du papier .	copier-coller les mots du texte interpréter	2a ; 2b ; 2d	0,5^m + 2,5 n = 3	
-------------------	--	--	-------------------------------	--	--

Influence des relations entre le texte et l'image d'un film de chimie sur l'activité cognitive d'un apprenant

		<i>l'image du film</i>				
--	--	----------------------------	--	--	--	--

Ces élèves ont construit trois étapes (2a, 2b et 2d) de la carte des cheminements conceptuels présentée ci-dessous (figure 6.3).



La construction de ces trois étapes de cette carte a été réalisée par "copier-coller les mots du texte" (étape 2d) et "interpréter l'image du film" (étapes 2a et 2b). En ce qui concerne le "copier-coller les mots du texte", les élèves ont récupéré certains mots du texte du film pour construire l'étape 2d. Ces mots de texte sont présentés ci-dessous.

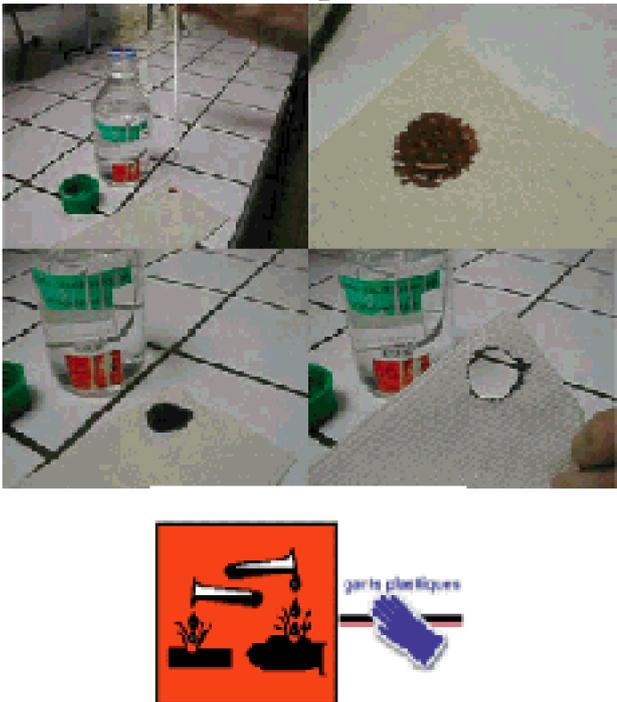
Film <i>Acide corrosif</i> (version R)	
<i>Texte</i>	<i>Image</i>
<p>Les acides sont corrosifs, comme le montre cette expérience. Les ions H^+ en grand nombre dans cet acide concentré déshydratent la cellulose du papier et la détruisent par une réaction chimique rapide. Ce signe indique qu'un liquide est corrosif. Il peut y avoir une réaction chimique entre un acide et les espèces chimiques présentes dans la peau, surtout si l'acide est concentré. Son utilisation requiert le port de gants de protection</p>	

Tableau 6.4 – Cas du "copier-coller les mots du texte" dans le cas d'élèves Adrien et Logan

Les élèves ont utilisé les mots "**cellulose**", "**papier**" et "**peau**" présents dans le texte du film *Acide corrosif*. De plus, ils ont donné un sens personnel à l'image de ce film en utilisant leurs propres mots : « "*Corrosif*" signifie que ça dégrade certaines matières ». Le texte du film ne contient ni le mot "dégradation" ni le mot "matière", mais il parle d'une réaction chimique entre un acide et les espèces chimiques présentes dans la peau. Ainsi, les élèves construisent les étapes 2a et 2b dans la carte des cheminements conceptuels (figure 6.3) à partir de "*interprétation de l'image du film*".

L'analyse complète des réponses écrites des 12 élèves est donnée dans les annexes (voir l'annexe V.3).

VI.5. Résultats et discussion

Pour chaque question de la tâche nous avons présenté les résultats obtenus en utilisant un tableau comme ci-dessous.

Binôme	Type de film	Nombre d'étapes construites par les élèves					Nombre total d'étapes construites	Nombre total d'étapes dans la carte des cheminements conceptuels
		X ^m	X ⁱ	X ^a	X ^d	X ^r		
Adrien – Logan	FR	0					0	14
Annie – Margot	FP				0		0	
Elise – Florence	—					3	3	
Mane – Barthélemy	—					2	2	
Pascal – Ahdem	FR	2				2	4	
Sylvain – Aurore	FP	0				2	2	

Tableau 6.5 – Résultats obtenus dans le cas de question 1 de la partie I

Nous allons illustrer les résultats présentés dans le tableau 6.5. Par exemple, Adrien et Logan ont "copié-collé les mots du texte" d'un film reconstruit (FR) pour répondre à la question.

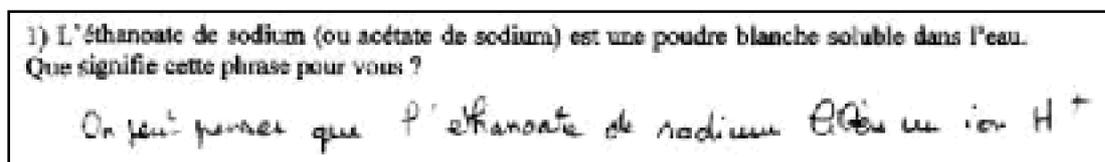


Image 6.1 – Réponse des élèves Adrien et Logan à la question 1 de la partie I

Réponse écrite	Texte	Image
On peut penser que l'éthanoate de sodium libère un ion H ⁺ C'est aussi le cas de l'acide éthanoïque. En libérant un ion hydrogène H ⁺ , l'acide éthanoïque libère également un ion éthanoate.	<p>Film <i>Dissociation de HCl et CH₃CO₂H</i> (version R)</p>

Tableau 6.6 – Exemple de "copier-coller des mots du texte" du film

L'éthanoate de sodium est un solide ionique dont la dissolution dans l'eau conduit à la formation des ions sodium et éthanoate solvatés. Or, Adrien et Logan ont mentionné (à tort) une propriété reconstruite (*libération d'un ion H⁺*) de cette espèce chimique en

réalisant un "copier-coller des mots du texte" du film *Dissociation de HCl et CH₃CO₂H* (version R), ce qui ne les a pas permis de construire d'étape ($X^m = 0$) de la carte des cheminements conceptuels (voir le tableau 6.5).

Un autre exemple concernant la réponse des élèves Sylvain et Aurore est donné ci-dessous.

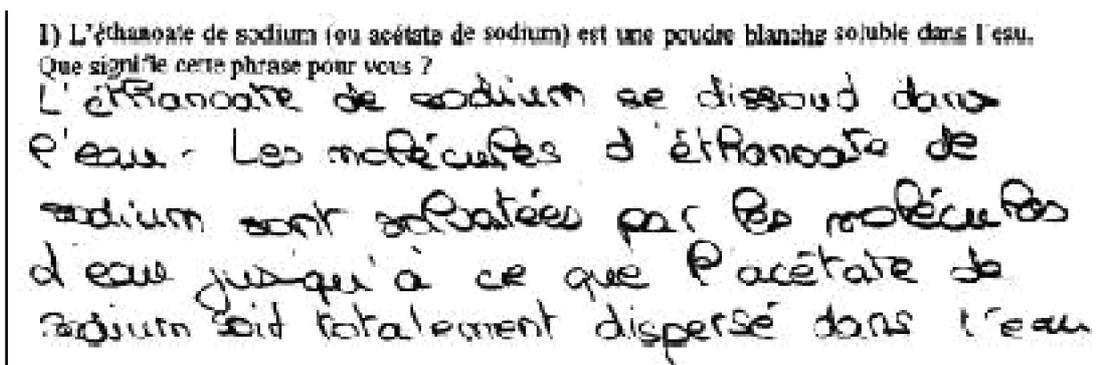


Image 6.2 – Réponse des élèves Sylvain et Aurore à la question 1 de la partie I

Pour répondre à cette question de la tâche, Sylvain et Aurore ont réalisé également un "copier-coller des mots du texte" d'un film perceptible (FP).

Réponse écrite	Texte	Image
<p>L'éthanoate de sodium se dissout dans l'eau (avant de voir le film).</p> <p>Les molécules d'éthanoate de sodium sont solvatées par les molécules d'eau jusqu'à ce que l'acétate de sodium soit totalement dispersé dans l'eau (après de voir le film).</p>	<p>... Les paquets de disques qui se séparent représentent les ions sodium ou hydroxyde solvatés par des molécules d'eau ...</p>	
<p>Film <i>Dissolution</i> animation microscopique (version F)</p>		

Tableau 6.7 – Autre exemple de "copier-coller des mots du texte" du film

Ce film vu par Sylvain et Aurore traite de la dissolution dans l'eau de l'hydroxyde de sodium. Il explique la dissolution dans l'eau de ce solide ionique en termes de formation des ions sodium et hydroxyde solvatés par des molécules d'eau (tableau 6.7). Ce binôme a pensé que l'éthanoate de sodium est une molécule : "Les molécules d'éthanoate de sodium sont solvatées par les molécules d'eau ...". Taber (1998) a souligné que les élèves préfèrent utiliser le concept de molécule quand il s'agit d'un solide ionique. La figure 6.4 représente le fonctionnement des élèves concernant le solide ionique.

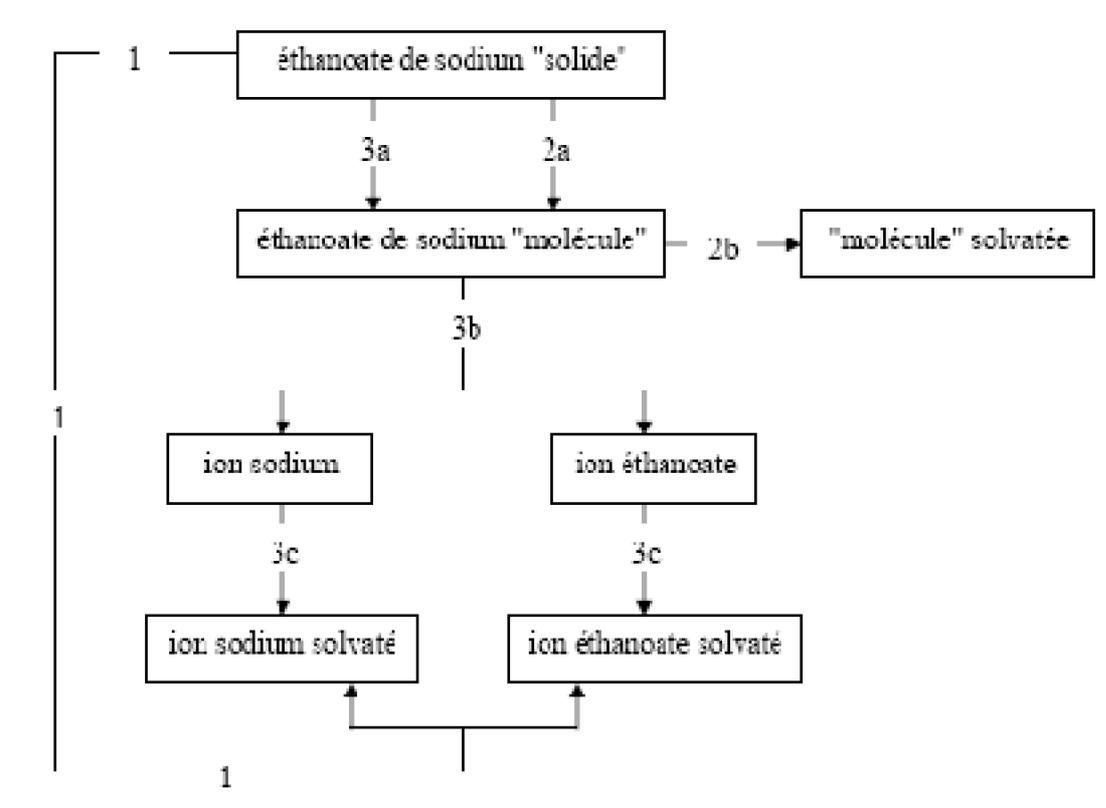


Figure 6.4 – Fonctionnement des élèves concernant le solide ionique

La flèche 1 représente un cheminement cognitif utilisé par le chimiste dans le cas de la dissolution dans l'eau du solide ionique d'éthanoate de sodium. Les flèches 2 et 3 représentent les cheminements cognitifs utilisés par les élèves.

Nous avons constaté que dans le cas de Sylvain et d'Aurore, un "copier-coller des mots du texte" du film *Dissolution – animation microscopique* (version P) ne leur a permis de construire aucune des étapes ($X^m = 0$) dans la carte des cheminements conceptuels pour cette question. En revanche, ils ont réussi à construire deux étapes sans utiliser le film ($X^s = 2^s$), en mentionnant "l'éthanoate de sodium se dissoud dans l'eau (avant de voir le film)".

Les nombres d'utilisations de film et d'étapes construites par les 12 élèves sont donnés dans le tableau 6.8. Chaque valeur correspond à un nombre d'étapes construites d'une certaine façon par un des binômes. Par exemple 3/14 dans la colonne X^s de la ligne de la question 1 partie I signifie qu'un binôme a construit, sans utiliser de film, 3 des 14 étapes de la carte des cheminements conceptuels à l'occasion de cette question. Dans la même colonne et pour la même question, les trois « 2/14 » indiquent que trois autres binômes ont construit 2 étapes également sans utiliser de film. Le tableau ne permet pas de retrouver les réponses d'un binôme en particulier.

Tableau 6.8 – Nombres d'utilisations de film et d'étapes construites par les 12 élèves

Questions	X^m			X^i			X^n		X^d			X^s
	FP	FR	FC	FP	FR	FC	FP	FR	FP	FR	FC	

Chapitre VI. Influence de la nature du texte d'un film sur son utilisation par un apprenant. B
– Comment les élèves utilisent le film

Q1/Partie I	0/14	0/14							0/14			3/14
		2/14										2/14
												2/14
												2/14
Q2/Partie I				0/28				0/28	0/28		0/28	4/28
												5/9*
Q3/Partie I	0/21		0/21		4/21	0/21		1/21				1/21
												1/21
												1/21
												1/21
												1/21
Q4/Partie I	2/19	2,5/19	2/19		0,5/19	1/19						2/19
	1/19											4/19
												1/19
Q1/Partie II	2/16	0,5/16		0,5/16	0,5/16							3/16
	0,5/16	2,5/16		0,5/16	4,5/16							1/16
	0,5/16	2,5/16			1,5/16							
Q2/Partie II	2/14	2/14		0/14	2/14							
	0/14	1/14		1,5/14	3/14							
	0,5/14	0/14			0/14							
Q1/Partie III	1/11	0,5/11		0,5/11			1/11	2,5/11				
	2,5/11	1,5/11					2/11	1,5/11				
		2/11					0/11	3/11				
Q2/Partie III	2/18	4/18	2/18				2/18					2/18
		4/18										2/18
		3/18										2/18
												2/18
												2/18
Q3/Partie III		1/24	2/24				2/24	0/24				2/24
		2/24	0/24									
Q/Partie IV		1/23							5/23	4/23		0/23
		3/23										
Q/Partie V	0/42	3,5/42		7/42	6,5/42							
		1,5/42			1,5/42							
Nombre d'utilisations de film	14 (Cm/FP)	21 (Cm/FR)	5 (Cm/FC)	7 (Ci/FP)	10 (Ci/FR)	2 (Ci/FC)	5 (li/FP)	6 (li/FR)	3 (Ui/FP)	1 (Ui/FR)	1 (Ui/FC)	23 (Su)
Nombre d'étapes	14 (X ^m /FP)	40 (X ^m /FR)	6 (X ^m /FC)	10 (X ⁱ /FP)	24 (X ⁱ /FR)	1 (X ⁱ /FC)	7 (X ⁿ /FP)	8 (X ⁿ /FR)	5 (X ^d /FP)	4 (X ^d /FR)	0 (X ^d /FC)	46 (X ^s)
* Pour cette question, il a été pertinent de construire 2 cartes des cheminements conceptuels, l'une reconstruite, avec 28 étapes et l'autre, perceptible, avec 9.												
Cm – Copier-coller les mots du texte ; Ci – Copier-coller l'image du film ; li – Interpréter l'image du film ; Ui – Utiliser l'idée du film ; Su – Sans utiliser le film ; FP – Films perceptibles ; FR – Films reconstruits ; FC – Films communs (ayant un seul texte rédigé) ; X ^m – X étapes construites par "copier-coller les mots du texte" ; X ⁱ – X étapes construites												

par "copier-coller l'image du film" ; X^n – X étapes construites par "interpréter l'image du film" ; X^d – X étapes construites par "utiliser l'idée du film" ; X^s – X étapes construites "sans utiliser le film".

Les résultats mentionnés dans le tableau 6.8 sont détaillés pour chaque question de la tâche en annexes (voir l'annexe V.4).

Les résultats obtenus sur la relation entre les types (P/R) de films et les nombres d'utilisations de film par les élèves sont représentés par la figure 6.5.

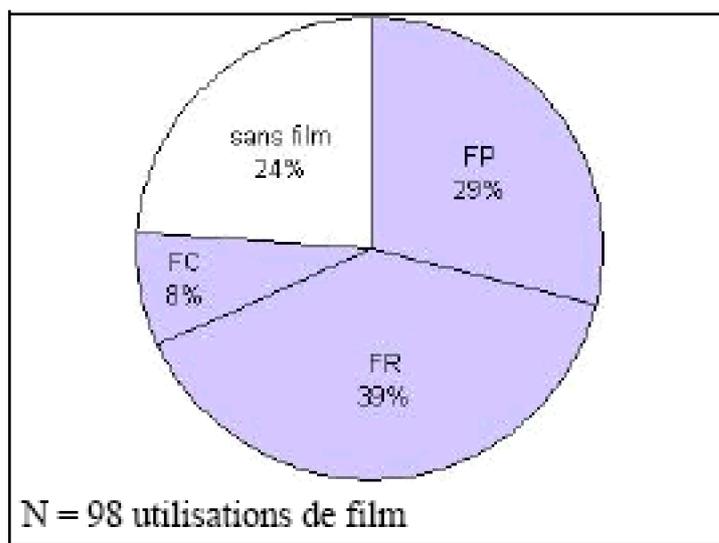


Figure 6.5 – Nombres d'utilisations de film par les 12 élèves selon les types de films

Les élèves utilisent les films 75 fois sur 98 (76%) pour répondre aux questions. Les films reconstruits sont plus utilisés (38 fois sur 98 – 39%) par les élèves pour répondre aux questions de la tâche.

Une de nos questions de recherche vise à mettre en évidence la relation entre les types de films et les nombres d'étapes construites par les élèves. Les résultats obtenus sur cette relation sont présentés par la figure 6.6.

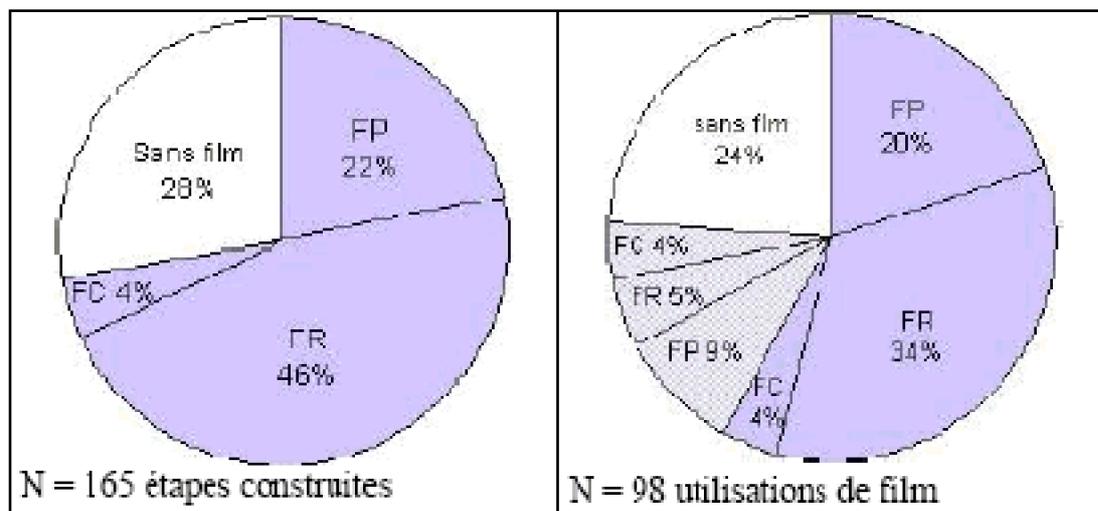


Figure 6.6 – Nombres d'étapes construites par les 12 élèves à partir de l'utilisation des films (à gauche) ; Nombres d'utilisations de film permettant ou non de construire des étapes (à droite)

Le diagramme à gauche montre que les élèves construisent plus d'étapes en utilisant les films reconstruits (76 étapes construites sur 165 – 46%). Le diagramme à droite montre les nombres d'utilisations de films qui ont permis ou pas de construire une étape. 33 (34%) utilisations des films reconstruits (FR) permettent aux élèves de construire une étape, et 5 (5%) ne leur permettent pas. Nous constatons une grande différence entre l'utilisation des films reconstruits et celle des films perceptibles : 5 sur 39 (13%) utilisations des films reconstruits ne permettent pas la construction d'étape, alors qu'il y en a 9 sur 29 (31%) pour les films perceptibles (diagramme à droite). L'utilisation des films reconstruits favorise donc plus largement la construction d'une étape que celle des films perceptibles.

La figure 6.7 montre que pour répondre aux questions les élèves réalisent plutôt le "copier-coller les mots du texte" (40 fois sur 98 – 41%). Le lien avec ce qui a été vu ci-dessus montre que ces textes sont plutôt des textes reconstruits.

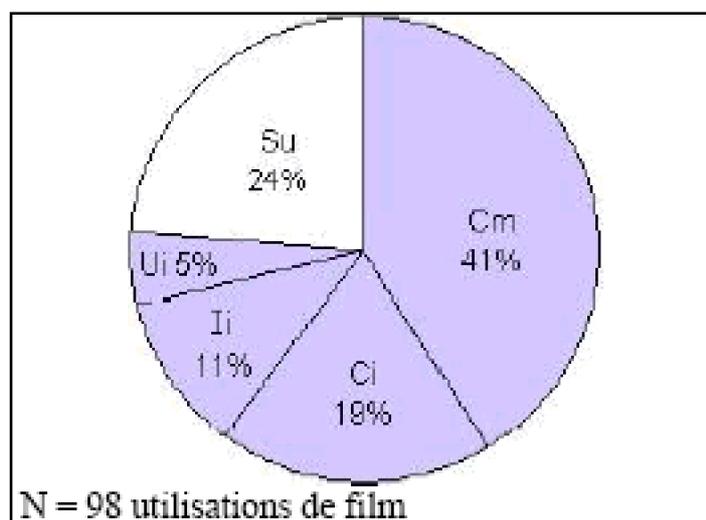


Figure 6.7 – Fréquence d'utilisation des modes de fonctionnement

Une autre de nos questions de recherche vise à mettre en évidence la relation entre le fonctionnement des 12 élèves et leur utilisation des films. Les résultats relatifs à cette relation, présentés figure 6.8, détaillent la figure précédente. Le premier diagramme indique que 4 sur 14 (29%) utilisations des films perceptibles ne permettent pas la construction d'une étape, pour seulement 2 sur 22 (9%) avec les films reconstruits, à partir de "copier-coller les mots du texte". Le second diagramme arrive à la même conclusion à partir de "copier-coller l'image du film" : 2 sur 7 (29%) utilisations des films perceptibles contre seulement 1 sur 10 (10%) utilisations des films reconstruits ne permettent pas la construction d'une étape. Les deux derniers diagrammes n'autorisent pas de conclusion hormis que la faible utilisation de ces modes de fonctionnement se répartit également sur les films P et R.

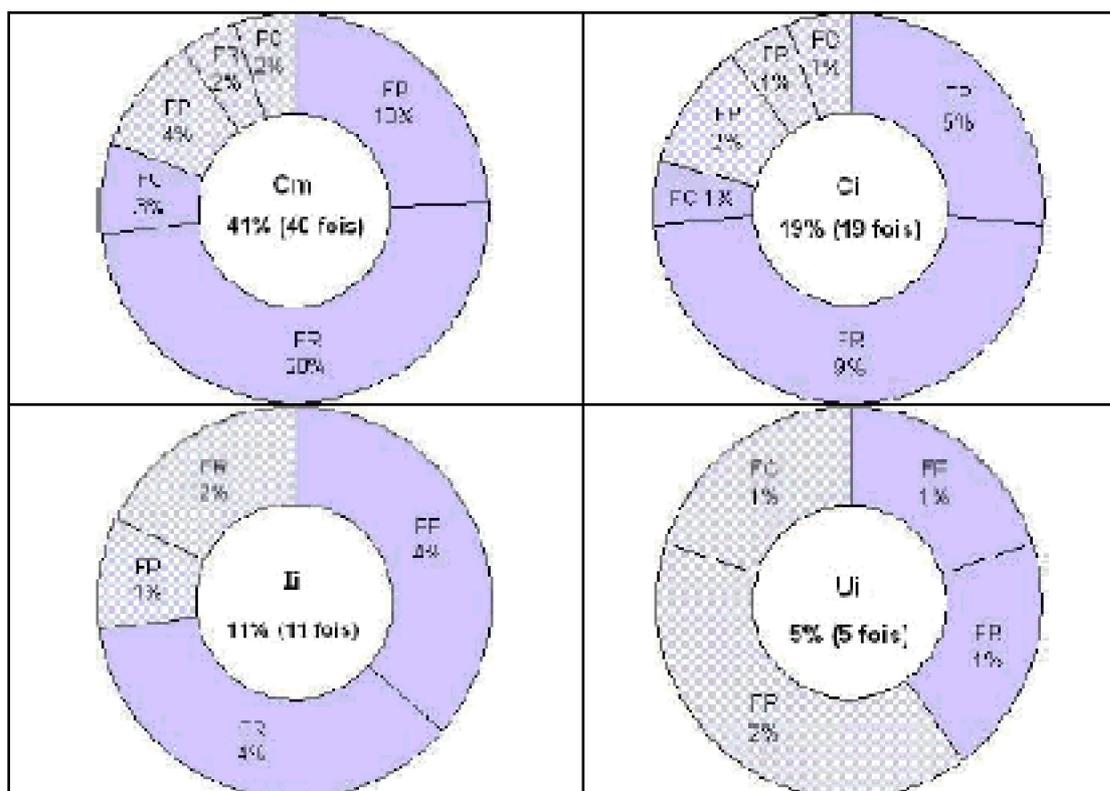


Figure 6.8 – Utilisation des films à partir du fonctionnement des élèves (N = 98 utilisations de film)

Ces résultats ont montré quels pourcentages de l'utilisation des films P et R permettent de construire des étapes. Le tableau 6.8 précise combien d'étapes sont construites.

En prenant en compte les copier-coller des textes (Cm) des films :

- Pour les films R, 20 des 22 utilisations ont permis de construire 40 étapes.
- Pour les films P, 10 des 14 utilisations ont permis de construire 14 étapes.

On voit donc que les films R sont mieux utilisés (20/22 et non 10/14 pour les films P) et permettent de construire plus d'étapes 40 (et non 14 pour les films P).

En prenant en compte les copier-coller des images (Ci) des films:

- Pour les films R, 9 des 10 utilisations ont permis de construire 24 étapes.
- Pour les films P, 5 des 7 utilisations ont permis de construire 10 étapes.

Cela confirme la supériorité de l'utilisation des films R sur les films P, tant sur le fait qu'ils sont mieux utilisés, que plus utilisés. On peut interpréter cela en disant que le film R articule les niveaux P (de l'image) et R (du texte) alors que le film P se limite à ce qui est P (à l'image et dans le texte). Le film R engendre donc probablement une meilleure construction de connaissances chez l'élève qui regarde le film et une utilisation plus pertinente et plus fréquente.

VI.6. Synthèse des résultats

Les cartes conceptuelles, considérées comme les outils pour illustrer les changements dans la compréhension conceptuelle de l'élève et pour évaluer l'apprentissage d'un sujet traité (Pendley et al., 1994), nous ont permis de décrire le cheminement cognitif des élèves et de le mettre en relation avec la nature perceptible ou reconstruit des films utilisés. L'utilisation de ces derniers permet aux élèves de construire plus d'étapes que les autres qui eux, conduisent plus fréquemment à une moins bonne utilisation des informations véhiculées. Le fonctionnement principal utilise le mode "*copier-coller*" en accord avec ce qui a été observé par ailleurs (Le Diouris, 2000 ; Roussey et al., 2001). Nous sommes en mesure de préciser avec notre étude que les copier-coller concernant aussi bien les informations de l'image que celles du texte des films.

Nous avons également montré l'effet que produisait le texte accompagnant le film. Quand celui-ci est de type reconstruit, l'utilisation a été montrée de meilleure qualité et plus fréquente. La sélection des informations pertinentes d'un film et l'organisation de ces informations sélectionnées par l'apprenant sont importantes pour construire une activité cognitive (Mayer & Moreno, 2002 ; Mayer, 2003 ; Schnotz & Bannert, 2003).

Conclusion générale

Ce travail a abordé deux aspects de l'utilisation des TICE qui tournent autour de la création des films de chimie à visée didactique et leur utilisation par les élèves. L'accent a porté dans les deux cas sur la relation entre le texte et l'image. Les différentes questions que nous nous sommes posées ont nécessité l'usage d'un hyperfilm qu'il a fallu créer et mettre en scène dans des situations impliquant des élèves dont le fonctionnement cognitif a été notre objet d'étude.

Utilisation des hyperfilms

Mettre en évidence l'utilisation des hyperfilms par les élèves a nécessité de créer un certain nombre de méthodes d'analyse. La construction d'une problématique de recherche concernant l'utilisation des hypermédias est toujours délicate, et nous nous sommes servi des opérations et les actions des élèves pour décrire leurs buts.

Nous nous sommes posés la question de savoir si l'on pouvait décrire, en termes d'actions et d'opérations relevées pendant la réalisation d'une tâche, l'activité cognitive des élèves qui utilisent un hyperfilm. Cela nous a conduit à considérer que l'élève disposait de deux lieux de travail, celui de la tâche et celui de l'hyperfilm. Le passage d'un lieu à l'autre a révélé de nombreuses possibilités, l'élève pouvant quitter l'hyperfilm soit pour lire ou relire une question, pour en discuter, ou pour écrire ou relire sa réponse. Le

passage du lieu de la tâche à l'hyperfilm a pu se faire pour chercher un film, le regarder ou en discuter. Les motifs de passage d'un lieu à l'autre étant varié, il ne faut pas s'étonner que le travail ne s'effectue pas de façon linéaire, mais implique de fréquents allers et retours entre les deux lieux, au cours desquels se construit leur activité cognitive. Notre approche par les actions des élèves a également permis de constater la non-mémorisation de certaines idées trouvées dans le film visionné, ainsi que la production d'une nouvelle question et la sélection d'informations verbales et/ou visuelles d'un film au service de leur réponse.

La désorientation de l'élève lors de la navigation dans l'hyperfilm s'est déduit des passages rapides entre pages de l'hyperfilm. En revanche, les passages lents proviennent de discussions nourries sur le contenu d'un film ou sur le choix d'un lien pour accéder à un autre film. Nous avons constaté que les films reconstruits incitent plus les élèves à rester dans une même page pour discuter de leur compréhension que les films perceptibles.

Choix des films et mémorisation

Plusieurs facteurs sont responsables du choix d'un film à regarder dont le "trait de surface", observé plusieurs fois. La reformulation par les élèves d'une question posée, et la production d'une nouvelle question, ont mis en évidence l'importance de la construction de la compréhension d'une information donnée.

La non-mémorisation des films est relative à certains effets : l'effet des connaissances aux niveaux reconstruits dans le film, l'effet de la charge cognitive et l'effet du double codage. Un texte difficile conduit à une moindre compréhension et une mémorisation plus aléatoire. Un texte de film peut être perçu comme difficile quand il contient beaucoup d'informations aux niveaux reconstruits. Les informations présentes dans le texte et absentes des images sont plus difficilement mémorisées. Dans un autre cas, un film dans lequel on montre et on commente plusieurs réactions chimiques, nécessite d'être vu plusieurs fois par les élèves pour qu'ils puissent donner du sens aux images qu'ils regardent. Si l'on souhaite une bonne compréhension et mémorisation des informations de film par les élèves, il faut limiter la quantité d'informations relatives au système chimique, et il faut éviter d'utiliser une seule source d'informations dans certains endroits du film.

Les activités cognitives incluent la mémorisation qui est considérée comme l'apprentissage d'une nouvelle information. Les élèves peuvent mémoriser les informations nouvelles (définitions, explications) pour favoriser la compréhension. Les élèves se rappellent de certaines informations de films après une semaine. Ces informations font partie donc de leurs connaissances conceptuelles. L'information apprise est stockée et indexée dans la mémoire à long terme pour l'utilisation future. Lors de la résolution de problème, cette information sort comme adapté aux connaissances antérieures. C'est la raison pour laquelle, ils ont utilisé leurs propres mots pour exprimer les événements mis en jeu dans les textes des films. Cela signifie qu'il y a des

constructions cognitives dans le système conceptuel de l'élève comme la construction de l'idée et/ou des concepts.

Lors de la mémorisation la supériorité de l'image sur le texte (effet du double codage) a été observée. Les connaissances présentées avec des représentations iconiques, ou aux niveaux perceptibles, sont mieux réutilisées par les élèves. C'est la raison pour laquelle, la difficulté de mémorisation par les élèves des informations apportées par les films aux niveaux reconstruits a été observée.

L'absence des effets de primauté et de récence sur la mémorisation des films a été constatée. Cette dernière peut être liée à la familiarisation avec son contenu comme nous avons constaté dans le cas du film *Effets des pluies acides*. Tous les élèves se souviennent de ce film. La mémorisation des films ne semble pas dépendre du fait que les élèves voient le film une ou deux fois.

Nous pensons que les résultats de ce travail peuvent permettre d'aider soit à la conception des films intégrés dans les hypermédias, soit à leur utilisation dans des situations d'enseignement. Les films jouent un rôle de pont entre les connaissances préalables des élèves et les connaissances nouvelles à apprendre. Dans les différentes situations les élèves peuvent regarder le même film pour les différents buts (pour répondre à la question posée, pour répondre à leur propre question, pour mieux comprendre le système chimique présent dans le film, etc.).

Impact de la relation entre le texte et l'image d'un film sur son utilisation par l'élève

L'utilisation par des élèves des connaissances mises en jeu dans les films a montré que les versions P conduisent à une grande utilisation des images, et que les connaissances issues du texte d'accompagnement sont plutôt, comme dans le film, de nature perceptible. En revanche, les films R pour lesquels l'image est moins utilisée donnent lieu à un discours des élèves utilisant plus fréquemment le vocabulaire spécifique de la chimie. Nos résultats montrent que suivant le caractère perceptible ou reconstruit du texte d'accompagnement, les films scientifiques n'ont pas le même impact sur l'usage qui est fait des images par les spectateurs comme en atteste la nature des connaissances qui sont réutilisées dans des conditions très voisines. Le texte d'un film plutôt reconstruit, plus difficile à comprendre par les termes mis en jeu, met le spectateur dans un contexte de réutilisation plus scientifique. Le coût cognitif qu'il investit pour comprendre le film est rentabilisé par une possibilité de réutiliser les connaissances reconstruites.

Modes de fonctionnement des élèves et comment les élèves utilisent le film

La détermination des modes de fonctionnement des élèves a permis de mettre évidence la relation entre l'utilisation des films et la construction des étapes dans les cartes des cheminements conceptuels. Pour répondre aux questions de la tâche les élèves utilisent plutôt le mode "*copier-coller des mots des textes*" des films. L'utilisation de ce mode de fonctionnement permet aux élèves de construire plus d'étapes que les autres. Nous sommes en mesure de préciser avec notre étude que les copier-coller concernent aussi bien les informations de l'image que celles du texte des films. Il y a une différence entre l'utilisation des films perceptibles et celle des films reconstruits à partir du mode "*copier-coller* (les mots du texte ou l'image du film)". Ces derniers permettent aux élèves de construire plus d'étapes que les autres qui eux, conduisent plus fréquemment à une moins bonne utilisation des informations véhiculées. Quand le texte accompagnant le film est de type reconstruit, l'utilisation a été montrée de meilleure qualité et plus fréquente. Lors de la construction des réponses, l'"*utilisation d'une idée du film*" est peu observée chez les élèves ; c'est une activité difficile qui nécessite que l'élève réorganise et reconstruise, avec des nouveaux mots, les informations du film dans un nouveau contexte.

Il semble donc possible concevoir une méthode de recherche recueillant les données lorsque les élèves regardent les films consacrés à l'enseignement de la chimie. Cette méthode a nécessité la conception d'un nouveau type d'hypermédia permettant à chaque utilisateur d'agencer à sa convenance d'une succession de films, faisant en temps réel le montage de son propre film. Cette recherche devrait fournir des informations fécondes pour les chercheurs ou les enseignants qui conçoivent des films scientifiques.

Perspectives

Ce travail a permis de montrer que les questions que nous posons pour construire des films de chimie à visée didactique sont pertinentes, dans le sens où les choix réalisés pour y répondre influencent l'utilisation ultérieure des films par des élèves, et en particulier leur activité cognitive. Nous avons pu dépasser ce cadre d'élaboration de films puisque nous avons également pu nous interroger sur la notion de choix d'un film parmi une banque. Il a fallu pour cela donner du sens aux liens qui permettent de passer d'un film à un autre et qui semblent importants pour l'apprentissage du sujet traité. Les élèves sont motivés pour discuter du choix d'un film par l'intermédiaire des informations portées par les liens.

Nous pouvons également penser qu'un hypermédia qui questionnerait les élèves à propos des films qu'il contient pourrait être utilisé avec profit. Les élèves sont en mesure de reformuler les questions posées, de chercher des informations dans les différents films et de les utiliser dans leurs réponses. Les allers et retours fréquents qui sont effectués, une fois que le phénomène de désorientation est passé, montrent la possibilité de l'organisation d'un véritable travail dont les élèves sont responsables. Nos résultats montrent aussi qu'il faut, pour éviter la surcharge cognitive des élèves, limiter le nombre d'événements présentés par film. Si ces derniers sont trop longs, ils paraissent voués à

être vus et revus, ce qui occasionne une double perte de temps.

Lors de la construction de films de chimie, il semble que la relation entre le texte et l'image soit importante pour ce que les élèves retiennent du film et sur ce qu'ils peuvent en faire. En extrapolant aux expériences que les enseignants peuvent faire en classe, on peut penser que les commentaires qui accompagnent une démonstration entretiennent avec l'élève la même relation que le texte d'un film. Il y a fort à parier que si l'enseignant se limite à évoquer la verrerie et les couleurs qui sont vues, c'est-à-dire s'il reste au niveau perceptible, la réutilisation des connaissances convoquées par l'expérience sera de moins bonne qualité que dans le cas d'un discours à un niveau interprétatif suffisant. Il ne faudrait pas non plus tomber dans l'excès d'une abondance d'informations reconstruites qui, alors, nuirait à la mémorisation de l'ensemble de ce qui est présenté. Cet exemple montre qu'on peut analyser, à la lumière de nos résultats, nombre de situations analogues à nos films perceptibles et reconstruits dans l'enseignement de la chimie.

Bibliographie

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W. & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Ainsworth, S., Bibby, P. A. & Wood, D. (1998). Analysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. In M. van Someren, E. Boshuizen, T. de Jong & P. Reimann (Eds.), *Multiple representations for problem solving and learning*. London, Elsevier.
- Allain, J.-C. (1995). Un dispositif didactique utilisant des images pour faire évoluer les conceptions des élèves de dix ans sur les séismes. *Aster*, 21, 109-135.
- Astolfi, J.-P. & Develay, M. (1998). *La didactique des sciences. Que sais-je ?* 5^e Edition. Paris, PUF.
- Astolfi, J.-P. (1989). Quel(s) sens pour aides didactiques ? In A. Giordan, J.-L. Martinand & C. Souchon (Eds.), *Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifique et technique. Actes JIES*, XI. Actes des 11^{es} Journées Internationales sur l'Education Scientifique (Chamonix, 1989). Paris, UER de Didactique, Université Paris 7.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles, De Boeck Université.
- Aumont, J. & Marie, M. (1988). *L'analyse des films*. Paris, Nathan.

- Aumont, J. (1990). *L'image*. 2^e Edition. Paris, Nathan.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Balcytiene, A. (1999). Exploring individual processes of knowledge construction with hypertext. *Instructional Science*, 27(3-4), 303-328.
- Barker, V. & Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 21(6), 645-665.
- Baudouin, J.-M. & Friedrich, J. (2001). *Théories de l'action et éducation*. 1^{re} Edition. Bruxelles, De Boeck Université.
- Beaudoin, M. (1998). *Introduction à l'étude du langage*. University of Alberta, Canada. <http://www.fsj.ualberta.ca/beaudoin/ling/semio.htm>
- Beaufils, A. (2003). Recherche documentaire sur Internet: Utilisation de l'assistant ARI par des élèves de lycée. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*(p.421-428). Actes de la conférence EIAH (Strasbourg, 15-17 avril 2003). Paris, ATIEF, INRP.
- Beaufils, D., Le Touzé, J.-C., Richoux, H. & Richoux, B. (1996). Des images pour des activités scientifiques: Apport des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique. *Aster*, 22, 149-171.
- Belisle, C. & Jouannade, G. (1988). *La communication visuelle*. Paris, Les Editions d'organisation.
- Ben-Zvi, R., Silberstein, J. & Mamlok, R. (1990). Macro-micro relationships: A key to the world of chemistry. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. De Vos & A. J. Waarlo (Eds), *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles* (p.183-197). University of Utrecht, Utrecht Centre for Science and Mathematics Education.
- Billett, S. (1996). Situated learning: Bridging sociocultural and cognitive theorising. *Learning and Instruction*, 6(3), 263-280.
- Boulton-Lewis, G. M., Marton, F., Lewis, D. C. & Wilss, L. A. (2000). Learning in formal and informal contexts: Conceptions and strategies of Aboriginal and Torres Strait Islander university students. *Learning and Instruction*, 10(5), 393-414.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2000). Enseignements élémentaires et secondaires. Programme de physique-chimie applicable dans les classes de première scientifique. N°7, Hors série du 31 août 2000.
- Buty, C. (2000). *Etude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*. Thèse de doctorat. Université Lumière Lyon 2.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Chera, P. & Wood, C. (2003). Animatedmultimedia 'talking books' can promote phonological awareness in children beginning to read. *Learning and Instruction*, 13(1), 33-52.

-
- Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
- Conklin, J. (1987). Hypertext: An introduction and survey. *Computer*, 20(9), 17-41.
- Cordier, F. & Tiberghien, A. (2002). Connaissances "naïves" sur le monde matériel du bébé à l'adulte. In A. Tiberghien (Ed.), *Des connaissances naïves au savoir scientifique*(p.11-39). Synthèse commandée par le programme "École et sciences cognitives".
- de Bueger-Vander Borcht, C. & Lambert, J. (1994). Des représentations spatiales de concepts: Pour quoi faire? *Didaskalia*, 5, 73-89.
- Deloache, J. S., Uttal, D. H. & Pierroutsakos, S. L. (1998). The development of early symbolization: Educational implications. *Learning and Instruction*, 8(4), 325-339.
- Denis, M.(1994). *Image et cognition*. 2^e Edition. Paris, Presses Universitaires de France.
- Depover, C., Giardina, M. & Marton, P. (1998). *Les environnements d'apprentissage multimédia*. Paris, L'Harmattan.
- Dhingra, K. (2003). Thinking about television science: How students understand the nature of science from different program genres. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 234-256.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press.
- Drouin, A. M. (1987). Des images et des sciences. *Aster*, 4, 1-31.
- Dubois, M. & Tajariol, F. (2001). Présentation multimodale de l'information et apprentissage. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 5* (p.197-209). Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP.
- Dubois, V. Gyselinck, V. & Choplin, H. (2003). Multimodalité et mémoire de travail. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*(p.187-197). Actes de la conférence EIAH (Strasbourg, 15-17 avril 2003). Paris, ATIEF, INRP.
- Dubois, V., Gyselinck, V. & Choplin, H. (2001). Compréhension d'informations multimodales: Influence du mode de représentation et de la mémoire de travail. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 5*(p.211-224). Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP.
- Duchastel, P., Fleury, M. & Provost, G. (1988). Rôles cognitifs de l'image dans l'apprentissage scolaire. *Bulletin de Psychologie*, 41(386), 667-671.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. In *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* (p.37-65). IREM de Strasbourg.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Bern, Peter Lang.
- Eichler, M. L., Del Pino, J. C. & Fagundes, L. C. (2004). Development of cognitive conducts during a computer simulated environmental analysis. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 157-174.

- Friedrich, J. (2001). Quelques réflexions sur le caractère énigmatique de l'action. In J.-M. Baudouin & J. Friedrich (Eds.), *Théories de l'action et éducation* (p.93-112). 1^{re} Edition. Bruxelles, De Boeck Université.
- Froger, N. (2003). Effets et usages d'une aide multimédia à l'écriture. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*(p.211-222). Actes de la conférence EIAH (Strasbourg, 15-17 avril 2003). Paris, ATIEF, INRP.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemistry Education*, 76(4), 548-553.
- Georgiadou, A. & Tsaparlis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories; b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(2), 217-226.
- Gilbert, J. K., Justi, R., Van Driel, J. H., De Jong, O. & Treagust, D. F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 5-14.
- Goedhart, M. J., van Keulen, H., Mulder, T. M., Verdonk, A. H. & de Vos, W. (1998). Teaching Distillation Knowledge: A video film bridging a gap between theory and practice. *Journal of Chemical Education*, 75(3), 378-381.
- Gouanelle, C. & Schneeberger, P. (1996). Utilisation de schémas dans l'apprentissage de la biologie à l'école: La reproduction humaine. *Aster*, 22, 57-86.
- Gourgey, A. F. (1998). Metacognition in basic skills instruction. *Instructional Science*, 26(1-2), 81-96.
- Hitt, F. (1998). Difficulties in the articulation of different representations linked to the concept of function. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 123-134.
- Huheey, J., Keiter, E. & Keiter, R. (1996). *Chimie Inorganique*. Traduit de l'anglais par André Pousse & Jean Fischer. Paris, De Boeck Université.
- Jacobi, D., Boquillon, M. & Prévost, P. (1994). Les représentations spatiales de concepts scientifiques: Inventaire et diversité. *Didaskalia*, 5, 11-24.
- Jacobson, M. J. & Archodidou, A. (2000). The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfert of complex scientific knowledge. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 145-199.
- Jacquinet, G. (1977). *Image et pédagogie. Analyse sémiologique du film à intention didactique*. Paris, PUF.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Joly, M. (1994). *L'image et les signes. Approche sémiologique de l'image fixe*. Paris, Nathan.
- Kaptelinin, V. (1997). Computer-mediated activity: Functional organs in social and developmental contexts. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction* (p.45-68). 2nd Edition. England,

Cambridge, MIT Press.

- Klatte, E. B., Lodewijks, H. G. L. & Aarnoutse, C. A. J. (2001). Learning conceptions of young students in the final year of primary education. *Learning and Instruction*, 11(6), 485-516.
- Kozma, R. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179-211.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J. & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143.
- Kuutti, K. (1997). Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. In B. A. Nardi (ed.), *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction* (p.17-44). 2nd Edition. England, Cambridge, MIT Press.
- Laroche, L. H., Wulfsberg, G. & Young, B. (2003). Discovery videos: A safe, tested, time-efficient way to incorporate discovery-laboratory experiments into the classroom. *Journal of Chemical Education*, 80(8), 962-966.
- Laugier, A. & Dumon, A. (2000). Travaux pratiques en chimie et représentation de la réaction chimique par l'équation-bilan dans les registres macroscopique et microscopique : Une étude en classe de seconde (15-16 ans). *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 61-75.
- Laugier, A. & Dumon, A. (2004). L'équation de réaction: Un nœud d'obstacles difficilement franchissable. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 51-68.
- Le Diouris, L. (2000). *Conception de sites Internet et étude de leur utilisation dans différentes situations de recherche documentaire en collège et lycée*. Thèse de doctorat. Université Lumière Lyon 2.
- Le Maréchal, J.-F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemical education. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds), *Practical Work in Science Education* (p.195-209).
- Le Maréchal, J.-F., Clavel-Monin, C., Garcia, G., Hild, N., Martel, L., Miguet, A.-M. & Thorat, J. (2001). *Chimie 1^{re} S*. Collection Microméga. Paris, Hatier.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris, Hachette Education.
- Lemos, M. S. (1996). Students' and teachers' goals in the classroom. *Learning and Instruction*, 6(2), 151-171.
- Leplat, J. & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Levin, J. R., Anglin, G. J. & Carney, R. N. (1987). On empirically validating functions of

- pictures in prose. In D. M. Willows & H. A. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration*. Vol. 1 (p.51-86). New York, Springer.
- Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13(2), 177-189.
- Lin, D.-Y. M. (2003). Hypertext for the aged: Effects of text topologies. *Computers in Human Behavior*, 19(2), 201-209.
- Lowe, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image. *Aster*,22, 173-194.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157-176.
- Martins, E. (1990). *Communication médiatisée et processus d'évolution des représentations. Etude de cas : la représentation de l'informatique*. Thèse de Doctorat. Université Lumière Lyon 2.
- Marton, F., Watkins, D. & Tang, C. (1997). Discontinuities and continuities in the experience of learning: An interview study of high-school students in Hong Kong. *Learning and Instruction*, 7(1), 21-48.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107-119.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1-19.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Miessler, G. & Tarr, D. (1991). *Inorganic Chemistry*. Prentice Hall International, Inc. St. Olaf College, Northfield, Minnesota.
- Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11(3), 241-257.
- Minsky, M. (1980). K-Lines: A theory of memory. *Cognitive Science*, 4(2), 117-133.
- Morgil, I., Arda, S., Seçken, N., Yavuz, S. & Oskay, Ö. Ö. (2004). The influence of computer-assisted education on environmental knowledge and environmental awareness. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 99-110.
- Mottet, G. (1996a). Images et activités scientifiques. *Aster*,22, 3-13.
- Mottet, G. (1996b). Les situations-images: Une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *Aster*,22, 15-56.
- Mugler, F. & Landbeck, R. (2000). Learning, memorisation and understanding among distance learners in the South Pacific. *Learning and Instruction*, 10(2), 179-202.
- Nanard, J. & Nanard, M. (1998). La conception d'hypermédias. In A. Tricot & J.-F. Rouet (dir.), *Les hypermédias: approches cognitives et ergonomiques* (p.15-34). Paris, Hermès.
- Nardi, B. A. (1997). Studying context: A comparison of activity theory situated action models, and distributed cognition. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction* (p.69-102). 2nd Edition. England, Cambridge, MIT Press.

- Nash, J. G., Liotta, L. J. & Bravaco, R. J. (2000). Measuring conceptual change in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(3), 333-337.
- Novak, J. D. (1984). Application of advances in learning theory and the philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 61(7), 607-612.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949.
- OECD (2004). Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003.
- Orgill, M. K. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Özmen, H. & Ayas, A. (2003). Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 279-290.
- Palincsar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Parisi, J.-M., Berthelot, S., Guêtré, M., Lambert, D., Testard, B. & Louis, J. (2001). *Chimie 1^{re} S*. Collection Parisi, Belin, Paris.
- Pekda#, B. & Le Maréchal, J.-F. (2001). Apprentissage comparé de la notion de réaction chimique en TP ou à l'aide d'une vidéo: Rôle des observations faites par les élèves. In *Actualité de la recherche en didactique des sciences expérimentales et des techniques* (p.129-141). 2^{èmes} Rencontres Scientifiques de l'ARDIST (Carry-le-Rouet, 17-20 octobre 2001). SKHOLÉ.
- Pekda#, B. & Le Maréchal, J.-F. (2003a). Influence of the relations between picture and text of chemical education films on conceptual change. In D. Krnel (Ed.), *Proceedings of the Sixth ESERA Summer-school* (p.204-211). (Radovljica, Slovenia, 25-31 août 2002). Ljubljana, University of Ljubljana Press.
- Pekda#, B. & Le Maréchal, J.-F. (2003b). Hyperfilm: Un outil de recherche en didactique de la chimie. In C. Desmoulin, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (p.547-550). Actes de la conférence EIAH (Strasbourg, 15-17 avril 2003). Paris, ATIEF, INRP.
- Pekda#, B. & Le Maréchal, J.-F. (2003c). Changement Conceptuel et Hyperfilm: Cas de l'apprentissage des acides et des bases en classe de Première S. In V. Albe, C. Orange & L. Simonneaux (Eds.), *Recherches en Didactique des Sciences et des Techniques : Questions en débat* (p.115-122). 3^{èmes} Rencontres Scientifiques de l'ARDIST (Toulouse, 8-11 octobre 2003). ENFA, INRP.
- Pendley, B. D., Bretz, R. L. & Novak, J. D. (1994). Concept maps as a tool to assess learning in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 9-15.
- Peraya, D. (1993). L'audiovisuel à l'école: Voyage à travers les usages. In *Français 2000* (p.138-139). Bulletin de la Société belge des professeurs de français.
- Peraya, D. (1994). Des mots et des images. *Journal de l'enseignement primaire*, 49, 22-25.
- Peraya, D. (1998). Image(s) et cognition. *Recherche en communication*, 10, 7-19.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of

- a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozzer, L. L. & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.
- Quintana-Robles, M. (1997). *Etude didactique de films comme aide pour l'enseignement de la physique. Cas de l'expansion des gaz*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon I.
- Rayward, W. B. (1994). Visions of Xanadu: Paul Otlet (1868-1944) and Hypertext. *Journal of the American Society for Information Science*, 45(4), 235-250.
- Regis, A., Albertazzi, P. G. & Roletto, E. (1996). Concept maps in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 73(11), 1084-1088.
- Richard, J.-F. (2002). *Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris, Armand Colin.
- Robardet, G. & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques. De la recherche à la pratique: théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané*. 1^{er} Edition. Paris, Presses Universitaires de France.
- Robles, A. (1997). *La vidéo comme support didactique en physique*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon I.
- Rogalski, J. & Veillard, L. (2002). Articulation entre différents types de connaissances. In A. Tiberghien (Ed.), *Des connaissances naïves au savoir scientifique*(p.67-106). Synthèse commandée par le programme "École et sciences cognitives".
- Roschelle, J. (1998). Activity theory: A foundation for designing learning technology? *The Journal of the Learning Sciences*, 7(2), 241-255.
- Ross, B. & Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: A study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), 11-23.
- Ross, B.H. (1989). Reminding in learning and instruction. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (p.438-469). Cambridge University Press.
- Rouet, J.-F. & Tricot, A. (1995). Recherche d'informations dans les systèmes hypertextes: Des représentations de la tâche à un modèle de l'activité cognitive. *Sciences et Techniques Educatives*, 2(3), 307-331.
- Rouet, J.-F. & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte: Vers un modèle des processus cognitifs. In A. Tricot & J.-F. Rouet (dir.), *Les hypermédias: approches cognitives et ergonomiques* (p.57-74). Paris, Hermès.
- Rouet, J.-F. (1997). Le lecteur face à l'hypertexte. In J. Crinon & C. Gautellier (Eds.), *Apprendre avec le multimédia. Où en est-on ?* (p.165-180). Paris, Retz.
- Rouet, J.-F. (1999). Interactivité et compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 25(1), 87-104.
- Rouet, J.-F., Choplin, H. & Dubois, V. (2001). Effets de l'imagerie et du contexte de tâche sur l'apprentissage à partir de séquences multimédias. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds), *Hypermédias et Apprentissages 5* (p.183-196). Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP.

- Roussey, J.-Y., Barbier, M.-L. & Piolat, A. (2001). Aide à la recherche d'informations sur support hypermédia et production écrite par de jeunes rédacteurs. In E. De Vries, J.-Ph. Pernin & J.-P. Peyrin (Eds), *Hypermédiat et Apprentissages 5* (p.151-165). Actes du cinquième colloque (Grenoble, 9-11 avril 2001). Paris, INRP.
- Russell, J. W., Kozma, R. B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N. & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 330-334.
- Sallaberry, J.-C. (2000). Coordination des « représentations image » et des représentations rationnelles dans la construction du concept d'élément chimique. *Didaskalia*, 17, 101-121.
- Sani, J.-M. (1999). Technologies de l'information et de la communication: Vers une virtualisation de l'enseignement? In *Apprendre autrement aujourd'hui*. 10^{èmes} Entretiens de la Villette, Cité des Sciences et de l'Industrie.
- Scanlon, E. (1998). How beginning students use graphs or motion. In M. van Someren, P. Reimann, H. P. Boshuizen & T. de Jong (Eds.), *Learning with multiple representations* (p.67-86). Oxford, Elsevier.
- Schmidt, H.-J. (1995). Applying the concept of conjugation to the Brønsted theory of acid-base reactions by senior high school students from Germany. *International Journal of Science Education*, 17(6), 733-741.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156.
- Schnotz, W. & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13(2), 117-123.
- Schnotz, W. (2001). Educational promises of multimedia learning from a cognitive perspective. In J.-F. Rouet, J. Levonen & A. Biarreau (Eds.), *Multimedia learning: Cognitive and instructional issues* (p.9-29). Amsterdam, Elsevier.
- Séjourné, A. (2001). *Conception d'un hypermédia et analyses de l'influence de l'organisation des contenus sur l'activité des élèves: Le cas de "Labdoc Son et Vibrations"*. Thèse de doctorat. Université Lumière Lyon 2.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.
- Silberberg, M. (2000). *Chemistry: The molecular nature of matter and change*. 2nd Edition. McGraw-Hill Higher Education. Printed in the United States of America.
- Sisovic, D. & Bojovic, S. (2000). On the use of concept maps at different stages of chemistry teaching. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 135-144.
- Solomonidou, C. & Stavridou, H. (1994). Les transformations des substances enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *Aster*, 18, 75-95.
- Spasser, M. A. (1999). Informing information science: The case for activity theory. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(12), 1136-1138.
- Stavridou, H. & Marinopoulos, D. (2001). Water and air pollutions: Primary students' conceptions about "itineraries" and interactions of substances. *Chemistry Education:*

- Research and Practice in Europe*, 2(1), 31-41.
- Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
- Stern, E., Aprea, C. & Ebner, H. G. (2003). Improving cross-content transfert in text processing by means of active graphical representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 191-203.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597-608.
- Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(2), 123-158.
- Tal, R. T. (2004). Using field trip to a wetland as a guide for conceptual understanding in environmental education – a case study of a pre-service teacher's research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 127-142.
- Thévenot, L. (1998). Pragmatiques de la connaissance. In A. Borzeix, A. Bouvier & P. Pharo (Eds.), *Sociologie et connaissances, nouvelles approches cognitives* (p.101-139). Paris, CNRS Editions.
- Tiberghien, A. & Megalakaki, O. (1995). Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 369-383.
- Tiberghien, A. (1994a). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.
- Tiberghien, A. (1994b). Choix sous-jacents à la construction de représentations spatiales de concepts. *Didaskalia*, 5, 53-62.
- Tiberghien, A. (1999). Laboratory work activity and learning physics – an approach based on modelling. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds), *Practical Work in Science Education* (p.176-194).
- Tomasino, A., Pierens, E., Pierens, P. & Sliwa, H. (2001). *Chimie 1^{re} S*. Collection Tomasino, Programme 2001, Paris, Nathan.
- Tricot, A. & Nanard, J. (1998). Un point sur la modélisation des tâches de recherche d'informations dans le domaine des hypermédias. In A. Tricot & J.-F. Rouet (dir.), *Les hypermédias: approches cognitives et ergonomiques* (p.35-56). Paris, Hermès.
- Tricot, A. (1993a). Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia. In *Actes du Colloque de prospective Recherches pour l'Ergonomie* (p.115-122). CNRS PIR Cognosciences (Toulouse, 18-19 novembre 1993).
- Tricot, A. (1993b). Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage: Pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif. In G.-L. Baron, J. Baudé & B. de La Passardière (Eds.), *Hypermédias et Apprentissages 2* (p.21-37). Paris, INRP-EPI.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 922- 925.

- Veillard, L. (2000). *Rôle des situations professionnelles dans la formation par alternance. Cas des élèves – ingénieurs de production de l'ISTP de Saint-Etienne*. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vérillon, P. (1996). Approches psychologiques et didactiques en technologie: L'exemple du dessin technique. *Aster*, 22, 127-147.
- Vidal-Abarca, E. & Sanjose, V. (1998). Levels of comprehension of science prose: The role of text variables. *Learning and Instruction*, 8(3), 215-233.
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage*. 3^{ème} Edition. Paris, La Dispute.
- Wandersee, J. H. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 923-936.
- Weil-Barais, A. (1999). *L'homme cognitif*. 5^e Edition. Paris, PUF.
- Yalçinalp, S., Geban, Ö. & Özkan, I. (1995). Effectiveness of using computer-assisted supplementary instruction for teaching the mole concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1083-1095.

Annexes

[pekdag_b_annexes.pdf](#)