

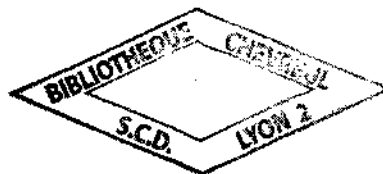
Patrice THIRIET

MERCI
REPARER
VOUS

LA FORMATION SCIENTIFIQUE DES PROFESSEURS AFRICAINS D'ÉDUCATION PHYSIQUE

CONTRIBUTION A UNE DIDACTIQUE DE L'ANATOMIE ET DE LA PHYSIOLOGIE

Thèse présentée devant l'Université Lyon II
en vue du Doctorat de 3e Cycle
de Sciences de l'Éducation



Sous la direction de Mr le Professeur AVANZINI

1982

63

TABLE DES MATIERES

A - INTRODUCTION	3
B - NOS CONDITIONS D'ENSEIGNEMENT	
I - Le cadre institutionnel	13
II - Les caractéristiques de nos différents publics	17
III - L'évolution de notre problématique	20
C - LES FAUTES, ERREURS ET INSUFFISANCES DE NOS PUBLICS	
Remarques préliminaires	23
I - Physique et Chimie	26
II - Eléments de mathématiques	28
III - Les unités de mesure	33
IV - Le temps	38
V - L'appréhension des multiples aspects des variations possibles des valeurs mesurées dans l'organisme	40
VI - La mesure fractionnée	41
VII - Les valeurs moyennes	41
VIII - L'établissement des relations de causes à effets	46
IX - Les comparaisons	54
X - Les définitions	55
XI - Les hors-sujets collectifs	56
XII - Organisation et présentation des connaissances	57
XIII - Quelques fautes de langue	60
XIV - Les fautes liées à la forme du discours	64
XV - Quelques attitudes spécifiques à l'INJS de Yaoundé	65
D - APPROCHE DES CAUSES POSSIBLES	
I - Les qualités nécessaires à la bonne réception d'un discours scientifique de haut niveau	76
II - Des impératifs institutionnels conditionnent un discours médical type de niveau élevé	80
III - Notre situation d'enseignement exacerbe les défauts du discours médical type	92
IV - Nos propres faiblesses	96

V	- Une scolarité antérieure de niveau "modeste" pouvant déboucher sur des difficultés d'abstraction	I02
VI	- Un mode de vie et de pensée partagé entre deux civilisations	I05
VII	- L'influence de la culture traditionnelle	I07
VIII	- Des expériences antérieures non préparatoires à des études scientifiques	I09
IX	- L'initiation scientifique conditionne une nouvelle vision du corps	III
X	- L'euphorie d'entrer dans un monde nouveau et la découverte d'un pouvoir	II5
XI	- Les problèmes posés par la simplification	II8
XII	- L'étudiant n'a pas droit à l'erreur	I23
XIII	- L'étudiant reçoit un discours en langue étrangère	I25
XIV	- L'étudiant reçoit des discours différents	I28
XV	- Une utilisation souvent abusive de la comparaison	I30
XVI	- L'absence de courant didactique profond dans les disciplines que nous enseignons	I36
XVII	- Des contraintes diverses freinent la mise en place et l'efficacité d'une didactique originale	I37
E	- APPROCHE ET SOLUTIONS SPECIFIQUES ET DISTINCTES D'UNE DIFFICULTE PARTICULIERE : LE CROQUIS	
I	- Le croquis est une généralisation	I43
II	- Le croquis est une symbolisation	I44
III	- C'est une organisation particulière de l'espace	I47
IV	- La technique du graphisme	I68
V	- Conclusion	I70
F	- LES PROCEDES AUXQUELS NOUS AVONS RECOURS	
I	- Nos procédés en physiologie	I73
II	- Nos procédés en anatomie : notre méthode	203
G	- CONCLUSION	274
H	- ANNEXES	279
I	- BIBLIOGRAPHIE	293

C - LES FAUTES, ERREURS ET INSUFFISANCES DE NOTRE PUBLIC

REMARQUES PRELIMINAIRES

Nous recensons dans ce chapitre les fautes, erreurs et insuffisances de notre public et nous en proposons un classement. Nous avons abouti à de telles conclusions en nous appuyant sur des relevés d'erreurs collectives à l'occasion, d'une part, de devoirs écrits dont le sujet n'avait pas été choisi dans cette intention et, d'autre part, de nos exposés oraux.

Ces deux situations présentent des avantages complémentaires : la première autorise des bilans, des inventaires plus rigoureux, tandis que la seconde permet de mieux interroger les étudiants dans le but de remonter le cours de leur erreur et, éventuellement, de parvenir jusqu'à sa cause première. Cependant, afin de mieux évaluer la validité de nos hypothèses et les caractéristiques de ces erreurs - leur fréquence, leur constance, etc-, nous avons souvent eu recours à des tests rapides, portant sur des questions précises appelant des réponses brèves, nous permettant de cerner toujours davantage les origines et l'évolution des comportements que nous voulions étudier.

L'authenticité des réponses obtenues ne peut être mise en doute dans la mesure où il s'agit essentiellement d'étudiants de première année qui savent l'importance déterminante des coefficients des disciplines scientifiques à l'examen et qui n'ont pas encore assimilé toutes les failles du système.

Ce bilan s'accompagne d'exemples qui appellent de notre part les remarques suivantes :

- Leur origine est ainsi précisée : suivant les habitudes, la lettre P (comme Professorat) désigne un élève-professeur ou sa promotion, la lettre M (comme Maîtrise) un élève-maître ou sa promotion ;

Elles sont affectées d'un chiffre représentant l'année d'études

P1 : promotion ou élève-professeur de première année,

P2 : promotion ou élève-professeur de deuxième année, etc.

M1 : promotion ou élève-maître de première année, etc.

L'année du relevé peut figurer aux côtés de ces indications :
(ex : P1-1979).

- La majorité des exemples concerne des étudiants camerounais (car notre réflexion était alors plus sûre : nous savions mieux nous détacher de nos propres problèmes pour envisager ceux de notre public. Il nous ont donc paru plus fiables que ceux que nous avons relevés au centre d'Alger, même si les deux situations semblent comparables, comme en témoigne une de nos études. (1)

(1) Langue Française et Sciences Biologiques au C.N.S. d'Alger - Mémoire de Maîtrise - Lyon II - 1978.

- Le dernier chapitre concerne exclusivement des remarques et situations spécifiques à l'INJS de Yaoundé, où nous avons multiplié les expériences : distributions de cours photocopiés, commentaires de textes sélectionnés, organisation de prêts d'ouvrages sous notre responsabilité, etc. En structurant mieux l'environnement scientifique de notre public, en le déchargeant partiellement de la copie des cours, lui accordant ainsi un temps de parole plus important, nous avons, sans le vouloir vraiment, multiplié les conditions et les occasions de réactions affectives de sa part. Nous avons pu alors aborder certains aspects de sa vision du monde que nous ne soupçonnions pas et que, par conséquent, nous n'avons pas su envisager au Centre d'Alger.

- Certaines citations pourraient -semble t-il- être classées dans des registres de fautes différents. Nous nous sommes cependant toujours efforcé, lors de leur relevé, d'obtenir une confirmation de notre choix, soit en tenant compte du texte dont elles étaient issues, soit en interrogeant leurs auteurs de façon plus complète.

- Les exemples ont été choisis uniquement dans un but d'illustration, de témoignage, non de démonstration. Nous avons conscience que leur accumulation ne constitue pas une preuve. Six années d'expérience permettent à tout professeur de disposer d'un bêtisier bien rempli, où il est délicat de séparer le simple lapsus de l'erreur véritable. C'est pourquoi notre sélection -sauf indication contraire- n'a retenu que les citations les plus brèves et celles concernant des notions difficiles ou relevées dans des devoirs insuffisants dans leur ensemble.

- Nous pouvons quelquefois donner l'impression d'être aux limites de la caricature -dans le sens, seulement, d'une "déformation de la réalité par exagération de certains aspects défavorables"- . Mais nous évoquons le plus souvent des promotions de première année ou suivant notre enseignement depuis moins d'une année scolaire : c'est durant cette période que les artefacts résultant de notre influence sont les moins perceptibles et que les étudiants sont le plus spontanés (1). Par conséquent, nos citations ne permettent guère de préjuger de leurs aptitudes à poursuivre une formation scientifique.

- Nous évoquons parfois le cas de promotions P3 ou P4 n'ayant jamais auparavant suivi notre enseignement. Nous avons en effet constaté que les informations antérieurement mémorisées n'ont guère de retentissement sur

(1) Il est, en effet, possible que, plus tard, un conditionnement -même très léger- au discours scientifique leur permette d'éviter certaines erreurs, ne serait-ce qu'en s'abstenant de répondre.

leur formation scientifique, comme l'indiquent les tests auxquels nous avons pu les soumettre. On peut donc considérer que leur "spontanéité" est équivalente à celle des P1. De même, nous évoquons -quoique rarement- la situation des élèves-maîtres, dans la mesure où, plus tard, nombre d'entre eux décideront de continuer leurs études par le professorat.

- Lorsqu'il s'agit d'erreurs collectives, nous indiquons l'effectif de la promotion et le nombre d'étudiants concernés : (ex : "7 étudiants sur /39..."). Si les chiffres nous le permettent, nous proposons un décompte simplifié, du genre "un P1 sur quatre...", ou "la moitié des P2...".

Cependant, étant donné nos conditions d'enseignement et de recherche, il convenait essentiellement de situer la gravité, la fréquence et la constance des erreurs auxquelles nous avons été confronté. Il aurait été vain d'espérer fournir des statistiques plus rigoureuses. On imagine mal en effet une précision telle que : "46 % des P1 commettent telle faute durant le deuxième trimestre". C'est pourquoi tous nos efforts d'objectivité se sont attachés à donner une impression d'ensemble, la plus exacte possible, à l'aide d'expressions du genre "un nombre important d'étudiants, la plupart, quelques uns font telle erreur", en précisant, éventuellement, les limites de la période privilégiée pour une telle observation, ainsi que les circonstances susceptibles de modifier sensiblement cette partie du bilan.

Puisque notre objectif n'est pas de juger le niveau intellectuel de nos étudiants africains, mais d'observer leurs réponses lorsqu'ils subissent un système de formation étranger sans précautions particulières, nous pensons ainsi -ces préalables étant posés- éviter de donner une connotation raciste à nos propos. De plus, ces constats appuient ultérieurement des propositions concrètes, -considérées par nous comme la partie essentielle de ce travail- que nous n'aurions pas rédigées et testées si telles avaient été nos intentions.

Nous allons donc à présent évoquer les principales fautes commises par nos publics dans les différents domaines de la connaissance.

I - PHYSIQUE ET CHIMIE

Les connaissances acquises dans ce domaine sont extrêmement réduites, sinon nulles dans la plupart des cas. Ce constat est établi immédiatement par le professeur, dès l'étude des premiers chapitres de physiologie générale, toujours abordés en début d'année scolaire P1. Il est significatif que les seuls rappels parfois effectués par nos prédécesseurs vacataires observés sur des cahiers de cours d'étudiants que nous avons feuilletés concernent ces notions. Lorsqu'on procède à un bilan à la rentrée scolaire P1, le recensement des réponses exactes conduit toujours aux mêmes conclusions, quelle que soit l'étendue du champ couvert par les questions posées : leurs auteurs ne font pas longtemps illusion, car leurs définitions sont citées de mémoire ; elles ne leur permettent en aucune manière de résoudre un problème simple et ne résistent jamais à une interrogation plus poussée.

A titre d'exemple, nous citerons un sondage effectué avec la promotion P1-1979.

- La première question était : "définition d'un atome".

Les 32 réponses furent les suivantes : description élémentaire, mais sans erreur, du genre : "un noyau et des électrons" : (4 étudiants) ; non réponses : (5 étudiants) ; "plus petit élément d'une cellule" : (2 étudiants) ; "plus petite particule vivante" : (2 étudiants) ; "élément d'une cellule" ; "plus petit élément composant un corps" ; "unité de l'élément" ; "ion qui a gagné ou perdu un électron" ; "la plus petite particule" ; "ensemble d'électrons" ; "particularité d'un corps atomique" ; "unité de cellule" ; "corps minuscule" ; "plus petite partie de la molécule simple" ; "ensemble des différentes molécules" ; "élément fondamental de la matière" ; "élément infiniment petit d'environ un micron" ; "plus petite partie d'un corps simple" ; "plus petite partie de l'atmosphère" ; "plus petite particule qui puisse être séparée d'une matière".

- Nous demandions également : "un ordre de grandeur de la taille d'un atome". Les seules réponses furent : " $\frac{1}{10^{-9}}$ gr." ; "1 micron ou 1 milli-nième de mm" ; "1 micron" : (6 étudiants) ; "1/10000^e de mm" ; "1 millimicron" : (2 étudiants) ; "microns" (sic) ; "1/10^e mm" ; "1/10000^e de m³" ; "1/100000^e" ; "1/1000000^e" : (2 étudiants) ; " 10^{-4} mm = 1 micron".

- Quant à la question : "donnez un ordre de grandeur du nombre d'atomes contenus dans un litre d'oxygène", les seules valeurs indiquées furent : "47 %" ; "16" ; "32" ; "500" ; "5 millions" ; "2 atomes multiplié par le nombre d'oxygène par litre" : (2) ; "6.10²³" ; "1/5" ; "4/5". Aucun étudiant n'est capable de résoudre une équation chimique élémentaire, de définir un acide. La situation est identique en physique, comme le confirmera le chapitre sur les unités de mesure qui évoque certains aspects de notions spécifiques à cette discipline.

Nous avons pu constater, lors de la correction des devoirs, que les plus faibles n'établissent même pas la différence entre une transformation chimique et une transformation physique, ou les confondent : "au niveau de l'intestin agissent des phénomènes chimiques : les mouvements péristaltiques" ; "phénomène chimique de la digestion au niveau de la bouche : imprégnation du bol par la salive"; "la bile coupe la graisse en morceaux" ; "la peau synthétise la vitamine D en synthétisant les rayons U.V. du soleil" ; "le morceau de viande est broyé grâce à la salive".

Si l'on se réfère à Vander qui, dans la présentation de la démarche de son manuel de physiologie, écrit "l'explication scientifique - ce mot est en gros caractères- d'un phénomène consiste à le décomposer en une suite d'évènements physico-chimiques"(1), ce sont vraisemblablement ces lacunes qui sont à l'origine des difficultés multiples et souvent insurmontables rencontrées par notre public lors de l'étude du fonctionnement de l'organisme. Certes, une approche différente pourrait se concevoir, en se référant par exemple à un livre de troisième, destiné à des étudiants ne possédant pas ces notions. Mais nous avons vu que cette démarche n'était guère possible dans un tel contexte institutionnel. Dans ces conditions, on évalue aisément le rendement de notre discours dès que nous évoquons les transformations moléculaires que subissent dans l'organisme les matières minérales et organiques, le rôle des catalyseurs, la libération ou le stockage d'énergie lors de réactions chimiques.

(1) Vander (AJ) : Physiologie humaine : Mc Graw-Hill - Montréal - 1977 - page IX.

L'assimilation des chapitres fondamentaux pour le professeur d'éducation physique est ainsi très délicate et aléatoire. Citons l'étude de la digestion: ses simplifications moléculaires n'ont que peu de signification pour des étudiants qui n'imaginent guère par exemple, la différence entre une protéine -qui se caractérise des autres matières organiques par la simple présence d'azote-, un polypeptide, un acide aminé, ou entre deux oses en C6. Citons surtout les phénomènes physico-chimiques de la contraction musculaire et ses problèmes de stockage, de libération d'énergie, de transformation d'énergie chimique en énergie mécanique, etc. Pourtant, s'il nous arrive parfois de ne pas prolonger outre mesure l'étude de certains autres paragraphes lorsque nos étudiants ne nous comprennent pas, nous ne ménages pas nos efforts pour celui-ci que nous considérons comme le plus important. Nous n'hésitons pas, dans le domaine de la physique-chimie, à répéter les notions les plus élémentaires aussi longtemps qu'il paraît nécessaire, nous acceptons de répondre aux questions les plus désarmantes sans manifester la moindre impatience, nous y consacrons un volume horaire disproportionné par rapport aux exigences des programmes.

Mais, malgré toutes ces concessions, si nous avons parfois l'impression d'un progrès sensible chez les étudiants moyens, nous devons constater que l'approche des applications concrètes de ces explications -la théorie de l'entraînement- reste pour tous une difficulté majeure et que l'apprentissage du cours se réduit à la mémorisation des "recettes" que nous transmettons et qui sont, le plus souvent, mises en place sans aucune souplesse ou sans tenir compte des conditions spécifiques de chaque séance d'entraînement.

II - ELEMENTS DE MATHEMATIQUES

1. Le maniement des nombres

Les quatre opérations sont acquises à l'écrit, lorsque le temps imparti est suffisant et que les nombres ne sont pas trop longs. Le maniement de la virgule reste une opération délicate, notamment quand figure le chiffre 0. Par exemple, 4 étudiants P1 sur 29 (1978) donnent le résultat exact de la division : $1708,3 : 106,21$. Mais c'est le manque de maîtrise du calcul mental, même élémentaire, qui constitue le handicap le plus net. Cette faiblesse

subsiste, malgré tous nos efforts, chez les étudiants suivant notre enseignement depuis plusieurs années. En 1981, avec une de nos meilleures promotions P3, nous étions encore obligé de poser au tableau la division $4:5$ pour expliquer que $4/5$ équivaut à 0,8 ou 80 %.

Les opérations portant sur les grands nombres sont mal connues. Six P1 sur 31 (1979) savent le jour de la rentrée scolaire ce que signifie 10 puissance 23 et, le lendemain d'une longue explication, aucun n'est capable de traduire ce chiffre en mots. Seuls, quelques-uns se hasardent à citer un ordre de grandeur dont le maximum est "plus d'un millier de milliards". Un sur quatre, lors du même test, est capable à la fois de transformer en chiffres 10 puissance 6 et 10 puissance moins 4 . Cette lacune est encore plus perceptible lorsque les valeurs concernent l'organisme. On est frappé par la réticence des étudiants à citer les nombres appris en classe ; ils se contentent trop souvent d'expressions vagues du type : "la molécule d'oxygène reçoit plusieurs chocs par seconde" (au lieu de 10 puissance 22), "le sang contient un grand nombre de globules rouges" ; "le nerf est composé de beaucoup de fibres nerveuses" ; "le sang véhicule une grande quantité de molécules d'oxygène". Les étudiants les meilleurs effectuent cependant des progrès très rapides, à condition toutefois que l'on n'aborde pas l'échelle moléculaire. Si nous commentons par exemple en P3 des phrases de physiologistes telles que "6 molécules d'A.T.P. environ sont nécessaires pour resynthétiser 180 grammes de glycogène à partir du lactate", et que nous précisons : "attention, l'expression 6 molécules signifie 6 fois 6 multiplié par 10 puissance 23 molécules qui resynthétisent 6 fois 10 puissance 23 molécules de glucose car il s'agit de molécules-grammes", nous nous rendons compte que cette précision est d'une utilité discutable car elle entraîne invariablement les mêmes réactions d'incrédulité. Les étudiants se hâtent d'oublier ce chiffre pour revenir à des valeurs à leur portée.

2. L'algèbre élémentaire

L'équation à une inconnue n'est pas maîtrisée. Par exemple, un seul P1 (1978) est capable de résoudre : $3x + 2 = 2x + 7$. Dès qu'une opération comportant un "x" ou "y" est abordée, la plupart ne se sentent plus concernés ou considèrent qu'il s'agit d'un niveau de mathématiques très élevé, sans rapport avec les qualifications requises pour devenir professeur d'éducation physique.

3. Fonctions et graphiques

La lecture d'une courbe représente une difficulté majeure, de même que l'opération inverse : traduire un texte sous forme de graphique. Par exemple, à la rentrée scolaire 1981, 6 P1 savent définir une abscisse et une ordonnée, 3 savent que la fonction $y = ax$ s'exprime par une droite. Lorsqu'on demande le résumé d'un texte comprenant une courbe, celle-ci est invariablement recopiée, même si son commentaire peut se réduire à une phrase. La reproduction de courbes mémorisées est souvent accompagnée de fautes toujours identiques : les tracés reviennent en arrière -comme si le cylindre enregistreur se mettait à tourner en sens inverse-, les variables ne sont pas du tout précisées, ou le sont incomplètement- on écrit par exemple "%" au lieu de "% d'oxygène" ; on ne fait figurer que l'unité de mesure sans préciser l'objet de la mesure- ; les axes ne sont pas perpendiculaires- dans ce cas, ils penchent vers le haut et la gauche-, ou bien non gradués, ou gradués de façon fantaisiste. Certains facteurs aggravent la fréquence des erreurs : le temps figurant comme variable, le remplacement des unités de mesure par des expressions plus générales (exemple : "concentration en glucose : g.%"), la suppression des graduations inutiles représentée par deux traits obliques parallèles qui interrompent les axes. Signalons la tendance, chez les plus faibles, à tirer des conclusions générales à partir d'une des deux extrémités du graphique, lorsque la situation semble se stabiliser à ces endroits. Enfin les difficultés sont maximales lorsque sont traduits des résultats obtenus en laboratoire par des méthodes indirectes, s'éloignant des conditions réelles de l'organisme, ou que les unités de mesure utilisées sont mal maîtrisées, les pressions en particulier. Précisons que la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine cumule pratiquement tous ces handicaps ; elle est au programme du premier trimestre de P1. Il est enfin des cas -pourtant classiques en physiologie sportive- où la difficulté est totalement insurmontable : les graphiques à 3 variables (exemple : influence de la vitesse de course sur la consommation d'oxygène et la concentration sanguine du lactate), ou la représentation du temps sur une échelle logarithmique.

4. Les volumes

Ils ne sont que médiocrement connus, et leur maîtrise reste longtemps difficile, bien que l'anatomie y fasse constamment référence : un

test réalisé à la rentrée scolaire P1-1978 et répété quatre mois plus tard a donné les résultats suivants (1):

Dessin d'	nombre de fautes pour 41 étudiants présents	
	rentrée scolaire 78-79	Février 1979
- un cube	27	16
- un cube en transparence	22	12
- une pyramide	19	13
- une pyramide en transparence	30	18
- un cône	26	21
- un cône en transparence	31	22
- un cylindre	24	17
- un cylindre en transparence	29	13
- un prisme	35	29
- un prisme en transparence	36	28
- une sphère	22	8
- un parallélépipède rectangle	31	21
- un parallélépipède rectangle en transparence	28	18
- un trapèze	21	10

On note pour le second test la répartition suivante :

0 faute sur 14 possibles : 3 étudiants ; 1 faute : 3 ; 2 fautes : 3 ;
 3 fautes : 3 ; 4 fautes : 5 ; 5 fautes : 4 ; 6 fautes : 4 ; 7 fautes : 1 ;
 8 fautes : 5 ; 9 fautes : 4 ; 10 fautes : 2 ; 11 fautes : 2 ; 12 fautes : 1 ;
 14 fautes : 1.

(1): ces sondages ont été réalisés durant l'année précédant la première expérimentation de notre méthode.

On remarque que la moyenne arithmétique est de 6 fautes par étudiant mais que, surtout, la distribution des fautes est relativement homogène, ce qui est le signe d'une promotion hétérogène. Les erreurs les plus fréquentes sont : mauvaise utilisation des pointillés pour la représentation des bords invisibles, bords invisibles signalés mal à propos, problèmes de perspective -parfois très graves-, mauvaise différenciation cône-pyramide. Nous présentons en annexe quelques exemples de réponses, page 286.

En anatomie, la confusion des surfaces et des volumes est fréquente, et très difficile à supprimer chez les plus faibles ; dans ce cas, les dimensions d'un volume se ramènent à celles de l'une de ses faces : par exemple, la pyramide devient un triangle, le parallélépipède un rectangle. Le décompte et la nature des faces d'un volume est toujours un exercice périlleux à la rentrée scolaire pour les P1, quoique les meilleurs résolvent très rapidement ce problème. Subsiste cependant très longtemps la difficulté suivante : la différenciation entre une vue -qui présente plusieurs faces d'un volume en fonction des lois de la perspective- et une des faces de ce volume. On relève ainsi des phrases telles que : "la vue antérieure du fémur présente l'insertion du crural", et certains croquis présentant par exemple une vue antérieure d'un os sont intitulés "face antérieure". Les étudiants les plus faibles établissent très difficilement la différence entre un bord et une face : "en avant, le bord le plus net est plat" écrit un étudiant qui évoque la face antérieure du fémur ; "le bord antérieur est tellement épais que c'est une face" ; "le bord postérieur du fémur est situé sur la face postérieure et les autres sont latéralement situés" (alors que cet os ne comporte pas de face postérieure) ; "le pourtour de l'os ne présente pas de face à décrire".

Signalons enfin le problème de la coupe des volumes courants qui détermine une surface variable suivant leurs axes : par exemple une section horizontale d'un prisme vertical donne un triangle, toujours le même, mais une section sagittale ou frontale donne un rectangle plus ou moins large suivant le niveau de la coupe, les résultats étant inversés si le prisme est horizontal.

III - LES UNITES DE MESURE

Mesurer, dit le Petit Robert, c'est "l'action de déterminer la valeur de certaines grandeurs par comparaison avec une grandeur de même espèce prise comme terme de référence". La transcription en données chiffrées des différents phénomènes de l'organisme impose donc leur perception -alors que beaucoup sont invisibles- et celle des mesures-étalons, parfois en correspondance très étroite. Nos étudiants maîtrisent mal les unités de mesure, même les plus usuelles.

1. Les unités de longueur, surface, volume.

Nous avons longtemps supposé qu'il n'y avait aucun problème à ce niveau. Ce n'est qu'à la rentrée P1-1979 que nous avons pensé -pour ne pas dire osé- effectuer le test suivant :

. tracer un trait d'un millimètre, d'un centimètre, d'un décimètre sans l'aide d'une règle graduée. Pour 32 étudiants, le nombre de résultats acceptables -c'est-à-dire avec une marge d'erreur comprise en + et - 20%- fut le suivant: pour le millimètre : 19 ; le centimètre : 18 ; le décimètre : 5. C'est donc le millimètre qui est le mieux maîtrisé, car mis à part un trait 44 fois trop grand et quelques autres de 5 à 10 mm, les erreurs s'étagent entre 3 et 5 mm. D'autre part, le centimètre représenté est souvent trop petit : de 0,2 à 0,6 cm. C'est le décimètre qui est le plus malmené : 4 réponses entre 6 et 8 cm ; 4 entre 4 et 6 cm ; 4 entre 2 et 4 cm ; 6 entre 1 et 2 cm ; 4 inférieures au cm. Les autres étudiants préfèrent s'abstenir.

. définir le micron : 11 réponses exactes. Signalons la nette tendance à assimiler le micron aux limites de l'infiniment petit : "le plus petit sous multiple du mètre" ; "unité infime" ; "la plus petite unité de mesure" ; "mesure dont on se sert pour évaluer la taille des plus petites particules" ; "unité de mesure des particules" ; "la dernière partie du mètre" ; "la dernière partie de l'unité" ; "millionième de mm".

. définir l'Angström : aucune réponse juste.

. convertir 2 dm en mm : 17 réponses exactes (sur 32 étudiants).

. définir le centilitre ; convertir le centilitre en millilitre : si la première partie de la question ne pose aucun problème, en revanche on enregistre 4 réponses exactes pour la seconde.

. convertir 3,2 m² en cm² : 5 réponses justes.

Nous avons alors voulu connaître les "impressions" ressenties face à une surface ou un volume : le tableau de 9 m² est cité 5 fois entre 8 et 12 m² -et 11 fois entre 3 et 4 m²- ; un cahier de 300 cm² est évalué 10 fois entre 200 et 400 cm² ; un morceau de craie d'environ 1 cm³ est correctement estimé 5 fois -le nombre de non-réponses est très important, en particulier parce que certains étudiants ont voulu, et n'ont pas su, calculer le volume de cette portion de cylindre en posant l'opération- ; le volume de la salle de classe de 400m³ est jugé 3 fois compris entre 300 et 500 m³ ; la bille d'un stylo-bille est apprécié 5 fois à 1 mm³. En règle générale, les non-réponses sont majoritaires, et ceux qui prennent le risque de proposer un résultat sont ceux qui doutent le moins de leurs estimations, mis à part quelques évaluations vraiment disproportionnées : "la bille a un volume de 5 m³, de 0,00 mm³ (sic), un micron ; la craie a un volume de 1/1000^e cm³ ; le cahier a une surface de 3630 cm³".

On constate donc que l'évaluation, même approximative, d'une surface ou d'un volume simple, visible est difficile; et qu'une fois l'estimation des mesures faite -longueur, largeur, diamètre-, nombre d'étudiants posent l'opération, fût-elle aussi élémentaire que "3 dm x 1 dm = 3 dm²". Cette remarque a son importance, car nous demandons souvent à notre public de concrétiser mentalement certaines valeurs en mesures décomposées. Par exemple : la surface des alvéoles étalées est de 150 m², soit 10 m x 15 m, c'est-à-dire l'équivalent d'un terrain de volley-ball.

S'il semble possible de parvenir à des progrès acceptables à condition de procéder à des rappels chaque fois que cela est nécessaire, il faut signaler que certains problèmes subsistent durablement. Le plus vivace reste la confrontation litre-décilitre-centilitre-millilitre et mètre cube-décimètre cube-centimètre cube-millimètre cube. Ces mesures sont employées indifféremment par les auteurs de manuels et par nous même. Or un système évolue de 10 en 10, l'autre de 1000 en 1000, et la répétition de la définition classique d'une unité n'est pas suffisante pour accéder à sa correspondance dans l'autre système. Expliquer qu'un centimètre cube est "un cube d'un centimètre de côté" est loin de permettre d'établir que 1 dm³ = 10 cm x 10 cm x 10 cm = 1000 cm³. Il est encore plus difficile de conditionner les

étudiants à une réflexion du type "1 litre = 1 dm³ ; 1 dm³ = 1000 cm³ donc un litre = 100 cl = 1000 cm³ donc 1 cl = 10 cm³". Un étudiant nous a bien posé le problème en disant : "ça fait longtemps qu'on a quitté le CM²". De plus, le manque de perception des volumes concernés par les plus faibles expliquent des réponses absurdes survenant le lendemain des révisions générales : Par exemple, le centimètre cube est "un volume d'un centimètre de côté" ; "un cube d'un cm³ de côté" ; "le volume d'une sphère d'un centimètre de côté" ; "le volume d'un cube d'un centimètre cube" etc.

De tels constats autorisent les pronostics les plus sombres en ce qui concerne les autres unités de mesure, qu'elles gravitent ou non autour des unités fondamentales.

2. Les unités de pression

C'est là le problème le plus redoutable auquel il faut faire face. Les pressions sont constamment utilisées, notamment en P1 lors de l'étude de la respiration ou de la circulation. Un test réalisé avec les P1-1980 montre que 2 savent qu'il s'agit d'une force s'exerçant sur une surface, et quel est le symbole du mercure ; 3 confondent ce symbole avec celui du magnésium ; 5 signalent qu'il s'agit d'"un corps lourd". Nous rencontrons invariablement chaque année les mêmes difficultés chez notre public. Le problème de fond est que la pression atmosphérique, qui n'est pas connue (ou alors elle est confondue avec la pesanteur), est la pression-référence, alors qu'elle peut se définir par rapport au vide, et qu'elle n'est pas perceptible. L'existence d'une force aussi énorme -1 kg/cm²-, résultant d'une colonne d'air de dix kilomètres de hauteur, qui est pesante, et qui nous "écrase", intrigue nos étudiants. De même, l'évocation du vide présente toujours un côté mystérieux pour des individus qui, quelques jours auparavant, ignoraient encore la définition d'un atome. Autre source majeure de malentendus : les pressions négatives et positives. Elles se définissent par rapport à une pression atmosphérique qui vaut alors 0 mm de mercure, au lieu de 760. Par conséquent, dès qu'une pression est citée, l'étudiant ne sait plus s'il faut se référer à 0 ou 760. Ainsi, lorsque nous disons : "la pression de l'oxygène dans les alvéoles est de 100 mm de mercure", il ne sait si cela signifie qu'elle est égale à la pression atmosphérique + 100 mm de mercure, à 100 mm de mercure, à 760 mm de mercure - 100. Les phénomènes d'éjection et d'aspiration -fondamentaux pour l'étude de la respiration et de la circulation-, sont l'occasion de nombreuses confusions : en effet,

la compréhension du principe du tube en U contenant le mercure et faisant office de manomètre, amène très souvent l'étudiant à assimiler une pression négative à une montée du mercure dans un sens, c'est-à-dire à une aspiration, et une pression positive à une montée dans l'autre sens, c'est-à-dire une éjection. Or, une simple différence de pression entre deux pressions de même signe aboutit à cette même conséquence. De plus, notre public conçoit mal qu'un tel phénomène, invisible, puisse aboutir à des conséquences visibles. La pression intrathoracique négative, qui est susceptible d'écraser les veines caves lorsqu'elle augmente le surprend toujours. Il veut bien admettre que deux doigts puissent exercer une pression supérieure à celle qui règne dans un tuyau et y arrêtent la circulation -c'est le principe de la mesure de la pression artérielle, toujours bien compris-, mais il comprend très mal que la pression négative intrathoracique dilate les veines caves et favorise ainsi le retour veineux. L'appropriation de cette notion exige toujours de longues explications, toujours renouvelées.

Cela explique que nous renonçons généralement à parvenir à des résultats significatifs dans ce domaine lorsque nous enseignons pour la première fois à des promotions de deuxième, troisième ou quatrième années avec lesquelles le temps est compté. C'est ainsi qu'un contrôle de connaissances portant sur la définition de la pression artérielle donna les résultats suivants pour 25 étudiants P2 : définition apprise par coeur et récitée de façon exacte : 13. Les autres la confondent avec "une quantité de sang dans le ventricule " , "la vitesse du sang dans les ventricules", "un débit", un "écoulement", une "onde", une "compression de sang", "un volume de sang circulant". Certains la voient même "composée d'oligo-éléments : cobalt, zinc" ou l'identifient à un rythme.

Un autre obstacle est la différenciation entre les pressions engendrées par un liquide et par un gaz, ces dernières étant susceptibles d'augmenter par une simple augmentation de la température. On aboutit au problème -fondamental en P1-des pressions partielles, pour lequel les difficultés sont les suivantes: comment expliquer que chaque gaz d'un mélange possède sa propre pression ? comment de telles pressions peuvent-elles subsister au sein d'un liquide ? comment des membranes aussi fines que celles d'une alvéole ou d'un capillaire peuvent-elles supporter des différences de pressions aussi énormes ? L'organisme constitue une véritable mosaïque de zones -plus ou

moins cloisonnées- où règnent des pressions différentes, variables, mais interdépendantes, et l'appréhension de tous ces phénomènes concomitants reste impossible pour la plupart des étudiants.

Signalons enfin le cas de la pression osmotique, toujours malmenée, en particulier lorsqu'un temps assez long s'est écoulé entre le contrôle de connaissances et l'étude du phénomène. Les réponses montrent que l'attraction de molécules de certaines substances sur celles de l'eau reste un phénomène mystérieux : "quand dans un vase contenant de l'eau on met un morceau de sucre, il absorbe de l'eau et éclate. L'expérience montre que l'eau va du milieu le moins concentré vers le plus concentré. Il y a alors augmentation de volume dans le vase : c'est la pression osmotique" ; "la membrane cellulaire peut subir la pression de grosses molécules de protéines et l'osmose qui se déroulait normalement devient trouble", etc.

3. Les unités de mesure susceptibles d'être associées.

Il est possible d'associer deux unités de mesure pour en obtenir une nouvelle qui, pour être perçue, implique qu'ont été assimilées les unités originelles plus quelque chose d'autre qui est la nature de ce qui est à mesurer. Evoquons les erreurs qui sont commises le plus fréquemment. La notion de débit est source de difficultés permanentes, d'une part, parce que les différents volumes mesurés dans l'organisme sont mal imaginés -c'est le cas, par exemple de l'étudiant qui demande "comment peut-on aboutir à un débit sanguin de 30 litres par minute au cours d'un travail, alors que le volume de sang n'est que de 5 litres"-, d'autre part parce que le temps intervient souvent et que nos étudiants négligent ou perçoivent mal ce paramètre. De plus, la physiologie exprime très souvent les mêmes valeurs dans des systèmes différents : ainsi 1 mg/ml équivaut rigoureusement à 1 mg/cm³ ou 1 g/l. Dans l'organisme au repos -et plus encore dans l'organisme au travail- des résultats de mesures peuvent être interdépendants, occasionnellement ou en permanence, ou ne pas l'être du tout. Une valeur exprimée en litres peut être conditionnée par une autre mesurée en milli-môles, comme dans le cas des échanges d'eau. Certains phénomènes s'évaluent en fonction d'unités facilement concevables, telles le g/l, le cm/s, mais d'autres en utilisent de beaucoup plus délicates; parfois, un des éléments peut être induit par deux unités associées : ainsi une Joule est une force d'un Newton s'exerçant sur un mètre, et un Watt est une Joule par seconde. L'imagination

de mesures telles que le Watt par mètre carré -une capacité de thermolyse- devient alors impossible pour nos étudiants. Il faut enfin signaler la difficulté à établir des correspondances entre des mesures de nature différente, appréciées par des unités plus ou moins complexes. Un exemple-type serait le rapport pression-volume. Ainsi, le sang veineux contient 49 ml de gaz carbonique pour 100 ml de sang, ce qui induit une pression partielle de ce gaz de 40 mm de mercure. Cette lacune est vraisemblablement à l'origine d'incorrections telles que "la quantité d'oxygène par litre de sang est de 40 mm de mercure", "l'eau travaille à une vitesse de 10 mm de mercure", ou la pose d'opérations telles que "70 mm de mercure x 70 battements par minute = 4,9 litres de sang/mn" pour calculer le débit cardiaque au repos.

IV - LE TEMPS

Nous analysons encore avec beaucoup de difficultés les relations que nos étudiants entretiennent avec le temps. En situation d'enseignement, cette variable cumule deux handicaps : elle n'est pas matérialisable, et elle est souvent associée à d'autres unités de mesure qui ne sont pas toujours très bien assimilées. Nous ne sommes pas certain que notre public maîtrise parfaitement la division classique du temps. Si l'on pose le problème suivant à 32 étudiants P2-1979 qui suivent notre enseignement depuis deux mois : "le rythme cardiaque est de 50 battements/mn ; calculer la durée d'un battement", on observe seulement deux bonnes réponses. Certes, peut-être leur raisonnement est-il plus handicapé par le maniement des fractions que par la perception du temps proprement dite mais nous avons pu observer des conversions du type "une heure = 60 sec." et il semble que la division d'un nombre de battements par minute par 60 secondes pour aboutir à une durée qui s'exprime en secondes n'a pas présenté un caractère évident pour la majorité d'entre eux. Une autre épreuve délicate est la description d'une succession de phénomènes chronologiquement invariables ou non-interchangeables. L'exemple type est l'étude de la révolution cardiaque. Cette question fut posée à l'examen P1-1980 ; nous avons été frappé par la mémorisation importante de faits bruts, mais non assemblés en fonction d'une logique de l'espace et surtout du temps. La situation d'un moment exact où se déroule un phénomène donné est donc difficile. Nous nous en rendons compte en particulier en P3, où nous décrivons un organisme au travail, ce qui implique des changements précis, selon une chronologie déterminée en fonction de paramètres spécifiques. Par exemple, la puissance

maximale aérobie est la puissance développée par l'organisme "au moment précis, juste au moment où" il atteint sa consommation maximale d'oxygène. A cet instant donné, le premier paramètre peut continuer à augmenter tandis que simultanément le second, V_{O_2} max., ne le peut plus. Tel est le sens de "juste au moment où". Or, lors du contrôle de connaissances suivant cet exposé, les confusions sont toujours nombreuses. L'expression est remplacée par "à partir de", "quand", "puissance correspondant à V_{O_2} max" dans une proportion importante de copies, ce qui aboutit à des conclusions fausses. Ce genre d'erreur prend un relief particulier lorsqu'il s'agit d'organiser le temps en fonction de paramètres précis ou de priorités déterminées. Le cas-type est l'étude du secourisme où la chronologie des actions du sauveteur dépend de la nature et de la gravité des affections. On observe une difficulté générale à préciser des délais et l'absence fréquente d'expressions comme "faire ceci rapidement, ne pas perdre du temps à, faire cela...dès que, faire telle action en même temps que, ou immédiatement, ou deux jours après". On constate alors dans les devoirs des contradictions du type : "en cas d'entorse : 1. mettre de la glace pour la vaso-constriction, 2. faire des bains d'eau chaude salée", ou bien "en cas de noyade, il ne faut pas perdre de temps. Il faut aller chercher du secours, enlever les chaussures de la victime, sa cravate, dégrafer sa ceinture pour qu'il se sente à l'aise ; on cherche un objet pour mettre sous son dos ; puis on fait le bouche à bouche". Inversement, on peut observer des limites déterminées a priori pour un résultat, sans qu'une quelconque justification ne soit évoquée : "faire au noyé le bouche à bouche durant deux heures", "faire au bébé asphyxié un mouvement de balançoire pendant une demi-heure", ou même "faire les geste du bouche à bouche 3 fois est généralement suffisant" (1). Signalons enfin que la représentation du temps sur une ligne est une opération mal connue et complexe, en particulier lorsque figurent des minutes et leur division en secondes. Cependant, il est assez facile de venir à bout de cette difficulté pour une majorité d'étudiants, à deux exceptions près : en P1 l'utilisation du cercle pour l'étude d'un phénomène cyclique : systoles et diastoles au cours de la révolution cardiaque, et en P2, la représentation du temps -nécessaire pour certaines courbes classiques- sur un axe à échelle logarithmique.

(1) Peut-être cette erreur est-elle due à notre démonstration qui n'a duré que le temps de 3 répétitions. (P2-1981).

V - L'APPREHENSION DES MULTIPLES ASPECTS DES VARIATIONS POSSIBLES DES

VALEURS MESUREES DANS L'ORGANISME

Nos étudiants perçoivent en général très mal les multiples possibilités d'évolution d'un organisme en fonction de conditions variables. A plus forte raison, la comparaison de données chez deux individus différents, ou chez un même individu en évolution, est une source fréquente de malentendus, en particulier en P3 où les valeurs mesurées dans l'organisme varient en rapport avec des paramètres tels que : quantité de travail (-nulle, c'est-à-dire état de repos-, faible, moyenne, intense, maximale-), aptitudes de l'individu (-sédentaire, athlète moyen, confirmé, au plus haut niveau, sa spécialité sportive-), ces dernières étant elles-mêmes susceptibles de varier suivant des éléments aussi divers que : l'âge, l'altitude, la fatigue, l'alimentation, les conditions de vie, l'état d'entraînement, etc. Les proportions et l'allure suivant lesquelles évoluent ces paramètres sont conditionnées par des données telles que : état antérieur du sujet, nature de la donnée elle-même, conditions du passage d'un état à un autre, etc. De même, à un moment précis, des mesures peuvent être identiques chez deux individus aux caractéristiques physiologiques fort différentes, quand certaines conditions sont réunies. On comprend donc que les possibilités de confusions soient infinies, d'autant plus que nos étudiants n'adoptent pas la meilleure méthode de travail. Mis à part les valeurs-repères fondamentales sur lesquelles nous insistons tout particulièrement, leur sélection des informations à mémoriser repose sur des critères qui généralement nous échappent. Tout au plus peut-on signaler une tendance à retenir des fragments de données très complexes comportant des expressions ou des unités de mesure manifestement mal maîtrisées. Ces informations constituent par la suite le fondement de raisonnements, souvent incomplets ou aboutissant à des conclusions inacceptables, voire absurdes ou naïves. Les fautes commises sont alors d'autant plus graves qu'ont été négligées ou mises à l'écart les expressions qualifiant les valeurs chiffrées. Ainsi, depuis trois années, rencontrons nous le même problème à propos de la phrase suivante figurant dans un cours photocopie : "la puissance maximale aérobie ne peut habituellement pas être soutenue plus de 6 à 8 minutes". La confrontation ultérieure de ce résultat mesuré chez des individus moyens -d'où le sens du mot "habituellement"- avec d'autres, très différents, relevés chez les athlètes de haut niveau, est l'occasion de nombreux malentendus.

VI - LA MESURE FRACTIONNEE

Etablir une proportion, c'est constater une différence ou une analogie entre des éléments qu'il faut pouvoir imaginer. La traduction des proportions par des mots ou des signes est une source importante de difficultés. Les mots "très peu, peu, moyennement, beaucoup, la plupart, une grande partie, presque tous... etc", sont souvent mal employés, de même qu'on note des confusions entre "le plus", "plus que", "plus...plus". Citons quelques exemples : "pendant la diffusion, plusieurs chocs se produisent, soit 10^{12} chocs par seconde", "on retrouve dans le sang artériel quelques molécules de gaz carbonique", "le sang veineux est plus riche en CO_2 ", "l'air alvéolaire est trop pauvre en CO_2 ". L'expression d'une proportion soulève chaque année les mêmes problèmes, quelles que soient les promotions. D'ailleurs, des étudiants nous ont fait remarquer que les fractions "c'étaient des mathématiques, pas de la physiologie". Ainsi le cours sur la respiration est invariablement l'occasion des mêmes malentendus basés sur la non-assimilation d'équivalences du type "un litre d'air contient $4/5$ ou 80 % ou 0,8 l., ou $4/5$ de litre, ou 80 pour mille d'azote, ou 4 molécules sur 5 sont de l'azote", ou "100 m³ d'air contiennent 80 m³ d'azote" etc. Signalons également la confusion assez fréquente entre un taux, une concentration et une quantité totale : "le sang artériel contient 30 ml d'oxygène dissous", "l'organisme contient 5 millions de globules rouges", et la difficulté à comprendre que la quantité totale d'une substance dans l'organisme puisse augmenter tandis que son taux reste fixe, lorsque, par exemple, le poids de l'individu augmente.

VII - LES VALEURS MOYENNES

Le discours scientifique utilise des chiffres précis dont les modalités d'application sont nuancées soit par d'autres chiffres, par exemple : la taille d'un groupe d'individus est $1,80\text{ m} \pm 2\text{ cm}$, soit par des mots. Dans les textes que nous abordons, c'est généralement la seconde solution qui est choisie par les auteurs et elle est à l'origine de problèmes nombreux. Ainsi, Lacour écrit (1) : "une puissance maximale aérobie d'environ 1,800 kgm/mn".

(1) Lacour : Les courses - Traité d'athlétisme - Vigot - 1980 - page 25.

Le mot "environ" est explicite. Lorsqu'il précise que la consommation maximale d'oxygène "de certains coureurs de fond approche 80 ml/kg/mn", chaque mot sous-tend une information qui relativise le chiffre de façon très fine :

."approche "80 ml/kg/mn" : signifie sans l'exprimer qu' aucun coureur n'atteint cette valeur, mais que les meilleurs n'en sont pas loin et l'on devine des chiffres de 78 ou 79 ml/kg/mn.

."coureurs de fond" : signifie que ces valeurs ne sont pas atteintes par d'autres coureurs, par exemple les sprinters.

."certains" coureurs de fond : "certains" sous-entend que ces coureurs sont une minorité, et le contexte permet de déduire que ce sont les meilleurs.

Troisième exemple issu du même paragraphe : "la puissance maximale aérobie ne peut habituellement pas être soutenue plus de 6 à 8 mn. Astrand a observé que l'individu bien entraîné peut travailler pendant 10 mn à une puissance égale à 95% de sa puissance maximale aérobie, 30 mn à 90 %, 60 mn à 85% et 120 mn à 80 %". Dans cette phrase plusieurs éléments permettent de comprendre que ces valeurs ne sont que des exemples, des ordres de grandeur :

. la puissance ne peut "habituellement" pas... : le mot "habituellement" signifie que le chiffre "de 6 à 8 mn" -déjà assez imprécis- peut être dépassé dans un sens ou dans l'autre, mais dans des conditions contraires à l'habitude, c'est-à-dire dans des conditions exceptionnelles. Le contexte indique qu' un chiffre supérieur à 8 mn est excellent, inférieur à 6 mn est vraiment mauvais. La moyenne se situe donc à 7 mn.

. le début de la phrase suivante "Astrand a observé que" indique que les valeurs qui vont être données ne sont valables que dans une situation particulière (le spécialiste sait par exemple qu'Astrand travaille beaucoup avec des skieurs de fond scandinaves et qu'un américain étudiant des joueurs de base-ball obtiendrait des chiffres proches mais jamais identiques), et qu'elles n'engagent que la responsabilité d'Astrand. A la limite, ces données peuvent être soumises aux aléas des techniques ou des appareils de mesure et ces réserves figurent dans le protocole d'expérimentation d'Astrand.

."l'individu bien entraîné" : les mots sont volontairement vagues car les chiffres qui vont suivre ne sont que des valeurs moyennes. "L'individu" c'est à la fois le sprinter ou le coureur de fond et l'on se doute que les valeurs ne seront que relatives, moyennes. "Bien entraîné" est encore plus imprécis. Comment définir un bon entraînement ? Cela signifie qu'il s'agit d'un athlète moyen, ni sédentaire, ni champion d'exception.

On imagine un foot-balleur de niveau régional, aussi bien qu'un étudiant de quatrième année de l'INS.

Nous avons longuement développé cet exemple qui suscite chaque année les mêmes difficultés, parce qu'il est typique d'une situation où le professeur -comme son public- ne sait plus tout-à-fait s'il fait un cours de français, de mathématiques ou de physiologie. On voit très bien cependant quelle champ d'application du chiffre est tempéré par le discours environnant et nos étudiants, dans leur immense majorité, ne savent pas comment en tenir compte. Ils traduisent par exemple "dans tous les cas, 80 % de la puissance maximale aérobie peut être soutenue 120 mn". Leur surprise est grande lorsque, quelques paragraphes plus tard, Lacour cite un coureur capable "de soutenir pendant deux heures une puissance égale à 90% de sa puissance maximale aérobie", expérience que nous avons vécue avec deux promotions P3-1980 et 1981. Cependant, certaines valeurs classiques connaissent des écarts beaucoup plus considérables, et il arrive que des P1 nous demandent si nous ne nous sommes pas trompé. Prenons un exemple simple : la surface d'échange entre le sang et l'air alvéolaire : l'ouvrage d'Oría affirme : "on évalue à 150 m² la surface du sang étalé dans les poumons", celui de Karpovitch : "le sang étalé sur une surface d'à peu près 100 m²", celui de Vander : "la surface totale des alvéoles en contact avec les capillaires est de 70 m² chez l'homme". Une telle latitude dans la sélection des valeurs moyennes perturbe les étudiants les plus faibles. D'une part, ceux-ci conçoivent mal qu'un raisonnement ou des calculs très rigoureux puissent être menés à la suite d'un choix qui leur apparaît pour le moins arbitraire ou hasardeux. Ainsi, un de nos cours photocopiés reprend un tableau de Lacour concernant les processus de fourniture de l'énergie musculaire ainsi que l'avertissement de l'auteur : "ce tableau purement théorique, est simplement destiné à fournir des ordres de grandeur concernant des vitesses moyennes". Ces étudiants s'étonnent que de telles précautions oratoires concernent des calculs aussi précis et "sophistiqués" -pour reprendre l'expression de l'un d'eux- que "dépense énergétique : 387 Kcal., processus aérobie : 6 + 22,5 Kcal (correspondant à un) pourcentage de dépense (de) 6 % etc". D'autre part, ces valeurs moyennes sont susceptibles d'écarts dont l'amplitude varie avec l'élément mesuré et, de plus, elles sont associées dans le discours scientifique à d'autres valeurs qui, elles, restent absolument stables. La relativisation à la fois des valeurs que nous indiquons et de leurs écarts tolérables est alors très aléatoire.

Il nous faut enfin signaler que l'évocation de certaines valeurs peut conditionner l'étudiant à une assimilation réflexe à une notion, sans tenir compte du sens des mots environnants. Il suffit, par exemple, d'annoncer "1 gramme par litre" pour qu'instantanément le public songe -à juste raison- au taux de glucose dans le sang, ou "5 millions par millimètre cube" pour que ce chiffre évoque le nombre de globules rouges dans le sang. Mais au fur et à mesure que le programme est traité, le nombre de valeurs moyennes à mémoriser augmente. Elles sont souvent proches, leurs unités de mesure se ressemblent parfois et, si elles restent relativement stables en P1, elles évoluent en P2-P3 entre des écarts plus importants lorsque l'organisme au travail ou à l'entraînement est étudié. Nombre de ces valeurs moyennes deviennent en fait plus précises alors que leurs fluctuations possibles deviennent plus importantes. On comprend que dans ces conditions les malentendus soient fréquents. Nous avons ainsi vécu une situation type avec une promotion P3-1981 où, durant plus d'une demi-heure, nous avons tenu un discours se situant à un niveau musculaire tandis que les étudiants imaginaient les phénomènes au niveau du poumon. Nous traitions la consommation d'oxygène par les muscles et, par l'intermédiaire d'un graphique, expliquions de minute en minute son évolution en fonction d'un effort physique particulier. Or, brusquement un étudiant évoqua la notion de volume résiduel, un autre surenchérit sur celle de volume courant, tandis que visiblement toute la promotion approuvait ces remarques.

L'origine de cette confusion était la suivante :

Nous avons, pour faciliter la lecture du graphique arrondi la consommation d'oxygène de l'organisme au repos à 0,5 litre, au lieu de 0,3 l/mn qui est la valeur traditionnelle. Or 0,5 litre est la valeur d'une inspiration et d'une expiration au repos.

Nous avons, par hasard, évoqué un effort réclamant 7 litres d'oxygène par minute. Cette notion était relativement mal comprise : comment un organisme pouvant consommer au maximum 4 litres d'oxygène par minute pouvait-il effectuer un effort qui en réclamait 7 ? "D'où sortaient les 3 litres qui manquaient?", voilà comment un étudiant résuma les préoccupations de ses camarades qui n'eurent pas d'autre solution que de rapprocher ce chiffre de 7 l/mn de la valeur classique de la ventilation de repos. Comme ils se souvenaient qu'il s'agissait d'air et non d'oxygène, ils en déduisirent que c'était d'une quantité d'oxygène au niveau des poumons qu'il était question.

Certes, pour qui connaît ces notions, la confusion apparaît grossière. Mais l'étudiant évince très vite les informations trop ésotériques qui perturbent la rédaction de son cours, et il lui est alors possible de se construire une réalité toute autre, surtout si les phrases sont trop longues ou trop complexes et énoncées à un débit trop rapide. Cette situation se renouvelle fréquemment en ce qui nous concerne lorsque notre attention se porte sur un croquis à commenter, ce qui ne nous permet pas toujours de rester "à l'écoute" de notre public. Si un étudiant perd le contact avec les mots, les chiffres deviendront son seul recours. Et plus il sera éloigné de la réalité, moins les rapprochements qu'il cherchera à établir seront rigoureux.

Il nous faut enfin signaler le cas de l'anatomie qui décrit des éléments osseux en fonction de caractéristiques moyennes, observables sur le plus grand nombre. L'étudiant, lors de son initiation, comprend très mal qu'on multiplie les précisions à propos de détails qui ne se retrouvent pas, ou très mal, sur le squelette de l'établissement, qui a appartenu vraisemblablement à un enfant ou à un individu mal nourri et peu musclé : le tubercule de Gerdy, le tubercule du grand adducteur, ou pire, la ligne âpre, montrée par Brizon et Castaing comme une "crête osseuse, saillante de quelques millimètres, ... (qui) présente à sa partie moyenne deux lèvres, externe et interne, séparées par un interstice étroit, ... , à la partie moyenne, la lèvre externe est souvent plus saillante que l'interne, ... etc" (1). Il est franchement étonné qu'on exige de lui autant de précision lors de la description de volumes géométriques qui, dans le cours du professeur et des livres, ne correspondent absolument pas à ce qu'on voit sur les croquis ou sur les os du squelette. Un exemple-type serait les condyles du fémur, qui sont présentés classiquement comme des cubes, mais dont "les faces inférieure et postérieure sont en continuité l'une avec l'autre et décrivent une courbe spirale dont le rayon décroît progressivement d'avant en arrière" (2). La contradiction apparente est cependant encore plus remarquée dans un exemple tel que celui-ci, relevé chez Brizon et Castaing par un groupe d'étudiants

(1) Brizon et Castaing : les feuillets d'anatomie, fascicule 2, pages 11 et 12
Editions Maloine - Paris 1953.

(2) o.c.- page 16.

aux résultats pourtant satisfaisants : "les apophyses transverses (de la vertèbre lombaire-type) se portent en dehors, légèrement en arrière, aplaties d'avant en arrière, longues et étroites, elles présentent à leur face postérieure et près de la base le tubercule accessoire", et le chapitre se termine par le renvoi suivant situé en bas de la page : "l'aspect, le volume et la longueur de ces apophyses sont très variables d'un côté à l'autre, suivant les vertèbres et chez les différents sujets" (1).

VIII - L'ETABLISSEMENT DES RELATIONS DE CAUSE A EFFET

1. L'invention des causes

La cause peut relever d'une évidence assez naïve du type : "la pression devient négative parce qu'elle a beaucoup baissé" ou, plus fréquemment, d'une "humanisation" des organes à qui il est conféré des sentiments ou des intentions : "le sang a envie de refluer dans les oreillettes, alors les valvules se ferment", "si la pression intrathoracique est supérieure à la pression veineuse, alors elle va chercher à écraser la veine", "le ventricule, en voulant reprendre son volume normal, il se crée un phénomène d'aspiration", "les ventricules aspirent goulûment le sang". Cette animation de l'organisme -au sens étymologique : "donner une âme"- peut aller encore plus loin : "les microbes s'installent confortablement dans la paroi des bronches", "l'estomac vérifie si le morceau de viande a été mâché", "le globule blanc attaque les microbes pour les dévorer", "l'ion hydrogène nage dans le sang", "on rencontre des molécules d'oxygène qui se promènent dans le sang".

L'étudiant cède aussi, au cours des premiers mois de sa scolarité, à la tentation de donner son propre diagnostic : "au delà de 170 battements par minute, c'est la mort", "à 80-90 battements/minute, consulter le médecin", "en cas de pression maxima élevée, le coeur bat plus vite, donc il se fatigue, la mort est facile", "lorsque la minima augmente, cela signifie que le coeur travaille beaucoup, et plus elle monte, plus on se

(1) Brizon et Castaing : les feuillets d'anatomie, fascicule 11, page 41, Editions Maloine - Paris 1953.

rapproche de la mort", "la nicotine s'accumule dans les bronchioles. C'est pour cette raison que les fumeurs ronflent terriblement pendant leur sommeil. Leur ronflement est dû à l'accumulation des microbes et des poussières dans les alvéoles".

2. L'invention de causes à effet reposant sur une expérience immédiate.

L'étudiant amalgame les faits scientifiques appris en classe et des observations de la vie courante. Cette attitude est très fréquente, notamment en P1, lorsque les premiers chapitres de physiologie générale, souvent abstraits, sont terminés et que l'on aborde les grandes fonctions. Le professeur a alors souvent l'occasion de prolonger son discours par des digressions et des anecdotes portant sur des faits de la vie de tous les jours mis en relation avec des données plus théoriques au programme. L'étudiant s'essaie alors à des rapprochements du même genre, mais le résultat est souvent inacceptable, en particulier lorsqu'il est fait référence à des expressions de la langue familière : "l'alcool et le tabac sont des drogues qui influent sur le système nerveux. L'individu a les nerfs tendus, ce qui indubitablement a des conséquences sur sa pression artérielle car l'on peut dire sans trop de risque que l'individu dont les nerfs sont surchauffés à une pression élevée", "la bière sert à combattre l'hémorragie parce que l'on en offre à l'hôpital aux donneurs de sang, et qu'un don de sang est assimilable à une hémorragie", "la peau absorbe de l'eau parce que lorsqu'on prend une douche après avoir transpiré, la sensation de soif disparaît". La fréquence de telles erreurs décroît par la suite, quoiqu'assez lentement chez les plus faibles et chez les élèves-maitres. Elle peut être systématique à l'examen final lorsque les candidats -qui n'ont pas suivi notre enseignement- cherchent à justifier leurs choix d'exercices en faisant référence aux chapitres de physiologie.

3. L'invention de relations par association non justifiable de connaissances mémorisées.

L'étudiant sait que, lorsque c'est nous qui notons, le devoir sera jugé sur son aptitude à démontrer, beaucoup plus que la récitation d'informations simplement mémorisées. Les plus faibles sont donc tentés d'établir coûte que coûte des relations entre des faits appartenant à un

même paragraphe : "l'oxygène est nécessaire à la vie, donc le transport se fait sous deux formes", "le morceau va diffuser lentement parce qu'il recevra dans la diffusion 10^{12} chocs", "le médecin fait sa vitesse de sédimentation pour savoir si l'individu est malade car elle représente la mesure de la chute des globules rouges dans le tube à essai", "la sensation du chaud, du froid, du piquant s'observe surtout sur les faces palmaires des mains. Ce sont donc les nerfs qui sillonnent les muscles qui transportent les sensations".

L'origine des informations peut parfois couvrir plusieurs chapitres, ce qui détermine des textes absurdes : "l'association de la progestérone, de la folliculine, des spermatozoïdes donne le fœtus", ou même totalement incohérents : "l'aspect parabolique de l'acide carbonique serait dû à l'existence de la globine non dénaturée. C'est pour cela qu'en utilisant du sang humain la courbe (de dissociation de l'oxyhémoglobine) se déplace vers la droite à cause du poids des globules rouges et des sels qu'ils contiennent".

4. L'établissement insuffisant de relations quand plusieurs hypothèses sont à envisager.

C'est une cause essentielle des devoirs incomplets qui nous sont si souvent remis. On retrouve cette situation chaque fois que l'intitulé de la question ne correspond pas exactement à un chapitre du cours et, par conséquent, chaque fois qu'une question de synthèse est proposée. Par exemple, un étudiant décrit parfaitement une méthode de respiration artificielle et conclut : "en faisant ceci plusieurs fois, le blessé reprend conscience et retrouve sa respiration" ; il n'imagine pas que l'asphyxié puisse mourrir. De même, une définition est souvent ramenée à une seule de ses conséquences possibles : "l'hypotension, c'est quand il y a baisse de l'oxygène dans l'organisme ou augmentation de l'acidité", ou encore à l'une de ses origines parmi d'autres : "la cause de l'hypotension est basée sur un excès de vasodilatation, donc il y a hémorragie". On note souvent des phrases hésitantes quand le problème est mal situé : "comme l'entorse est sans fracture la radio n'est pas nécessaire, mais pour prévoir une éventuelle fracture, il faut envoyer le blessé à la radio". Signalons enfin la confusion entre la cause véritable et une conséquence secondaire : "on peut refroidir un patient avant

une opération à coeur ouvert pour arrêter la circulation et garder ses cellules fraîches".

Cependant, l'erreur la plus fréquente consiste à ne retenir qu'une seule cause parmi d'autres. Dans le meilleur des cas, l'étude des implications se réduit à celles des conséquences engendrées par la cause évoquée. Par exemple, à la question "que faire devant une entorse ?", un étudiant répondra : "sous l'effet d'un choc brutal, le pied a subi un déplacement forcé du ligament. Il faut donc ...", et il ne se préoccupera que d'une entorse à ce niveau. Il est cependant inquiétant de constater que c'est souvent l'exemple choisi en classe qui est repris. On peut donc se demander si le discours généralisant à tous les cas a bien été compris. Citons quelques exemples : "une hypotension, c'est la baisse de la pression artérielle, on l'appelle encore vaso-dilatation" et l'étudiant de procéder à une longue digression sur la vaso-dilatation, sans se soucier des autres causes possibles à une hypotension. "Quand on fait le bouche à bouche, on nettoie la bouche pour enlever les vomissures" : l'étudiant n'envisage que l'asphyxie par noyade. "Soins des entorses : on met un plâtre, on prend des corticoïdes" : le cas de l'entorse bénigne est négligé.

5. L'inversion cause-conséquence

La fréquence de cette erreur est proportionnelle au degré d'abstraction des notions développées. Les phénomènes électriques, les pressions, etc, donnent lieu à des confusions telles que : "la pression négative intrathoracique est due à un phénomène d'aspiration", "à l'inspiration, la cage thoracique se dilate, et le diaphragme descend", "l'onde de dépolarisation (du potentiel d'action) a la propriété de modifier la structure de la membrane cellulaire à son passage", "le débit cardiaque augmente, ce qui entraîne une augmentation du volume d'éjection systolique".

6. La suppression des expressions verbales permettant d'établir des liaisons de causes à effet ; le non-respect de la chronologie et de la "hiérarchie" des faits.

Ce type de faute est très fréquent, quel que soit le niveau et la classe de l'étudiant. Le texte se réduit dans ce cas à la juxtaposition

de plusieurs causes possibles -pas toutes cependant- qui sont ainsi mises en équivalence, sans que soit établies leur chronologie ou la "hiérarchie des faits", pour reprendre une expression de Bachelard. Cette attitude est encore plus systématique si une réponse brève est demandée. La démonstration se réduit alors à l'addition de quelques causes possibles aux côtés de faits, anecdotes ou digressions ayant impressionné la promotion pour des raisons qui ne sont pas toujours décelables. Citons les résultats d'une interrogation qui nous paraissent exemplaires. Nous demandions à la promotion M2-1980 d'établir en quelques mots les causes possibles d'une tendinite. Cette affection est très fréquente chez le sportif et, pour cette raison, nous l'avions longuement évoquée. Par acquis de conscience, nous avons même dicté le résumé suivant : "on a noté une augmentation du nombre de tendinites chez les sportifs qui s'entraînent régulièrement sur les matériaux modernes (tartan, athlétan) et sur les sols durs (ciment, goudron). Ce phénomène est explicable du fait que tous ces sols sont durs et provoquent au niveau des tendons des vibrations qui peuvent à la longue désinsérer les fibres tendineuses". On ne note dans les copies, alors que la question était sans ambiguïté, aucune liaison sols-durs-vibrations-désinsertion des fibres tendineuses-tendinite. Seuls six étudiants sur 55 utilisent des expressions établissant une liaison cause-effet, telles que "causée par" ou "entraîne", mais sans que la réponse soit complète ; 24 étudiants additionnent certaines causes exactes, pas toutes, et sans lien logique ; 21 n'attribuent à cette affection qu'une seule cause (les matériaux modernes : 14; les vibrations : 3 ; les chocs : 4) ; 3 enchaînent les deux premières causes mais sans terminer le raisonnement ; 5 inventent des causes ; 4 ne répondent pas. Il est paradoxal que 33 évoquent les matériaux modernes, qu'ils ne connaissent pas pour la plupart, et que 5 seulement citent le goudron et/ou le ciment, qui pourtant constituent les surfaces sur lesquelles ils s'entraînent quotidiennement. Pourtant la conséquence, la tendinite, était parfaitement connue, et plus d'un tiers connaissaient le nom d'au moins un anti-inflammatoire destiné à la combattre.

Remarquons que ces résultats sont en concordance avec une épreuve de notre enquête réalisée au CNS d'Alger au terme de laquelle nous avons conclu : "seul 1/5 de la promotion (évoque) la partie scientifique du texte. Mais, en fait, l'enchaînement des idées, l'articulation logique n'a pas été respectée... la majorité (de ces 20 % d'étudiants)... s'est bornée à reproduire des bribes de phrases... sans se soucier de l'enchaînement des

faits, de la progression de la démonstration. Toute la partie scientifique du texte disparaît au profit de l'anecdote". (1)

7. L'association de deux faits simultanés mais sans rapport.

Ce type d'erreur est d'autant plus fréquent que l'étudiant est faible. Ainsi on pourra lire : "par un phénomène d'aspiration dû à la pression intrathoracique négative, le coeur se contracte". Effectivement, cette pression négative joue un rôle dans le remplissage des oreillettes qui est lui-même concomittant de la contraction des ventricules, mais il n'en n'est pas la cause. Citons un autre exemple plus évident : "l'aliment est soumis à la salivation grâce au phénomène de déglutition".

8. L'association de faits par simple analogie, ou par analogie lexicale

Dans ce cas, les faits ou les données ont une ressemblance plus ou moins vague, mais suffisante pour que l'étudiant opère un rapprochement généralement inacceptable. Ainsi, le globule rouge qui a une apparence biconcave "est une cellule qui se présente sous forme de trochlée parce qu'il a deux joues et une gorge". Citons encore la confusion suivante : lors de l'étude des pressions intracardiaques, nous avons évoqué des valeurs de 130 et 30mm de mercure auxquelles correspondaient des quantités de sang dans les ventricules de l'ordre de respectivement 130 et 30 millilitres. Il nous fut demandé si "ce ventricule contenait alors 100 millilitres de sang pour une pression de 100 mm de mercure".

Ce sont cependant les paralogismes par analogie lexicale qui sont les plus frappants, surtout chez les étudiants les plus faibles : "on dit que de l'eau est calcaire parce qu'elle contient du calcium, donc elle est bonne pour les enfants" ; "on observe souvent des tendinites au niveau du muscle demi-tendineux" (P2-1981 - 8 étudiants sur 34), "on appelle plaque sanguine un des compartiments liquidiens en forme de plaque" ; "le potentiel d'action correspond au moment de travail de la cellule" ;

(1) Biologie et Langue Française au C.N.S. d'Alger - Mémoire de Maîtrise - Lyon II - 1978 - pages 92-93.

"l'ultra-centrifugation est la centrifugation du sang par un appareil ultra-moderne" ; "antigène : substance toxique qui se trouve dans l'organisme et qui gêne".

9. Le cas des phénomènes induits par plusieurs causes unies par une relation mathématique.

Par exemple, nous rencontrons chaque année les mêmes difficultés dans l'explication de la loi de Poiseuille qui exprime la pression artérielle en fonction du débit cardiaque, du rayon des vaisseaux sanguins d'un territoire donné à la puissance 4, et d'une constante. On peut ainsi écrire :

$$\frac{\text{débit}}{r^4 \times \text{const.}} = \text{pression, et l'on en déduit que}$$

débit = pression $\times r^4 \times$ constantes. Les deux formules sont rigoureusement équivalentes sur le plan mathématique, mais la première montre comment et dans quelles proportions varie le débit en fonction du rayon des vaisseaux alors que la pression reste stable dans les conditions normales, et la seconde met davantage en lumière le fait que la pression artérielle peut rester stable quand débit et rayon des vaisseaux varient dans les mêmes rapports, ou comment cette pression peut varier lorsque débit et rayon des vaisseaux varient sans coordination. Cette nuance est généralement très mal assimilée.

10. Les symboles

Dans le Petit Robert, un symbole est défini par Lalande comme "ce qui représente autre chose en vertu d'une correspondance analogique". Donc pour symboliser un élément, une donnée ou un fait scientifique il faut, au départ, avoir une idée précise de ce qu'il faut représenter. Pour symboliser un tout, il est nécessaire, mais non suffisant, d'imaginer chacune de ses parties. Les sources de confusions et d'erreurs sont donc nombreuses. C'est à propos de l'usage du croquis que la symbolisation est la plus fréquente. Nous développerons plus longuement cette idée dans le paragraphe correspondant.

11. Les conditions d'études et d'expérimentation

La description d'expériences provoque toujours les mêmes questions : "comment obtient-on ce chiffre ?", "comment fonctionne cet appareil ?", "comment mesure t-on une valeur de façon aussi précise ?", "comment crée t-on telle ou telle condition d'expérimentation ?". En général, le rendement d'un tel discours est très faible et l'étude du fonctionnement d'un appareil oblige à de longues digressions, qui posent davantage de problèmes qu'elles n'en résolvent. Les expériences les plus simples restent délicates. Nous avons par exemple corrigé un devoir où les quatre tubes à essai contenant un liquide étaient plongés à l'envers, ouverture vers le bas, dans l'eau du bain-marie. Le principe d'une expérience est mal appréhendé, en particulier lorsque certains artifices permettent d'évincer les paramètres inutiles et que les conditions de laboratoire paraissent très éloignées de celles de l'organisme. Ainsi l'effet Bohr, concernant le transport de l'oxygène dans le sang, est déterminé à partir d'une petite quantité de sang soumise à diverses pressions gazeuses. "Comment du sang dans un simple flacon peut-il permettre d'aboutir à des conclusions aussi importantes et applicables à l'organisme dans des conditions totalement différentes ?", tel est, en d'autres termes, posé le problème par un étudiant de deuxième année. Les exigences d'un protocole d'expérimentation ne sont pas du tout imaginées et un de nos cours photocopiés a déclenché à la fois l'hilarité et l'indignation générale de la promotion P4-1980 qui suivait notre enseignement pour la première année. Il s'agissait de la reproduction in extenso d'un article où l'auteur effectuait un bilan des recherches concernant les mécanismes de fourniture de l'énergie musculaire. Les divergences, parfois importantes, entre les chercheurs, voire leurs ignorances dans certains domaines étaient jugées inadmissibles. Il nous fut même demandé si ces derniers "étaient vraiment des docteurs ou des physiologistes". Par conséquent, il est logique que la majorité des étudiants ne puisse discerner l'expérience aboutissant à des conclusions indiscutables de celle dont la validité des résultats est plus relative. Il arrive d'ailleurs -notamment en début de P1- que face à des résultats incertains ou encore discutés, des étudiants proposent des expériences ou des solutions simplistes et très naïves.

IX - LES COMPARAISONS

Nos conditions d'enseignement et le niveau d'imprégnation scientifique de notre public ne nous permettent pas de nombreuses possibilités de paraphrase. Des informations complémentaires, plus nombreuses, ou plus précises perturbent beaucoup plus les étudiants qui ont besoin d'une assistance qu'elles ne les aident. Par conséquent, quand notre public ne nous comprend pas, nous n'avons plus que la possibilité d'abaisser d'un cran nos exigences en matière de discours scientifique et de multiplier les images ou les comparaisons.

Mais ce moyen, auquel nous avons si souvent recours, présente des risques. En effet, l'étudiant égaré s'accroche à cette comparaison comme à une bouée de sauvetage. Ce qui aurait dû n'être qu'un élément, qu'un outil utile à l'explication devient l'explication elle-même. Plus l'étudiant est faible, plus l'image phagocyte la démonstration. Plus souvent encore, la même valeur est accordée à l'idée et à la comparaison suggérant l'idée, ce qui évite d'avoir à la comprendre. D'où ces amalgames que nous rencontrons souvent dans les copies où un ou plusieurs éléments de la comparaison se retrouvent dans leur sens propre. Ainsi, après avoir, comme Vander dans son manuel, comparé la forme des molécules de myosine à celle d'une sucette, nous corrigeâmes des devoirs évoquant "ces grosses sucettes", "ces filaments qui sont des sucettes", "ces sucettes qui existent à l'extrémité de la myosine". Un autre exemple illustre cette tendance à prendre l'image au pied de la lettre. Nous avons utilisé avec les P2-1980 une autre image de Vander qui décrit les mouvements des ponts de myosine dans la contraction musculaire comme ceux "d'une dame de nage et de ses avirons". L'échec avait été complet : la pirogue africaine n'est pas une barque et l'on ne rame pas de la même façon ! Nous avons alors -en désespoir de cause- utilisé la comparaison suivante : un mille-pattes grimant simultanément à deux cordes. Elle nous semblait même plus juste car elle montrait bien mieux ces milliers de ponts qui s'établissent entre les filaments d'actine et de myosine, tandis que des milliers d'autres se décrochent pour s'établir un peu plus loin. Nos étudiants ont vu le mille-pattes, et certains l'ont même trop bien vu car leurs questions par la suite n'ont porté que sur le mille-pattes en train de

grimper : "et s'il s'agit d'un mouvement horizontal que fait le mille-pattes?", "le mille-pattes se rapproche du plafond, donc s'éloigne du sol ce qui ne correspond pas à la réalité puisque le sol devrait se rapprocher du plafond" ; "vous ne parlez que de la moitié des filaments puisque le croquis du tableau représente également des filaments orientés vers le bas" fut la première partie d'une remarque fort pertinente, mais la suite ne fut pas de ce niveau : "comment va alors procéder le mille-pattes ?". C'étaient les problèmes d'un mille-pattes qui étaient vécus, pas les mouvements des filaments de myosine au cours d'une contraction musculaire.

X - LES DEFINITIONS

De nombreuses notions inconnues de nos étudiants sont définies lorsqu'elles sont abordées sous l'angle d'une de leurs implications figurant au programme. Il faut par exemple caractériser un débit dans son sens le plus général avant d'aborder le débit cardiaque. Il est alors souvent difficile de s'étendre sur les multiples autres implications de cette définition parce que, d'une part, l'on perd du temps, d'autre part, l'on peut se demander comment, simultanément, la définition elle-même et toutes ses implications pourraient devenir familières à un étudiant qui, quelques secondes auparavant, ignorait l'ensemble. Nous sommes donc tenté d'évoquer rapidement la définition trop théorique, trop générale pour être appréhendée dans sa totalité, pour développer plus longuement l'implication qui est au programme, en espérant que, par transfert retro-actif, la définition initiale finira par être comprise dans son sens le plus large possible. Nous avons longtemps basé notre démarche sur ce principe. Depuis mars 1981, nous en doutons : après avoir défini brièvement le débit à des P1 pour étudier le débit cardiaque, nous avons choisi quelques exemples simples, puis abordé ce cas particulier, ses valeurs, les méthodes de mesure, et son expression en fonction des différents paramètres. Puis, progressivement, nous avons abandonné l'adjectif "cardiaque" et nous ne parlions plus que du "débit". Nous disions par exemple, "le débit est de cinq litres de sang par minute" car nous pensions qu'aucune confusion n'était possible dans un tel contexte. Puis, brutalement, au cours du même chapitre, nous utilisâmes le mot "débit" pour le cerveau. Un étudiant fit remarquer que l'emploi de ce terme lui paraissait incorrect, et pratiquement toute la promotion fut de cet avis. Le mot "débit" avait été entièrement assimilé au débit cardiaque. Cette notion impliquait des battements, des ventricules qui

éjectent du sang, et ne pouvait donc pas s'appliquer à un organe qui ne se contractait pas. La généralisation à laquelle nous nous attendions ne s'était pas produite. A la suite de cette observation, nous avons constaté que le sens de bien des mots nouveaux était réduit à celui qui avait été initialement développé. Par exemple l'adrénaline est abordée dans le paragraphe où est étudié son rôle d'accélérateur du coeur, lorsqu'elle est libérée au niveau des fibres sympathiques cardiaques. Lorsqu'il étudie plus tard les glandes surrénales, qui sécrètent de l'adrénaline, l'étudiant peut ne plus distinguer les deux phénomènes et confondre les modes d'action des glandes et du système nerveux ; ou bien, il peut assimiler longtemps le mot "adrénaline" à "augmentation du rythme cardiaque" et ne plus concevoir par la suite que cette substance puisse exercer un effet différent quand elle agit au niveau d'un autre organe. Cette réduction des faits peut également concerner des phénomènes beaucoup moins abstraits. Ainsi, nous avons expliqué à la promotion P1-1979 ce qu'était une pression négative et nous avons montré comment elle pouvait se manifester dans un tube en U rempli de mercure lors d'une aspiration. Le contrôle écrit suivant fut très faible (nous n'avions pas dicté de cours) et de nombreuses réponses assimilèrent une pression négative à "une pression qui sort du côté gauche du tube en aspirant", ou au "mercure qui va du côté du tube qu'on aspire" ou "à une force exercée sur une surface, mais en aspirant". Signalons enfin que ce type d'erreur se retrouve en anatomie chez les étudiants les plus faibles. Prenons l'exemple de la trochlée. C'est "une surface articulaire définie par deux joues séparées par une gorge." La trochlée du fémur, outre ces caractéristiques communes, présente une limite supérieure en forme de M. La définition générale deviendra : "surface articulaire en forme de M", ou "M articulaire". Citons un autre exemple. On définit la capsule comme un manchon fibreux entourant une articulation. On étudie l'articulation de l'épaule, puis on demande la définition d'"une" capsule. On obtient des réponses du genre : "manchon fibreux situé à côté des ligaments de l'épaule".

XI - LES HORS-SUJETS COLLECTIFS

Cette situation est assez fréquente, en particulier lorsqu'il s'agit d'opérer une synthèse de plusieurs chapitres, ou de sélectionner des informations provenant de paragraphes différents. Des groupes d'étudiants, plus ou moins importants, surajoutent des faits inutiles à une démonstration

ou à la description d'un phénomène alors que nous sommes absolument sûr qu'aucune fraude n'a été possible. Nous avons par exemple demandé à la promotion P1-1981 de résoudre le problème suivant : "peut-on transfuser O+ à A+ ?". Treize réponses sur 34, par ailleurs correctes, évoquent les groupes AB et/ou B, et 15 le cas de la transfusion du groupe rhésus+ à rhésus-. Les notions hors-sujet développées n'ont parfois qu'un rapport assez lointain avec la question posée. Ainsi, une de nos meilleures promotions, les P3-1981, avait eu un devoir sur la digestion d'un morceau de viande : 24 sur 32 évoquèrent l'attaque des glucides par l'amylase salivaire et/ou les transformations de la cellulose dans le gros intestin, alors que tous savaient parfaitement que la viande n'en contient pas. Parfois même, les données hors sujet n'ont absolument aucun rapport avec les phénomènes étudiés. Lors du même devoir sur la digestion du morceau de viande, 1 étudiant sur 3 évoqua les pressions abdominales au niveau de l'oesophage qui contribuent à éviter la régurgitation du bol alimentaire.

Nous n'avons jamais réussi à comprendre si ces hors-sujet étaient l'expression d'un verbalisme développé ou non sanctionné au cours d'une médiocre scolarité littéraire, ou la manifestation d'une assimilation incomplète des phénomènes.

XII - ORGANISATION ET PRESENTATION DES CONNAISSANCES

- La prise du cours

L'impossibilité de prendre des notes est quasi-générale en début de P1. A cette époque, notre public est stupéfait de voir un professeur qui ne dicte pas le cours ; son désarroi est total : toute synthèse semble irréalisable, même si la question développée est élémentaire ; il se contente -dans le meilleur des cas- de transcrire nos phrases mot-à-mot, nous demandant fréquemment de répéter ce que nous venons de dire ; si nous nous paraphrasons, même légèrement, les difficultés sont inversement proportionnelles au niveau de l'étudiant. On observe alors les plus faibles laisser sur leurs cahiers des espaces vides qu'ils tentent de combler, à un moment souvent mal choisi, en recopiant le texte d'un voisin plus rapide. La situation évolue rapidement, favorablement et durablement en anatomie, où les connaissances sont plus concrètes, et lorsque sont expliquées les lois simples qui les organisent, rigoureuses, toujours identiques. Les progrès sont beaucoup plus aléatoires et

provisoires en physiologie. Ils semblent inversement proportionnels au degré d'abstraction de l'idée développée et proportionnels au niveau de l'étudiant. Ils peuvent cependant être considérés comme nuls pour les plus faibles. C'est pourquoi nous n'hésitons pas à répéter plusieurs fois en des mêmes termes les phrases complexes ou importantes : les meilleurs ont ainsi le temps de comprendre, et de préparer une synthèse, les autres... ont le temps de copier.

- Plan et rédaction

On observe chez presque tous nos étudiants des difficultés énormes à élaborer un plan acceptable. Seuls quelques uns des bacheliers scientifiques d'une promotion, jamais plus de 2 ou 3, échappent à cette remarque. Des textes de plusieurs pages sont condensés en un, deux ou trois paragraphes sans aucun retour à la ligne, et sans transition. On peut y retrouver des pans entiers scientifiquement corrects et d'autres, brutalement incohérents, confus, comportant des omissions graves ou inattendues, ou bien des bribes de phrases absurdes, des croquis et des graphiques ne correspondant pas exactement au texte. Ces devoirs, à la pensée cahotante, où le meilleur côtoie le pire, semblent traduire les variations des limites de la compréhension de nos étudiants suivant la complexité ou l'abstraction des différents phénomènes qui se succèdent dans un même raisonnement.

La notion de titre, d'introduction, de conclusion n'est pas acquise avant un conditionnement très difficile de plusieurs années ; fait bien plus grave, ces acquisitions disparaissent immédiatement, dès que cessent les contraintes. L'introduction, quand elle figure, ce qui est exceptionnel, n'est considérée que comme le premier chapitre d'un devoir, la conclusion n'étant que le dernier. Celle-ci est le plus souvent un paragraphe où figurent pêle-mêle toutes les informations qui ont été oubliées. C'est aussi la dernière occasion d'impressionner favorablement le correcteur. On peut dans ce cas y découvrir des digressions parfois surprenantes. Ainsi un étudiant P2 voulut terminer un devoir sur la musculation en insistant sur la nécessité d'exercices réguliers en écrivant : "aussi nécessite t-elle une pratique continue comme une drogue. Justement, en ce qui concerne le doping je ne saurais conclure ce document sans en faire une petite mention". Et celui-ci d'aborder ce sujet. Le ton de la conclusion peut être dithyrambique : "bravo à Claude Bernard, le grand botaniste français, le percurseur (sic) de la génétique" s'écrie un étudiant pour terminer son devoir. Cette tendance

s'observe principalement dès qu'il s'agit de justifier une méthode, des choix pédagogiques sous couvert d'arguments scientifiques. La moindre référence à un chapitre de physiologie devient ainsi souvent l'occasion de porter aux nues les avantages d'un entraînement moderne ou les connaissances scientifiques nécessaires à un entraîneur compétent. Cette attitude est très fréquente -et très difficile à éradiquer- chez les P3 et, plus encore, les P4 recevant notre enseignement pour la première fois.

La rédaction d'un devoir, quelles que soient la longueur et la difficulté prévisibles du sujet, s'opère toujours suivant la même méthode : après quelques secondes de réflexion, quelques minutes dans le meilleur des cas, les étudiants commencent à rédiger, pour ne plus s'arrêter, sinon pour de brefs instants. On peut, exceptionnellement, en observer certains noter et organiser leurs idées au brouillon, mais cette attitude ne dure jamais plus de cinq minutes et ne concerne que les meilleurs éléments. Nous avons parfois songé à améliorer cette situation en rendant obligatoire l'inscription en tête des devoirs d'un décompte des points tel que : "connaissances :...sur 10 points ; plan :...sur 5 points ; clarté des idées :... sur 5 points : total :... sur 20 points". Nous n'avons jamais constaté le moindre progrès ! Par contre, après la remise des copies les protestations fustigeaient notre cruauté injuste puisque leurs auteurs "avaient mis tout le cours" ou "n'avaient rien oublié". En règle générale, toutes les promotions comprennent qu'on les sanctionne durement pour un détail ridicule oublié, mais n'acceptent pas qu'un simple mot, une phrase omise, un désordre dans les idées, puissent rendre une démonstration caduque donc totalement fausse. Nous avons également imaginé d'imposer l'interdiction absolue de rédiger un texte, même au brouillon, avant le premier tiers du temps imparti pour le devoir. Nous avons enregistré des progrès très sensibles pour une partie relativement importante des étudiants mais, d'une part, tous reviennent immédiatement à leurs habitudes antérieures dès que cessent les contraintes et, d'autre part, ces dispositions ne sont d'aucune utilité pour les plus faibles, qui ne font qu'attendre le signal du professeur pour rédiger.

XIII - QUELQUES FAUTES DE LANGUE

Les situations suivantes peuvent être à l'origine d'erreurs graves :

1. L'utilisation singulier/pluriel

La physiologie utilise fréquemment le singulier à la place du pluriel, l'auteur supposant que le lecteur se représente -même approximativement- les grandeurs ainsi exprimées. On pourra dire : "dans"le"muscle, "le" glucose, ou "la" molécule de glucose se combine avec "l'"oxygène pour former "du"gaz carbonique et de "l'"eau". Ce libellé peut éviter de donner un chiffre exact, en particulier s'il est trop long, complexe ou difficile à imaginer. Mais cette généralisation peut se retrouver lorsque le nombre d'éléments concernés est bien plus faible. On relève souvent dans les manuels des phrases telles que : "la fibre sympathique préganglionnaire est courte, la fibre postganglionnaire est longue" ; "la racine antérieure (de la moelle épinière) est parcourue par l'axone d'un neurone dont le corps cellulaire se trouve dans la substance grise".

Nous aussi avons utilisé indistinctement le singulier ou le pluriel pour rendre compte de certains faits, jusqu'au jour où nous nous sommes aperçu que certains étudiants interprétaient le singulier au sens propre. Ceux-ci n'avaient jamais abordé le système nerveux, et au cours d'un chapitre sur la régulation du rythme cardiaque, nous fûmes obligé de donner quelques notions sur le système nerveux végétatif (P1-1981). Pour ne pas surcharger un croquis déjà suffisamment complexe, chaque nerf n'était représenté que par un trait. Nous utilisions alors le singulier : "la" fibre va de tel endroit à tel endroit". Il était logique que des littéraires parvinssent au résultat suivant : "un nerf végétatif est composé d'une fibre et d'une seule".

Nous avons par la suite constaté que cette difficulté s'accroissait lors de l'utilisation d'expressions telles que "le" sympathique à la place de "nerf sympathique", ou "le" X ou "le" pneumogastrique pour qualifier l'ensemble de plusieurs milliers de fibres nerveuses constituant ce nerf.

2. L'utilisation des homonymes et des synonymes

Deux synonymes parfaits expriment le même ensemble ou la même partie. En revanche, deux mots peuvent se trouver synonymes parfaits dans un

contexte différent. Le professeur cherche généralement à soigner son discours oral. Il évite en particulier les répétitions trop nombreuses. Or, une partie de ses efforts consiste durant les premiers mois de P1 à habituer son public à donner un sens exact à chaque mot. On risque ainsi d'arriver au résultat suivant : l'utilisation d'un synonyme parfait pour alléger le texte est souvent perçue comme une intention de transmettre une nuance supplémentaire, nuance qui bien sûr n'existe pas. A ce propos, l'exemple des difficultés soulevées par l'expression du rythme cardiaque est intéressant. On affirmera rigoureusement la même idée par les phrases suivantes : "le coeur bat 60 fois par minute" ; "le coeur bat à 60" ; "le rythme cardiaque est de 60, ou de 60 battements par minute" ; "la fréquence cardiaque est de 60 battements par minute". On peut remplacer le mot battements par le mot pulsations. Evoquons sans nous attarder ce qu'on pourrait appeler les synonymes mathématiques où, dans cet exemple, "le coeur bat 60 fois par minute" signifie rigoureusement la même chose que "le coeur bat une fois par seconde". Mais suivant les paragraphes étudiés, cette notion de rythme pourra s'exprimer de façon encore différente. Lors de l'étude de la révolution cardiaque, on pourra dire "le rythme cardiaque est de 60 révolutions par minute". La même idée sera exprimée, avec en supplément des précisions concernant le caractère cyclique des phénomènes. Si l'usage de cette expression n'est pas faux dans une autre situation, il n'est cependant pas très courant. De même, lors de l'étude de l'automatisme cardiaque, l'expression "60 impulsions par minute" -les impulsions données par le tissu nodal- est synonyme de "60 battements par minute" parce qu'il est sous entendu que chaque impulsion du tissu nodal a pour conséquence obligatoire une contraction. Mais en dehors de ce chapitre, cette tournure est inappropriée.

Prenons un autre exemple : lors de la régulation du rythme cardiaque, le professeur pourra désigner le "système nerveux végétatif parasymphatique" sous différentes formes synonymes : "le parasymphatique" ; "le système parasymphatique" ; "les fibres parasymphatiques" ; "les voies parasymphatiques" ; "le nerf parasymphatique". Comme dans ce chapitre, ce système est représenté par un nerf et un seul, "le pneumogastrique", encore appelé "le vague", ou "le X", l'évocation de chacun de ces vocables sera synonyme de "système nerveux parasymphatique". On dispose ainsi de neuf synonymes, dont trois ne sont utilisables que dans le contexte du chapitre

sur la régulation du rythme cardiaque. Par exemple, lors de l'étude de ce chapitre, nous pouvons dire "le vague" ou "le X" pour symboliser le système parasympathique, mais lors de l'étude des organes génitaux, on ne peut dire "le vague" ou "le X" pour représenter le parasympathique.

On comprend donc que ces différentes appellations, synonymes parfaits et permanents ou non suivant le contexte, rendent le discours plus fluide au niveau d'un public averti, mais qu'elles gênent la compréhension chez celui dont l'accès lexical est insuffisant. Les premiers mois de P1 sont fertiles en demandes de complément d'information concernant les synonymes que nous utilisons.

Signalons également la tendance générale chez les plus faibles en mathématiques à considérer comme synonymes des notions s'exprimant en fonction l'une de l'autre, ou dont les résultats s'énoncent par des unités identiques. Par exemple le débit cardiaque et le rythme cardiaque sont quelquefois assimilés, car le premier s'exprime en fonction du second multiplié par le volume de l'ondée systolique et tous les deux s'énoncent en unités par minute.

Notons le cas où des synonymes sont mal interprétés lorsqu'ils expriment une constitution, une composition. Par exemple, l'expression "les sucs gastriques" sont synonymes d'acide chlorhydrique et de pepsine. L'étudiant pourra l'interpréter de la façon suivante : "l'estomac sécrète les sucs gastriques plus l'acide chlorhydrique plus la pepsine".

Il existe des moyens pour signifier que deux substances ne peuvent être exactement synonymes. Si par exemple on écrit "la bile contient des pigments biliaires tels que la bilirubine qui provient de la destruction des globules rouges", l'expression "tels que" signifie que la bilirubine n'est pas le seul pigment biliaire, et la suite de la phrase indique en revanche que la bilirubine est le seul à provenir de la destruction des globules rouges. Une telle phrase est susceptible de conduire à l'établissement de synonymies inacceptables, du type "les pigments biliaires proviennent de la décomposition des globules rouges" ou "la bile provient de la décomposition des globules rouges".

En anatomie, l'utilisation de mots courants dans un contexte scientifique intrigue profondément notre public. Il ne comprend pas, par exemple, que l'épine de l'omoplate ne ressemble absolument pas à une épine, que le pilier de l'omoplate ne soit pas fixe ou soutenu à sa partie inférieure

comme le sont tous les piliers. Certes ces mots sont choisis parfois suivant des critères qui échappent à la logique. "Quelle est par exemple la différence entre une apophyse, un tubercule, une tubérosité, un gros tubercule, une petite tubérosité ou un petit tubercule et une grosse tubérosité ? Pourquoi parle t-on d'apophyse styloïde du cubitus, sorte de tubercule allongé relativement petit, alors que l'acromion de l'omoplate est présenté par Brizon et Castaing comme une apophyse également, mais bien plus étendue, triangulaire, avec deux faces, deux bords et un sommet"? Telles sont les questions d'étudiants qui ne comprenaient pas pourquoi les auteurs utilisent le même mot pour des éléments osseux de forme aussi différente, alors que eux sont sanctionnés pour des imprécisions tellement moins graves.

3. L'utilisation de mots complexes

Cette situation est capable d'inhiber une promotion toute entière, même si l'on demande au préalable de ne pas prêter attention aux termes inconnus. Cette difficulté se rencontre notamment lors de l'explication de principes. Ainsi, aucun P1-1980 ne comprit l'explication de la méthode de dilution qui, à l'aide de l'albumine marquée à l'iode radioactive, permet de mesurer le volume d'eau du plasma. En désespoir de cause, nous avons remplacé le terme "albumine marquée par l'iode radioactive" par "morceau de sucre" ("je dissous 5 morceaux de sucre dans un mélange ; je prélève un litre du mélange ; je constate qu'il contient un morceau de sucre dissous ; donc le volume initial est de cinq litres"). Le résultat fut bien meilleur alors que les mots utilisés étaient pratiquement les mêmes.

4. L'utilisation des phrases longues, ou grammaticalement complexes

Nous nous souvenons par exemple avoir fait un long cours de français à des M2-1981 à la suite de l'étude de la phrase suivante : "quel que soit le type de compétition, le coureur semble donc avoir avantage à réduire dans les jours qui la précède son entraînement...". Le mot "la" trop éloigné du mot qu'il remplace, "entraînement" séparé du verbe dont il est complément d'objet direct, les nuances apportées par les expressions "quel que soit", "semble avoir avantage", "dans les jours qui précèdent", ont désorienté une promotion entière. (Précisons qu'il s'agissait d'un texte écrit dont nous n'étions pas l'auteur).

Citons également le cas des nuances apportées par deux ou plusieurs mots qui entrent en relation de façon parfois peu évidente. Nous

avons, par exemple, passé beaucoup de temps sur la phrase suivante (P3-1981): "une dette d'oxygène importante s'accompagne toujours d'une production de lactates". Le mot "toujours" est en relation avec le mot "important" et la phrase n'a pas le même sens que si l'on avait écrit "une dette d'oxygène s'accompagne toujours d'une production de lactates". Dans le premier cas, en effet, le lecteur s'attend à ce qu'une dette peu importante ne s'accompagne pas toujours d'une production de lactates.

XIV - LES FAUTES LIEES A LA FORME DU DISCOURS

1. Les différents registres du discours oral

Notre public perçoit assez mal les différents registres utilisés par lui-même -en particulier les plus faibles- et par le professeur. La différenciation entre le style rigoureux d'une démonstration et celui, plus relâché, d'une digression ou d'une anecdote n'est pas nettement établie. Il n'est pas rare de retrouver dans les devoirs des références à la vie courante, des images ou des expressions familières que nous utilisons en désespoir de cause quand une notion est mal comprise, notamment durant les premiers mois de P1. Par exemple, 6 étudiants sur 31 (P1-1979) reprirent le terme de "poubelle" qui nous avait permis de mettre en évidence le rôle d'un émonctoire lors de sa définition. On note une tendance très nette à rédiger en langage parlé les paragraphes pour lesquels une réflexion personnelle est nécessaire, c'est-à-dire lorsque le cours ne peut être restitué exactement tel qu'il a été copié, et que le temps manque. On peut alors relever des expressions du genre : "le type se retrouve un de ces quatre matins plié dans son lit. C'est la sciatique dit le médecin". Nous remarquons l'absence systématique de guillemets lorsque des comparaisons ou des termes familiers sont cités.

2. Les faiblesses involontaires du discours professoral

Le "non préconstruit" tel qu'il est défini par Portine -"ce qu'on peut appeler la labilité du langage, présence de reprises, de lapsus, d'énoncés inachevés" (1)- est à l'origine de difficultés parfois importantes pour nos étudiants. Une question inattendue qui interrompt notre progression,

(1) Portine (H) - BELC - Conseil de l'Europe- Analyse de discours spécifiques, hypothèses, propositions. Dossier 3.32.2.16, page 1.

un simple jeu de mots pour détendre l'atmosphère, un bref retour en arrière, un bilan rapide au cours d'une explication, sont à l'origine de malentendus parfois très graves, de même que -plus fréquemment encore- la paraphrase d'une explication complexe au moment précis où la consigne est de rédiger la synthèse d'un paragraphe sans que celle-ci soit dictée. Le tri est mal établi entre le non pré-construit et le pré-construit, c'est-à-dire le discours scientifique type. Citons un exemple remarquable : lors d'un cours d'anatomie P2-1980, nous avons indiqué que les ligaments gléno-huméraux avaient la forme d'un "N couché" au lieu de la "forme d'un Z". Alors que nous avons presque immédiatement corrigé notre première expression, 7 étudiants sur 34 l'utilisèrent lors d'un contrôle ultérieur.

3. Le discours scientifique type

Il est mal reçu lorsqu'il est d'un niveau moyen -celui d'une classe de troisième par exemple- et transmis sans précaution particulière, ainsi que le montre un travail antérieur (1).

Lorsqu'il est de haut niveau -écrit, comme celui des ouvrages de référence cités, ou oral, comme celui des vacataires-médecins- et qu'il n'est pas tenu compte des faiblesses du public, son rendement peut être considéré comme nul - ce qui pouvait se déduire a fortiori de ce qui précède-.

XV - QUELQUES ATTITUDES RELEVÉES A L'INJS DE YAOUNDE

1. Un comportement d'abord monolithique, puis ambivalent devant la science

Dans une première période, les nouveaux étudiants prennent au pied de la lettre les textes qui, au lycée, présentaient la science comme le modèle de l'information exacte, objective et définitive. Cette attitude semble confortée par nos cours de physiologie générale, qui ne présentent que des conclusions ou des chiffres indiscutables, et les suivants sur les grandes fonctions, qui donnent souvent lieu à des digressions sur les réalisations de la médecine de pointe. L'anatomie, elle aussi, n'évoque à cette époque que des faits incontestables. Au contraire, les premiers cours de sciences humaines, qui insistent davantage sur les difficultés méthodologiques et les limites de leur champ d'application, sont -nous semble t-il- un facteur qui

(1) - Biologie et Langue Française au C.N.S d'Alger - o.c.

renforce cette impression que, seules, les sciences médicales sont capables de miracles.

Une attitude plus ambivalente semble se développer par la suite, lorsque, par exemple, nos étudiants nous "consultent" à propos de leurs premiers accidents sportifs devant lesquels la médecine moderne est, dans une large mesure, impuissante. Simultanément, ils admettent plus difficilement que des pans entiers de la connaissance restent dans l'ombre. Perçoivent-ils mieux les nuances de notre discours concernant les incertitudes de la science, ou ce changement d'attitude ne serait-il qu'apparent ? Peut-être, durant la première période, notre public n'a-t-il fait que jouer le personnage de l'étudiant, n'osant pas encore émettre ses propres réserves, faute de nous avoir suffisamment observé, testé, et d'avoir évalué la nature de nos réactions dans des circonstances données. Il n'en reste pas moins vrai qu'au terme de deux à trois mois d'enseignement, commence à être évoquée la vraisemblance d'une autre explication : celle de la magie, à propos, par exemple, de la véritable échelle à laquelle se déroulent certains phénomènes, ou bien lorsque nous étudions pour la première fois de façon complète un mécanisme de contrôle de l'organisme, celui de la régulation du rythme cardiaque notamment. Ce sont cependant les faiblesses, ou l'absence, de certaines explications qui constituent l'argument essentiel, de même que l'existence au sein du discours scientifique de postulats -contestables puisque contestés, non démontrés-, ou d'hypothèses, concernant en particulier les causes de certaines maladies. Au cours d'une digression où nous expliquions ce qu'était une maladie psycho-somatique en prenant l'exemple de l'ulcère de l'estomac, l'on nous fit remarquer que "les occidentaux privilégient les choses matérielles et leurs scientifiques ne veulent pas étudier le spirituel, comme si aucun fait ne pouvait être accompli par le spirituel ou le surnaturel seul. Ce type de maladie est donc la preuve a contrario de la vraisemblance des phénomènes magiques". Il nous fut ensuite longuement expliqué par cette promotion P1, le 13.5.1979, que notre description de l'organisme n'était pas applicable à une catégorie particulière d'individus : les sorciers. Ceux-ci sont capables de multiplier leurs pouvoirs en invoquant un dieu avec lequel eux seuls communiquent. Ce dieu n'est pas obligatoirement celui d'une religion importée, mais peut être un animal tel qu'une souris. Ces individus dans la vie courante ont une apparence tout-à-fait normale, mais disposent de pouvoirs surnaturels. Ils ne se cachent pas. Une de nos étudiantes A.A. est

restée cinq jours sous les eaux du fleuve Mbam et elle en est ressortie, vivante et sèche ; l'oncle de T. est capable de se transformer en éléphant, et son père manie la foudre ; T.H. a participé à la chasse à l'homme-panthère, qu'il a lui-même vu. Le journal local a d'ailleurs, paraît-il, consacré un long article à cet individu capable de se transformer en fauve pour manger les chèvres et les poules de ses voisins. D'autres ont assisté à une chasse à l'homme-singe : "l'on voyait un singe en haut de l'arbre, mais c'est un singe transformé en homme qui a été abattu, car on a pu constater au sol qu'il avait un visage connu".

Nous apprenions également, grâce à la promotion P1 suivante, que la tante de E.C. (qui habite Kribi) était réputée capable de passer plusieurs jours sous l'eau, et que ces phénomènes magiques concernaient aussi les végétaux : on connaît à certains endroits des bananiers qui poussent en une nuit ; il existe des arbres sacrés qui tuent celui qui ose les arracher ou les couper. De même, pendant un cours de secourisme sur la conduite à tenir devant un corps étranger dans l'oreille, un étudiant (P1-1981) nous a fait remarquer que les instructions données par le manuel édité par le ministère de la coopération que nous avons distribué ne prévoyaient pas les cas de sorcellerie. Il citait à ce propos un de ses amis dont le conduit auditif avait été "bouché pendant quatre jours par un cancrelas envoyé par un sorcier".

Il faut signaler qu'en première année d'études, les étudiants abordent ce problème de façon très spontanée, et s'étonnent très sincèrement de notre perplexité ou de nos réactions : si nous exigeons des données matérielles ou des mesures, ils nous font remarquer que nous procédons suivant "une logique qui n'est pas celle des Africains". Exiger des preuves pour discuter des faits est une attitude rationnelle dont n'a pas besoin l'Africain". Tel est l'argument que nous a opposé K.J. Ayant vu un homme rester "plus de trente minutes sous l'eau" -il est capable de citer le lieu, la date et des témoins-, celui-ci souhaitait que le chapitre développé en cours -les réserves en oxygène de l'organisme- fût un peu moins restrictif. Cependant, lorsque ces étudiants poursuivent leur scolarité avec nous, leur attitude semble devenir plus réservée.

Ces pratiques magiques entrent en relations étroites avec des thérapeutiques locales ou des explications traditionnelles concernant certains faits d'ordre médical. La distinction entre un guérisseur et un

sorcier n'est pas très claire, de même que celle entre les phénomènes qui entrent en jeu dans la mise en place et les résultats d'un traitement. Par exemple, nous exposons à une promotion P2-1981, les dangers et les inconvénients du sérum anti-venimeux -produit français- et les étudiants ont voulu nous persuader qu'on avait découvert depuis bien longtemps un moyen d'intervention beaucoup plus efficace. Certains arguments avancés étaient acceptables. Ainsi, le vaccin traditionnel est essentiellement constitué de venin et d'herbes mangées par la mangouste lorsqu'elle vient d'être mordue par un serpent (1). Mais nous nous sommes heurté à de sérieuses résistances lorsque nous avons douté de l'utilité de certaines pratiques annexes, variables suivant les ethnies, comme celles par exemple de taper impérativement trois fois le sol du pied après la morsure, sous peine de rendre le remède traditionnel inefficace. Nous avons mesuré l'ambiguïté de certains paragraphes lorsqu'une étudiante nous demanda d'un air entendu: "si vous nous posez cette question lors d'un devoir, est-ce que le remède africain sera considéré comme une réponse juste ?".

Nous avons donc parfois l'impression que nos affirmations rencontrent de sérieuses réticences, et que notre public aimerait nous proposer sa version des faits. Peut-être ressent-il comme une agression la référence continuelle à des découvertes, à des auteurs, à des réalisations appartenant à une culture qui n'est pas la sienne. Il n'y a pas encore -hélas- de prix Nobel camerounais que nous puissions citer. C'est peut-être pour cette raison que le secourisme est souvent l'occasion de discussions passionnées : la conduite à tenir proposée par le manuel distribué par le ministère de la coopération (2) n'est pas applicable dans la plupart des cas aux réalités africaines.

Un étudiant nous fit remarquer que le respect des consignes préconisées condamnerait la victime beaucoup plus sûrement à la mort que le recours à la médecine traditionnelle : "se rendre d'extrême urgence à

(1) De nombreux étudiants de toutes les promotions sont ainsi vaccinés au niveau de la face antérieure du poignet. Ces faits sont confirmés, au moins pour l'ethnie Bamoun, dans l'ouvrage de Marc Mongbet Lamare : La médecine Bamoun - Editions Lamaro - Yaoundé - 1975.

(2) Le secourisme pour tous - Le guide de la Famille n° 93 - Septembre 1979 - A.T.E.O.S. - publié avec le concours du ministère de la coopération.

l'hôpital" -c'est la phrase qui termine invariablement presque tous les chapitres-, téléphoner aux pompiers, à une ambulance, à l'institut Pasteur, peut exiger des journées entières, voire s'avérer totalement impossible pour les villages très éloignés d'où sont parfois originaires nos étudiants. Certains conseils sont même franchement irréalistes : en cas d'empoisonnement, "le centre anti-poison peut m'expliquer par téléphone ce que je dois faire si l'empoisonné est loin d'un hôpital ou d'un docteur", "si un enfant avale un objet pointu ou coupant ... je lui fais manger des poireaux ou des asperges..". Notre public vit également de manière ambivalente ce décalage entre deux cultures, deux modes de vie lorsque nous évoquons les exigences d'un entraînement moderne, sur le plan du matériel et des installations sportives, de la surveillance médicale des athlètes, de leur mode de vie (alimentation, logement, transports...). Celles-ci sont rarement satisfaites en Afrique et, là encore, nous avons l'impression de tenir un discours théorique, inadapté aux conditions locales.

2. Une attitude souvent téléologique

Les phénomènes que nous décrivons semblent permettre à l'organisme de survivre, de s'adapter à des conditions particulières -l'entraînement par exemple-, et nous laissons le plus souvent dans l'ombre ceux qui ne débouchent que sur des hypothèses. C'est pourquoi, peut-être, les faits auxquels la science ne peut fournir d'explications sont souvent abordés en fonction de leurs finalités, de même que ceux pour lesquels la démonstration a été mal comprise. On assiste alors à des démonstrations du type : "pendant l'effort le foie libère du glucose, les poumons absorbent de l'oxygène, rejettent du CO₂, parce que sinon, c'est la mort". La locution parce que est utilisée de façon abusive. A lire ou à entendre les étudiants, on a souvent l'impression que l'organisme est un être conscient, qui décide intelligemment et toujours au mieux de nos intérêts. Parfois même, ceux-ci associent des faits sans aucun rapport comme s'il était évident qu'une telle solution ne pouvait pas ne pas avoir été adoptée par un organe ou un organisme doué de réflexion logique. Il arrive même que certains s'étonnent des "choix" opérés par l'organisme. C'est ainsi qu'il nous a été demandé "pourquoi l'aorte ne traversait-elle pas le centre phrénique au lieu d'être plaquée contre la colonne vertébrale", "pourquoi l'organisme n'est-il pas conçu de façon à nous permettre de mieux supporter l'acide lactique, cause

de la fatigue musculaire", "pourquoi le sang artériel ne libère t-il pas tout son oxygène au niveau du muscle au travail alors que celui-ci en a tant besoin", "pourquoi le squelette de la cuisse est-il formé d'un seul os alors que celui de la jambe, plus fine, en a deux ?".

3. La critique, et un sentiment d'injustice

Un résultat approché, les lacunes de la science, des divergences entre des chercheurs sont souvent l'occasion pour l'étudiant de donner un avis personnel. Celui-ci propose la mise en place d'expériences ou discute des résultats qui lui paraissent inacceptables. Ce comportement semble disparaître progressivement, mais il fait place à un désarroi croissant au fur et à mesure que les chiffres, valeurs et résultats se relativisent, différent ou débouchent sur des hypothèses contradictoires. "On ne comprend pas qu'une science exacte nous donne des chiffres variables" nous a fait remarquer un étudiant P3. Lui et ses camarades n'admettaient pas qu'un physiologiste renommé puisse écrire des phrases du genre : "l'étude de l'énergétique de l'exercice maximal s'effectue le plus souvent en laboratoire à l'aide d'ergomètre... dans ces conditions, les processus énergétiques peuvent différer sensiblement de ceux existant dans des conditions réelles... on suppose que... il est classique de trouver que... il est donc possible que... il est admis que..." (1). Les contradictions entre chercheurs relevées dans le même article ne sont pas tolérées. "Les résultats obtenus doivent être analysés avec prudence... ce procédé est discutable... (tel autre) autorise une estimation intéressante... Il importe de signaler ici les résultats surprenants obtenus par... citons la très intéressante observation de X... on pourrait donc admettre que... mais récemment, Y a observé que... le rôle de l'entraînement pourrait donc se révéler plus important qu'on ne l'a cru primitivement... ceci reste difficile à concevoir si l'on en reste à... cependant X pense possible... cependant il reste certain que, à la suite des travaux de Y..." etc. L'importance des réactions est proportionnelle au niveau d'ensemble d'une promotion et nous avons déjà cité le cas d'un texte déchaînant l'hilarité condescendante de P4 très faibles.

(1) Flandrois - Energétique de l'exercice musculaire maximal chez l'homme - Journal de Physiologie - Editions Masson - Paris - 1979 -75, 195-205.

Le caractère arbitraire de certaines conventions ou habitudes est d'autant plus critiqué qu'il est à l'origine de confusions multiples. Il arrive ainsi que l'honnêteté intellectuelle des anatomistes soit mise en doute. Par exemple, qu'une crête soit plus ou moins épaisse est toujours admis. Mais qu'un bord, c'est-à-dire une succession de points rectilignes, présente deux versants (le bord postérieur de l'épine de l'omoplate), voire deux lèvres, donc quatre versants (la ligne âpre ou bord postérieur du fémur) est difficilement accepté par notre public. Nous nous souvenons d'une longue discussion avec les P1-1979 à propos d'apparentes contradictions dans notre discours qui s'inspirait de celui de Brizon et Castaing. Ceux-ci décrivent l'acromion de l'omoplate comme une "apophyse aplatie de haut en bas". Un croquis de leur ouvrage la montre grossièrement triangulaire, mais il met simultanément en évidence une face postéro-supérieure (le texte ne laissait prévoir qu'une face supérieure). De plus, le squelette de l'établissement présente un acromion nettement rectangulaire. Nos exigences et nos sanctions apparaissent ainsi disproportionnées en regard des libertés prises par les auteurs avec la réalité. Nous avons un jour mal noté un devoir où tous les os étaient mis correctement en place, mais où la localisation des surfaces articulaires était décalée de quelques millimètres de telle sorte qu'aucun mouvement n'aurait été possible à ce niveau. L'étudiant protesta : "vous me mettez une mauvaise note pour quelques millimètres. Or, vous êtes beaucoup plus loin que moi de la réalité lorsque vous présentez l'extrémité inférieure du fémur comme un parallélépipède rectangle". Les plus faibles, qui atteignent rarement la moyenne, se considèrent alors comme des victimes innocentes et estiment que nous ne cherchons qu'à leur nuire puisque nous sommes le seul de l'école à être si sévère. Si la finalité de notre enseignement n'est en général pas contestée, les efforts que nous réclamons leur apparaissent démesurés par rapport aux autres disciplines. L'accroissement de nos exigences au fur et à mesure que le niveau d'ensemble progresse et que les étudiants se mettent au travail est perçu comme véritablement machiavélique.

4. L'étonnement

Les premières questions des étudiants P1 sont toujours redoutables. Ils découvrent un monde nouveau dans lequel nous baignons depuis plusieurs années et, tels l'Ingénu de Voltaire, nous demandent d'expliquer ce qui nous paraît à nous comme relevant de l'évidence. Notre discours condi-

tionne vraisemblablement la façon dont notre public imagine un fait, et nous avons nous même appris, pour certains paragraphes, à tenir des propos qui n'entraînent plus de questions embarrassantes. En général, des phénomènes aussi complexes que les enzymes, la physiologie de la fibre nerveuse, les phénomènes électriques de la matière vivante, les caractéristiques des globules blancs et leur rôle, etc, suscitent peu d'étonnement car ils sont abordés de façon tellement grossière et approchée qu'on peut se demander s'il est possible à nos étudiants de se les représenter intellectuellement par l'intermédiaire d'un simple discours. Cependant, ceux qui sont présentés plus globalement, en relation avec des manifestations organiques connues, ou concrètes, ou plus facilement localisables suscitent toujours des réactions d'incrédulité du type : "c'est pas possible". Curieusement, on peut dire que c'est peut-être lorsque l'étudiant à peine à nous croire qu'il a compris notre exposé. On retrouve cette attitude lorsque, occasionnellement, nous avons la possibilité pour les chapitres les plus complexes de compléter notre discours -qui, seul, resterait sans écho- par le visionnement de films scientifiques prêtés par les Centres Culturels Français. L'étudiant s'étonne également que des raisonnements dont la présentation est différente -au niveau des mots, du choix des informations annexes et de leur intégration dans l'argumentation- aboutissent à une conclusion identique. Cette attitude se transforme en véritable stupeur -le mot n'est pas trop fort- lorsqu'il constate dans un de ses devoirs qu'une réponse a été considérée comme nulle, ou qu'une démonstration est inacceptable simplement parce qu'une flèche, une unité de mesure, une phrase, un mot est oublié. Les arguments sont invariables : "j'ai tout mis", "il n'y a presque pas de faute" , "vous ne comptez pas ce qui est bon" , "une si mauvaise note pour un devoir si long".

5. Un phénomène d'usure

L'intérêt porté aux disciplines que nous enseignons évolue en fonction d'au moins trois paramètres : le niveau de l'étudiant, le coefficient de ces épreuves et l'année d'étude, la nature des chapitres.

L'attention de nos meilleurs étudiants -citons un ordre de grandeur : 1/5 des promotions- est constant au moins jusqu'au 1er trimestre de la quatrième année. Les résultats qu'ils obtiennent leur sont souvent utiles pour compenser des moyennes insuffisantes dans d'autres matières, d'autant plus qu'ils savent que nous n'hésitons pas à accorder des notes très

élevées aux devoirs satisfaisants, et que celles-ci sont, généralement, proportionnelles au travail fourni. Les étudiants moyens fournissent un effort plus adapté à leurs possibilités : les chapitres susceptibles d'applications concrètes, notamment dans le domaine sportif, mettent toujours leur curiosité en éveil ; mais la plupart renoncent très vite à comprendre les paragraphes abstraits, peut-être parce qu'ils prévoient que, de toutes façons, ils ne feront guère illusion lors du contrôle de connaissances suivant. Ils posent alors peu de questions et s'inquiètent essentiellement de reproduire le plus fidèlement possible notre discours sur leurs cahiers. Cette attitude n'est cependant pas systématique, et semble, dans une certaine mesure, en rapport avec nos convictions du moment concernant notre propre efficacité, celles-ci étant assez fluctuantes, tant il est difficile de situer son action dans un milieu auquel on est étranger.

Quant aux plus faibles, le coefficient déterminant de l'anatomie-physiologie les contraint en P1 à un effort soutenu, souvent demeuré en regard des résultats obtenus. Leur curiosité semble se maintenir en P2, d'une part par la force de l'habitude, d'autre part, parce que nous ne craignons pas d'hypertrophier les chapitres intéressants au détriment des plus difficiles. Ce choix nous est d'autant plus facile que le contrôle de connaissances est continu et que l'année scolaire ne se termine pas par un examen avec double correction. En fin de P2, s'amorce une évolution d'autant plus précoce que l'étudiant est faible. Celui-ci constate que le coefficient de l'anatomie-physiologie devient négligeable lorsque ses résultats sont bons aux épreuves physiques ou en pédagogie pratique (où la surnotation est la règle). A cette époque, il a assimilé les mécanismes du système scolaire et surtout ses faiblesses. Il sait au terme de deux années d'expérience manier les coefficients ; il a été en contact avec ses camarades plus anciens. Il possède de nombreux éléments pour mener ses statistiques personnelles et évaluer ses chances de succès. Le calcul n'est d'ailleurs pas bien difficile : il n'a jamais pu constater l'exclusion d'un candidat pour résultats insuffisants ! Il est donc logique qu'il se permette alors de négliger une discipline dans laquelle il n'a obtenu jusque là que des résultats médiocres, malgré une quantité de travail relativement importante. Il est aussi normal que le professeur qui maintient d'année en année ses exigences, ou pis, qui les hausse, alors qu'on observe fréquemment un phénomène de "décompression" dans d'autres matières, lui donne l'impression d'un original faisant partie

du folklore de l'établissement : celui-ci et, par conséquent, son enseignement risquent de ne plus être pris au sérieux lorsque le décalage entre les contraintes qu'il impose et les habitudes de l'établissement devient trop important. Prenons un exemple un peu particulier, mais très démonstratif : nous avons demandé, de gré ou de force, le respect des horaires et nos cours ont toujours commencé à 8H 00, non à 8H 01, à 10H 10, non à 10H 11 ; face aux abus constatés dans d'autres disciplines, un conseil des professeurs décida, en Janvier 1982, qu'un étudiant serait considéré comme en retard lorsqu'il arrive en classe plus de quinze minutes après l'horaire prévu !

Signalons enfin le rôle profondément démobilisateur du stage pédagogique de deux mois effectué en début de P4 au cours duquel les étudiants, y compris les meilleurs, mesurent l'écart entre les données théoriques qu'ils ont apprises et leurs possibilités d'applications concrètes dans des conditions matérielles souvent très pauvres. Cette prise de conscience s'ajoute à l'absence d'épreuves véritablement scientifiques à l'examen final, le CAPEPS, ainsi qu'à la désorganisation de la vie scolaire due aux examens durant le troisième trimestre.