

L'ARGUMENTATION DANS L'APPRENTISSAGE SCIENTIFIQUE AU COLLÈGE

Pierre Fillon
Brigitte Peterfalvi

Quelles sont, dans les apprentissages scientifiques, les fonctions des argumentations que les élèves sont susceptibles de développer dans des situations d'échange oral en classe de sciences (sciences de la vie et de la Terre et sciences physiques)? En nous appuyant sur quelques études de cas, nous montrerons comment, par leur complémentarité, le jeu de différents types d'arguments intervient dans la construction des connaissances scientifiques. Par l'élaboration d'objets de discours, l'ouverture de possibles et l'exclusion, l'argumentation permet l'émergence du vraisemblable, et le travail langagier impliqué contribue aux élaborations et différenciations conceptuelles, notamment par la levée d'implicites ou d'ambiguïtés.

un intérêt grandissant ...

...pour l'argumentation en classe de sciences...

...pour la construction de savoirs

Dans les disciplines scientifiques scolaires, la place des interactions argumentatives a longtemps été sous-estimée, au profit d'une conception essentiellement empiriste. Pourtant, depuis bientôt deux décennies, des travaux didactiques en soulignent l'intérêt, avançant, du côté épistémologique, qu'elles tiennent une place essentielle dans l'élaboration des savoirs scientifiques (en référence à Popper notamment), et du côté psychologique qu'elles sont essentielles aux apprentissages (en référence à Vygotski, puis à l'école Genevoise). Les didacticiens des sciences qui ont contribué à élaborer le paradigme dit *socio-constructiviste* dans ce domaine ont mis en avant ce point de vue. Johsua et Dupin notamment, introduisant le *débat scientifique dans la classe* (1989) donnent une place centrale à cette idée. Une équipe de recherche du King's Collège de Londres (Driver, Newton & Osborne, 1998) a fait plus récemment un point des travaux anglo-saxons dans ce domaine. Ils soulignent les apports de l'argumentation pour la compréhension des concepts, la faculté d'investigation et la construction d'éléments d'épistémologie chez les élèves. En France, Fabre et Orange développent actuellement un point de vue qui met en relief le rôle essentiel de l'argumentation dans le processus de problématisation, lui-même déterminant pour l'élaboration de connaissances qui ne soient pas assertoriques. Enfin, un courant de recherches issu de la linguistique s'est intéressé ces dernières années aux apports de l'argumentation pour les phases heuristiques en classe de science (Nonnon, 1996; Garcia - Debanc 1996, 1998; Grandaty & Turco, 2001; Jaubert & Rebière, 2001).

L'intérêt pour l'argumentation dans les débats en classe peut s'inscrire dans une visée de mise en cause des représentations, de problématisation ou plus largement d'élaboration conceptuelle. On vise, par la confrontation d'arguments, l'émergence raisonnée des notions, concepts ou modèles

explicatifs, plutôt que la méthode avec ses aspects systématiques. On est ici dans une perspective « productive », « heuristique » ou encore « *généralisatrice* » comme le propose Nonnon (1996). Le caractère dialogique est ici essentiel, car c'est la pluralité des points de vue qui oblige à expliciter les fondements en raison de chacun d'entre eux.

...pour l'acquisition
de raisonnements
valides...

L'intérêt pour l'argumentation peut d'autre part s'inscrire dans une visée d'acquisition de raisonnements valides en science. On cherche dans ce cas à développer et systématiser des raisonnements autour de la cohérence interne des explications, à développer les aspects inductifs et déductifs de la pensée expérimentale. Il s'agit de reconstructions de démarches visant à attribuer à des explications une valeur de vérité déterminée. Ce qui est en jeu est alors la « rigueur scientifique », telle qu'on l'attend dans les productions écrites finales, par exemple pour l'interprétation de résultats d'expériences. La question de la validité est ici centrale.

...pour l'étude
de « questions
socialement vives »

L'intérêt pour l'argumentation peut enfin être lié à la nature des questions débattues lorsqu'il s'agit de *questions socialement vives*; les enjeux de l'argumentation sont alors différents : la question de la vérité ou vraisemblance étant alors étroitement liée à des questions éthiques et à des prises de position sur des questions de société (Simonneaux 2001).

C'est à la première de ces perspectives que nous nous sommes intéressés et les séquences de classe que nous avons élaborées avec les enseignants et observées intègrent ce point de vue.

Nous avons travaillé avec deux classes de cinquième de Zone d'éducation prioritaire, et élaboré des situations d'enseignement en interaction avec deux enseignantes de *sciences de la vie et de la Terre* et une enseignante de *sciences physiques*. Dans ces séquences, les élèves avaient à choisir entre deux modélisations d'un même phénomène ou bien à améliorer ou à discuter les caractéristiques d'un *germe de modèle* (Martinand, 1992) en s'appuyant sur des faits empiriques rappelés ou supposés connus. Elles donnent une place importante à « *l'opposition d'idées défendues par différents individus ou groupes* », qui n'est que l'une des figures que peut prendre le débat en classe de sciences (Orange & al., 2001, p. 114), mais la plus immédiatement accessible à des enseignants peu familiarisés avec des pratiques argumentatives.

après
une sélection
de passages
argumentatifs...

À partir des transcriptions d'enregistrements vidéo de différents débats, en petits groupes et en classe entière, nous avons sélectionné des passages que nous jugions argumentatifs. Il est difficile d'énoncer un critère absolu pour ces sélections. Ont été jugés argumentatifs les passages où les élèves tentent de se convaincre mutuellement de points de vue sur lesquels ils sont en désaccord, et ceux où ils produisent des justifications à l'appui de leurs propositions.

...des analyses
à des grains
différents

Dans ces passages, nous avons examiné les argumentations effectivement produites par les élèves, en nous interrogeant sur leurs caractéristiques propres, sur leur rôle dans l'élaboration des connaissances et sur des aspects relatifs à leur dynamique, tels que leurs conditions d'émergence et de développement. Selon les grains d'analyse adoptés et leur combinatoire, nous avons obtenu des éléments de réponse à des questions d'ordre différent : au grain le plus petit (comme celui d'un énoncé ou tour de parole), nous avons pu repérer la nature d'un argument, la forme d'un raisonnement, la cohérence ou incohérence, le caractère plus ou moins explicite ou implicite du discours...; à un grain intermédiaire, nous nous sommes intéressés davantage aux interactions verbales et à la façon dont elles influencent ce qui est dit; à un grain encore plus grand, nous avons analysé la construction qui se fait collectivement, dans son processus.

Nous proposerons tout d'abord une étude de cas en *sciences de la vie et de la Terre*, qui nous servira de support pour avancer quelques hypothèses sur la place et la nature des argumentations produites dans des débats en classe de sciences. Nous donnerons ensuite, en nous appuyant notamment sur un débat en électricité, quelques éléments éclairant une fonction de l'argumentation en classe qui nous a semblé essentielle : la prise de conscience et parfois la réduction des ambiguïtés des formulations produites. Nous montrerons comment cela peut intervenir plus particulièrement dans la construction conceptuelle, par la nécessité que les élèves éprouvent, pour se comprendre, de rendre les termes qu'ils emploient plus univoques. Nous terminerons par une discussion sur les apports possibles de l'argumentation en classe de sciences.

1. ARGUMENTATION DANS UN DÉBAT SUR LA CIRCULATION SANGUINE

une controverse
entre élèves...

Nous pouvons, comme entrée en matière, nous pencher sur une des séquences de classe qui nous donnera de premiers éléments pour nous interroger sur le rôle de l'argumentation dans le processus d'acquisition de connaissances scientifiques. L'épisode que nous avons choisi l'a été en raison de son caractère argumentatif bien déterminé : une controverse se développe entre plusieurs élèves qui s'engagent dans des idées qu'ils défendent auprès des autres.

1.1. Un épisode argumentatif portant sur le choix d'un modèle de distribution

L'épisode porte sur la circulation sanguine. Il se situe en fin de séquence, dans la dernière demi-heure d'une séance d'une heure et demie, après plusieurs phases de discussion en

...pour lever un paradoxe

petits et grand groupe sur le fait que le système circulatoire est paradoxalement à la fois clos (par opposition à un système d'épandage) et ouvert, pour assurer les échanges en nutriments et gaz respiratoires avec tous les organes. C'est une séance de synthèse, qui a conduit les élèves à mobiliser des connaissances construites au long de l'année sur les différentes fonctions physiologiques et à construire une représentation de l'organisme comme un tout organisé. Au moment de l'épisode que nous analysons, cet ensemble de connaissances a été réactivé et les élèves ont déjà cherché à les mettre en cohérence. C'est avec cet ensemble d'idées très présent qu'ils s'engagent dans ce nouveau débat, proposé en fin de séance, ce qui peut expliquer leur fort investissement dans la tâche.

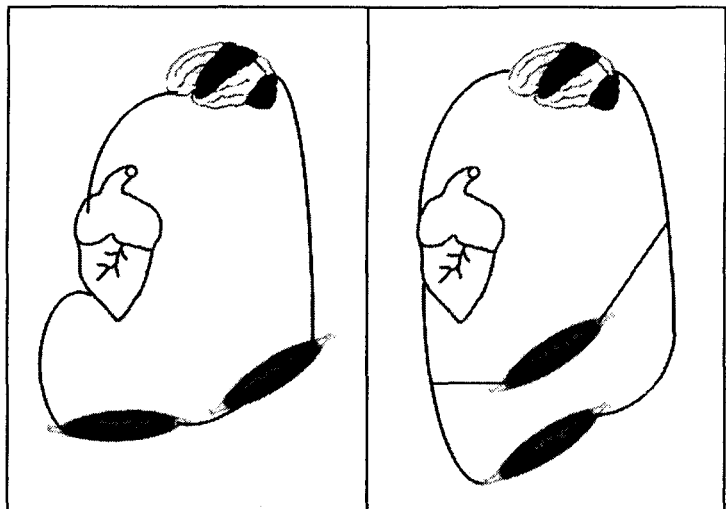
cette controverse prend appui ...

Deux schémas de circulation sanguine devaient être proposés à la discussion. Dans le premier, différents organes devaient figurer « en série », dans l'autre, ils devaient figurer « en dérivation », de façon à conduire les élèves à discuter des avantages et inconvénients fonctionnels de ces deux systèmes de distribution. Il s'agit de schémas très simplifiés, qui ne mettent pas en jeu le système de double circulation sanguine, mais permettent de poser des questions sur les caractéristiques d'un système de distribution : « comment un organe placé en série après un autre, peut-il être approvisionné de façon satisfaisante? » s'étaient en effet interrogés des élèves d'une autre classe. Les systèmes digestif et respiratoire ne figurent volontairement pas, les élèves ayant à les ajouter dans le but de construire une vision fonctionnelle de l'organisme. Dans le débat analysé, la tâche est de choisir entre ces deux schémas et de justifier ce choix.

Schéma 1. *En série*

Schéma 2. *En dérivation*

...sur deux modèles simplifiés



L'enseignante qui a conduit cette séquence reprend l'idée prévue, mais introduit, sans doute involontairement, une modification, en plaçant le cœur et le cerveau « en série » dans le deuxième schéma où les organes devaient être disposés « en dérivation ». De ce fait, le deuxième schéma proposé aux élèves est composite. Nous verrons comment l'argumentation des élèves exploitera cette singularité topologique.

• Deux types d'arguments

deux analogies de nature positive...

Après une phase relativement peu productive du point de vue argumentatif, le débat commence vraiment par les interventions de l'un des élèves. Julien (en gras dans la transcription) à partir desquelles une cascade de propositions et contre-propositions des autres élèves va démarrer. Celui-ci commence par proposer deux analogies parallèles pour caractériser chacun des deux modèles entre lesquels les élèves ont à choisir, mais sans faire de lien explicite avec son propre choix (1).

Extrait 1.

- | | | |
|-----|----------|--|
| 82. | Julien : | <i>Non, mais je parle de celui-là [schéma 2]. On a l'impression que c'est un truc qu'on apprend en physique, euh... en fait le sang il partage euh la nourriture pour aller plus vite</i> |
| 83. | P : | <i>Oui on a l'impression que ça partage, comme en physique, ça</i> |
| 84. | E : | <i>On dirait, madame, que c'est en physique, notre corps, quand ça a dit/</i> |
| 85. | Julien : | <i>Alors que l'autre [schéma 1], par exemple, on a l'impression que c'est la tournée du facteur, en fait!</i> |
| 86. | P : | <i>Oui, alors là, on a l'impression que c'est la tournée du facteur, ça</i> |
| 87. | Julien : | <i>Et avec chacun sa part, aussi!</i> |
| 88. | P : | <i>Chacun sa part! parce que là toi tu as l'impression que... le sang il doit passer là, il doit en donner une part [elle suit du doigt au rétroprojecteur sur le schéma 1 « en série »]</i> |
| 89. | E : | <i>/ça en sort quand même/</i> |
| 90. | P : | <i>Et puis il va en laisser pour celui d'après</i> |
| 91. | Julien : | <i>Oui!</i> |

...proposées par un élève...

Les propositions de Julien dans ce passage sont toutes positives et ne tranchent pas quant au choix à opérer. Elles manifestent un souci d'explicitation et de cohérence dans les mises en correspondance des analogies. Il ne s'agit pas de métaphores gratuites, mais d'essais de compréhension des relations entre éléments préalablement construits en classe. Ainsi, le rajout « *et avec chacun sa part* » (87), qui vient compléter son analogie du facteur, (correspondant au schéma 1), vise à prendre en compte une des nécessités

(1) Pour l'intégralité du corpus, on pourra se reporter au site <http://www.inrp.fr/publications/aster>

...contribuent
à la construction
d'un modèle
cohérent

fonctionnelles discutée auparavant (distribution adaptée aux besoins de chaque organe), la fonction du système circulatoire étant de distribuer nutriments et gaz respiratoires aux différents organes et d'évacuer les différents « déchets » qu'ils produisent. Cette idée contribue fortement à la construction d'un modèle de fonctionnement cohérent, mais ne départage pas les deux modèles. Le fait qu'il emploie deux analogies différentes pour chacun des deux schémas ne permet pas de comparaison précise susceptible d'aboutir à un choix. Il en est tout autrement des propositions d'Hadrien, un peu plus tard dans la même séquence, qui déclencheront une controverse avec Julien.

Extrait 2.

137. Hadrien : *Parce que là, sur le premier dessin, si il est dit qu'y a qu'un seul circuit, c'est que... y'a le sang, qui, ça...y'a une part de sang qui se sépare, y'a une partie par là et une autre par là* [montre successivement sa jambe droite et sa jambe gauche]
138. P : *Oui?*
139. Hadrien : *Mais si c'est qu'un circuit et qu'on se coupe la veine à un endroit, l'autre elle va pas être irriguée non plus c'est pas, /*
140. P : *Ah! l'autre non plus! tiens! /*
141. Hadrien : **Tandis que l'autre** [schéma 2], *si on se coupe à une jambe, l'autre elle marchera toujours!*
142. P : *Ah! Pas bête! si, si jamais on se blesse, du coup plus personne n'a de sang*
143. E : *Voilà, voilà! C'est bien ça! [brouhaha]une coupure.....*

proposé
par un autre élève,
l'argument
pour exclure
l'impossible...

On peut voir que l'énoncé 139 est d'une toute autre nature. Hadrien fait intervenir une considération décisive, dans la mesure où il prévoit une conséquence fonctionnellement néfaste, donc à exclure, pour le premier modèle, défendu par Julien. On voit donc là se profiler deux types d'arguments dont les fonctions sont tout à fait différentes : l'un construit un objet positivement, l'autre exclut, limite, pose de l'impossible.

• Controverse

Ce dernier argument déclenche une controverse, reprise par les autres élèves, directement liée au caractère restrictif de l'argument par la précision qu'il apporte dans la représentation du problème.

Extrait 3.

141. Julien : *Ah mais là, là je crois que c'est pareil, madame! madame! Là par exemple quand c'est coupé près du le cerveau si par exemple tu saignes là, ben comment tu fais, ben y'a tout qui est coupé! là c'est pareil! c'est pareil!*
142. Hadrien : *Oui, mais là on peut très bien te couper une jambe et l'autre elle marche toujours!*
143. Julien : *Attends, attends! ben là aussi! elle marchera!*

...ouvre
une controverse

L'argument est en effet retourné positivement par Julien, de façon à le rendre compatible avec sa propre thèse, par un déplacement de signification qui utilise précisément la singularité du schéma 2 que nous avons mentionnée plus haut : selon que le lieu de la coupure se situe sur une dérivation ou sur la partie principale du circuit où le cœur et le cerveau sont placés « en série », les prévisions concernant l'irrigation – ou l'absence d'irrigation – des divers organes sont différentes. Julien propose de déplacer le lieu de la coupure précisément sur cette partie-là du circuit, où le problème de la coupure est analogue à la façon dont il se présente sur l'autre schéma. On peut remarquer le caractère habile de l'argumentation de Julien, qui se montre capable d'exploiter une faille du matériau qui leur est proposé pour disqualifier l'exclusion qu'Hadrien avait fait de sa thèse.

• Résolution

C'est un troisième élève, Yohan, qui finira par établir une cohérence globale.

Extrait 4.

165. Yohan : [à côté de Julien, le bras tendu vers le schéma projeté au tableau, à propos du schéma 2, « en dérivation »]. Si... si tu prends la route qui descend, là, si c'est coupé le sang il pourra toujours passer par là!

[.....]

192. Yohan : Dans le numéro 1, y'a un facteur alors que dans le numéro 2 il y en a 2!

la même analogie,
adaptée aux deux
modèles,
conduit à une
conciliation

Par sa première proposition (165), Yohan emporte la « reddition » de Julien, et complète la mise en cohérence par la deuxième (192), un peu plus tard. Cet élève joue un rôle de conciliateur sur le plan du langage, faisant jouer la même analogie sur les deux schémas et permettant ainsi une comparaison fonctionnelle aboutissant au choix entre les deux modèles proposés. En adaptant l'analogie proposée par Julien (il envisage la présence de deux *facteurs*), Yohan rend pensable pour ce dernier et ainsi vraisemblable le modèle 2. On peut noter toutefois qu'il ne reprend pas de façon explicite le problème de la coupure dans le circuit « principal » posé par Julien, ce qui montre que l'ensemble des problèmes posés n'est pas retenu dans cette mise en cohérence.

On voit là que quelque chose se dessine à travers le jeu des langages (registres de langage et aussi registres sémiotiques) et c'est une question qui mérite qu'on s'y arrête un instant. De tels jeux apparaissent à différents moments de la séquence et leur analyse peut donner un éclairage sur la façon dont le langage (ou les langages) établit(ssent) des ponts, et pour la compréhension, et pour l'interaction avec les partenaires.

1.2. Médiation langagière

Le panachage que Yohan propose dans sa réplique 165 joue manifestement un rôle de médiation vis-à-vis de Julien. Yohan est voisin de celui-ci (est-il son ami?) et il reformule l'argument d'Hadrien (« si on coupe une veine d'une jambe... »), en s'adressant directement à Julien (« si tu prends »). Il emploie pour cela un nouvel élément analogique (« la route »), qui peut être considéré comme un prolongement de l'analogie du « facteur », énoncée auparavant par Julien, en la panachant de termes concernant l'objet biologique dont on parle (*le sang*). Ce panachage peut être interprété comme indifférenciation synchrétique des registres, ou au contraire comme signe de connivence : on s'assure que l'on est bien d'accord sur le fait que le « facteur » et la « route » n'appartiennent qu'à une analogie et qu'il est bien ici question d'autre chose. Cela ferait alors partie du partage des significations. Toujours est-il qu'à la suite de cette intervention, Julien semble changer d'avis : sans doute a-t-elle été décisive pour lui. Le pont a été jeté pour lui, puisque son langage a été intégré, mais dans la formulation d'un autre, qui proposait une idée alternative à la sienne. Julien est alors en mesure de la recevoir, bien que cela ne soit pas facile pour lui. Dans ce contexte de controverse en effet, des éléments affectifs interfèrent aussi et l'intervention d'un médiateur s'avère importante à cet égard.

une nouvelle analogie...

...permet un partage des significations...

Dans la deuxième réplique de Yohan (192), le processus est presque inverse pourrait-on dire. De l'hétérogénéité de registre du 165, il passe à une homogénéisation. Il utilise la même analogie pour les deux modèles et ceci a une fonction cognitive très importante si l'on veut arriver à une représentation pertinente du problème. C'est à cette condition qu'une comparaison peut être explicitement opérée. Notons pourtant que le choix avait déjà été fait à ce moment par la plupart des élèves, l'argument de Hadrien suivi de la controverse et de la « reddition » de Julien ayant suffi à emporter la décision. Ce qu'apporte la réplique 192 de Yohan est plutôt de l'ordre de l'homogénéisation formelle permettant une reconstruction logique, même si le registre qu'il emploie reste celui de l'analogie. À travers cet ensemble d'échanges, les élèves intègrent des nécessités d'un système de distribution (ce système doit présenter des caractéristiques topologiques telles que chaque organe puisse être approvisionné en nutriments et gaz respiratoires, en fonction de ses besoins) et élaborent leur compréhension de l'organisme comme un tout.

... ainsi qu'une reconstruction logique

1.3. Une reconstruction de l'histoire de ce débat

Pour mieux comprendre la dynamique globale de ce débat, nous avons tenté d'en reconstituer l'histoire. La reconstruction à laquelle nous avons procédé dans le schéma synoptique qui suit, permet de se faire une idée de la

un schéma
structurel...

complémentarité entre les deux types d'interventions représentées par celle de Julien et d'Hadrien, et de leur rôle mutuel quant à leur émergence.

... pour rendre compte
de la dynamique
des échanges

Dans la présentation adoptée, nous avons noté chronologiquement en deux colonnes les interventions principales qui appuient, sans toujours le préciser explicitement, le choix du schéma « en dérivation » d'une part, et celles qui appuient le choix du schéma « en série ». Nous avons pour chacune d'entre elles indiqué si elle relevait plutôt du registre empirique ou du registre du modèle théorique ou analogique, sans que cette catégorisation soit toujours évidente. Nous le discuterons plus loin à propos de l'articulation entre ces deux types de registres. Nous avons noté aussi le caractère positif ou négatif de la proposition, référant plutôt à une construction d'objet ou à une exclusion. Nous avons également noté par un trait les liens entre les interventions, ce qui est une notation minimale, mais qui peut donner une idée des relations d'engendrement entre les énoncés. Les énoncés qui correspondent à l'introduction d'arguments nouveaux, qui ne semblent pas directement issus des tours de paroles précédents sont notés par un trait plus épais dans la partie supérieure de leur encadré.

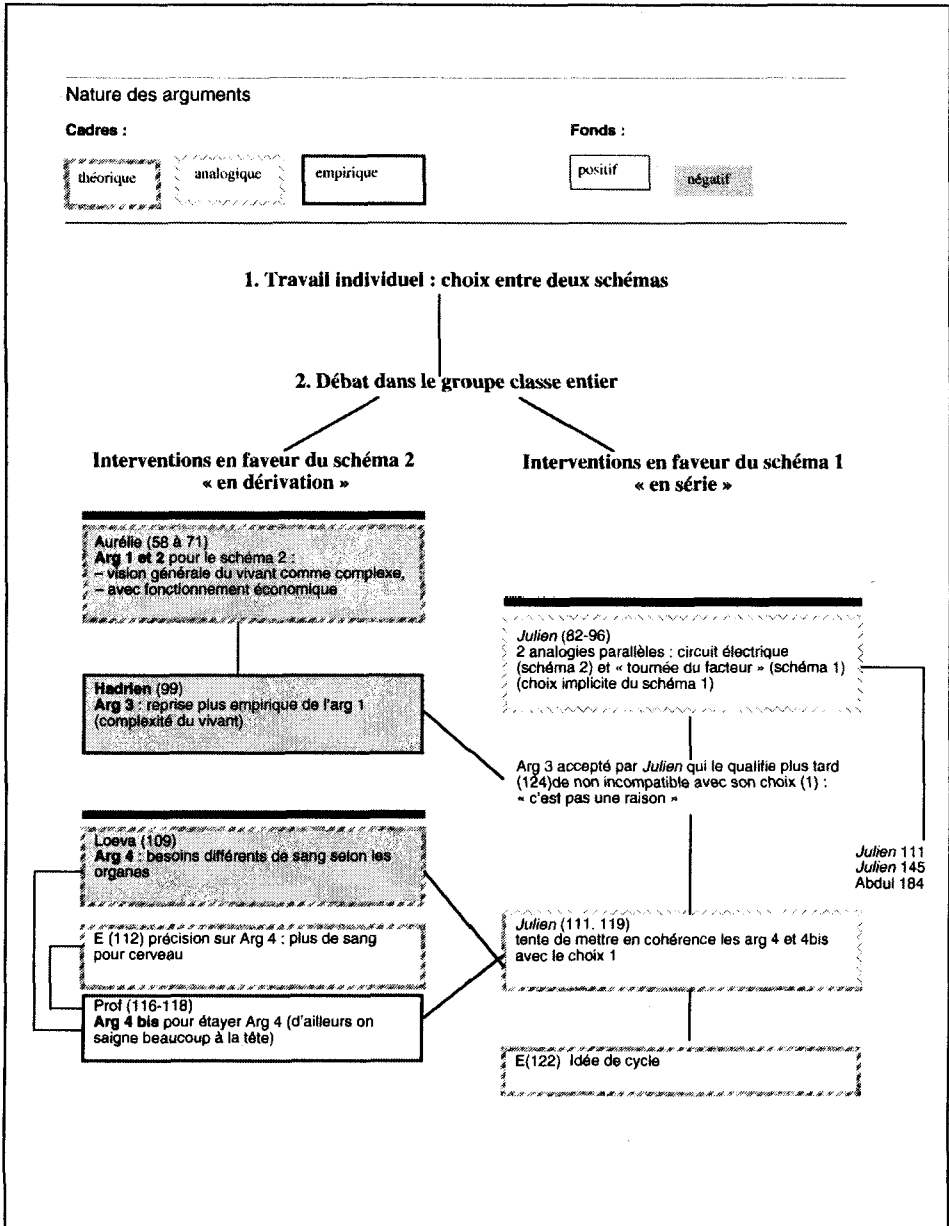
Globalement, sur cette reconstruction, on peut remarquer que du côté du modèle « en dérivation » qui sera finalement choisi comme fonctionnellement supérieur, les formulations sont majoritairement négatives. On peut observer aussi que la phase que nous avons notée comme de *controverse vive* (en vertu d'une certaine précipitation des échanges, de l'arrêt des adresses au professeur au profit d'échanges directs entre élèves, et de l'intérêt manifeste de l'ensemble de la classe) commence par une intervention négative qui est reprise par l'ensemble de la classe, ce qui semble aller dans le sens d'un rôle décisif de ce type d'argument.

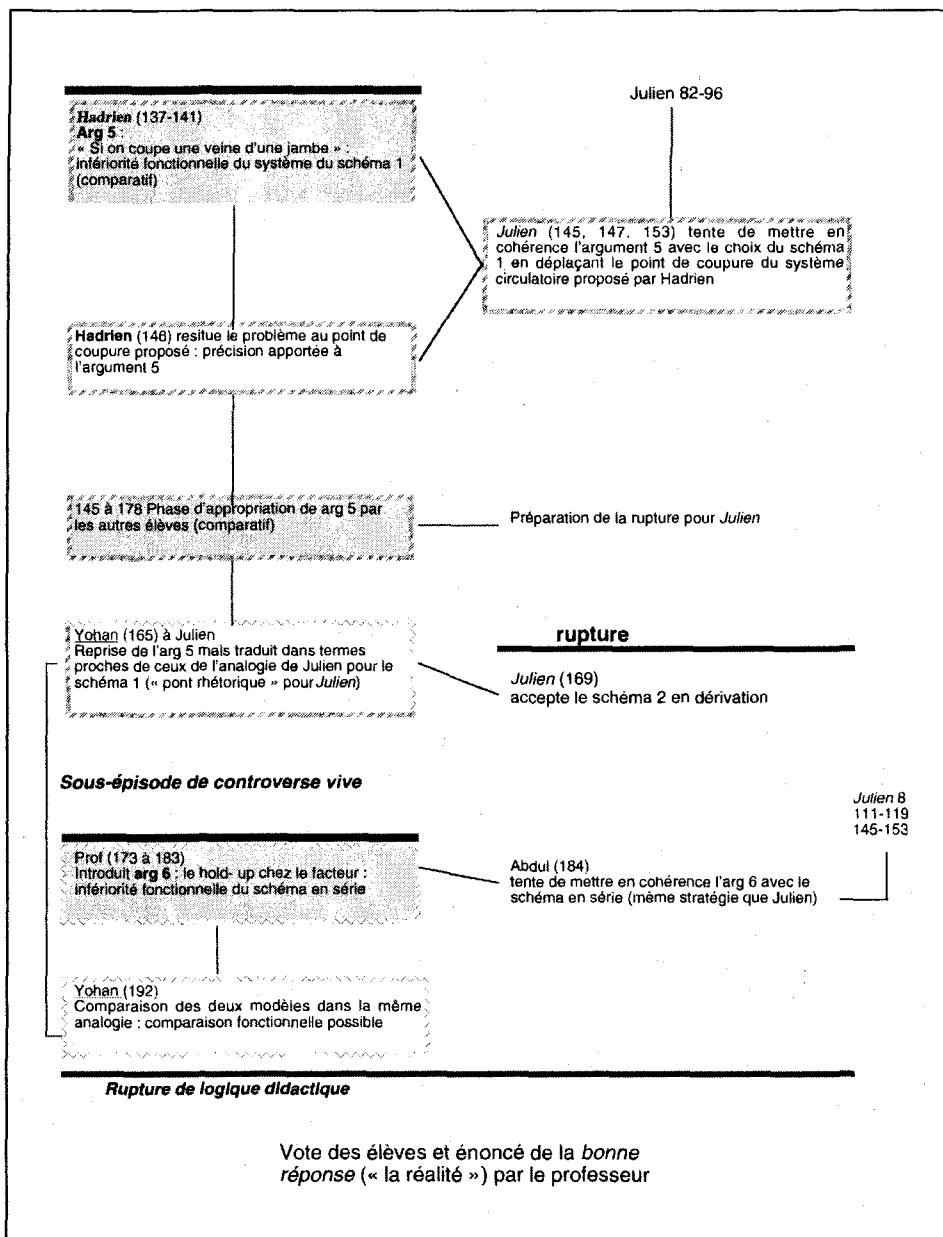
après la construction
et l'appropriation
de l'objet de
discussion...

Cette reconstruction permet de faire apparaître notamment qu'une première partie de la discussion, correspondant à la première page du tableau, a pour fonction principale la construction ou l'appropriation de l'objet dont on parle. On retrouve ici la fonction de schématisation de Grize (1982). Les propositions constructives de Julien s'articulent avec quelques arguments négatifs en faveur du schéma « en dérivation », qui ne sont toutefois à ce stade pas décisifs pour le choix, contrairement à celui qu'introduira ensuite Hadrien. Ils contribuent cependant à définir certaines nécessités du modèle (système complexe qui doit s'adapter aux besoins différents de chaque organe par exemple).

Une seconde partie correspond à la *controverse vive* qui met directement en jeu le choix et qui s'articule autour de l'argument fort d'exclusion de Hadrien (« *argument 5* » dans notre schéma) et qui se clôt par l'acceptation de cet argument par le principal tenant du choix du schéma « en série », Julien, grâce à l'intervention conciliatrice de Yohan. On pourrait dire

Figure 1. Schéma synoptique de l'argumentation développée dans un épisode en classe entière portant sur la circulation sanguine (classe de 5^e)





...le choix entre
deux propositions...

que cette controverse autour d'un argument d'exclusion n'a pu apparaître que lorsque l'objet était déjà suffisamment construit par la première phase, c'est-à-dire par les arguments du premier type. Dans ce sens, les deux types d'arguments jouent un rôle décisif dans leur genèse mutuelle. Une mise en cohérence du modèle incluant l'argument d'exclusion reste en effet à opérer et réclame à son tour des arguments constructifs du premier type.

La phase suivante peut être caractérisée comme cette sorte de finition de la construction du modèle, même s'il est encore bien limité (par exemple, le modèle en dérivation n'explique pas comment une coupure des vaisseaux, même sur une dérivation, ne conduirait pas à terme à la perte de tout le sang).

...et la clôture
par l'enseignante

Quant à la clôture proposée par l'enseignante, qui se situe dans une logique tout à fait différente (le vote pour l'un ou l'autre schéma), elle peut être rapportée à une préoccupation tout à fait autre, qui est celle de la gestion de la classe et du temps de la séance et non plus celle des idées. Il semble que ce ne soit pas entièrement le cas tout de même, puisqu'elle termine en proposant ce qui correspondrait à la « réalité », ce qui montre que pour elle, le statut de la discussion modélisante est tout à fait relatif, voire secondaire, par rapport à ce qu'on pourrait « voir » de la réalité. Dans cette clôture par un « vote », on pourrait aussi voir qu'il s'agit pour elle, plutôt que d'une argumentation heuristique « productive », d'un débat d'opinion.

1.4. Entre ouverture des possibles et exclusion : l'émergence du vraisemblable

les argumentations
des élèves
rejoignent-elles
celles des chercheurs?

Quels liens ces argumentations produites par des élèves en classe de science entretiennent-elles avec l'épistémologie (ou les épistémologies) des disciplines savantes correspondantes ? Si un lien positif peut être repéré, cela signifie que les élèves peuvent avoir un accès à certains aspects du processus de construction des connaissances scientifiques, et par là on peut l'espérer, une certaine compréhension de la spécificité de leur statut.

L'exploration des possibles et l'exclusion de l'impossible jouent un rôle central dans l'élaboration des connaissances scientifiques et détermine leur nature même. L'argumentation intervient en effet dans l'élaboration scientifique, notamment par sa fonction de réfutation, mais aussi par l'importance de la production langagière qui la sous-tend, délimitant les problèmes et rendant possible la discussion critique (Popper, 1991).

Nous retrouvons cela dans notre étude de cas, puisque les élèves, en situation de recherche d'un accord sur un choix entre deux modèles d'un phénomène, y ont formulé deux

types de propositions argumentatives, complémentaires et étroitement imbriquées :

argumenter pour
ouvrir le champ
des possibles

- Les unes, positives, qui construisent l'objet ou permettent d'ouvrir l'ensemble des possibles de la discussion. Ce type de proposition, nous l'avons vu, n'intervient pas directement sur le choix, mais permet de constituer l'objet sur lequel des raisonnements aboutissant à des décisions de plausibilité pourront porter. Il contribue à préciser les significations, les implications qu'elles pourraient avoir et prépare le terrain des secondes.

argumenter
pour décider
de l'impossible
ou du nécessaire

- Les autres, négatives, accompagnées d'un versant comparatif positif, comme c'était le cas pour celle d'Hadrien, qui interviennent à l'inverse directement dans les choix, dans les décisions sur l'impossible et le nécessaire. Elles procèdent par élimination, exclusion et conduisent à restreindre le champ d'investigation, en montrant l'impossibilité des thèses non adoptées.

une complémentarité
liée au problème
en jeu

Nous avons pu voir dans notre étude la complémentarité de ces deux types d'interventions et comment elles contribuent à leur émergence mutuelle. C'est peut-être là une des raisons de la fécondité des interactions verbales entre élèves. On retrouve ici, sous une forme légèrement différente, la distinction entre « *argumentations sur les possibles* » et « *argumentations de preuve* » faite récemment par Orange (2003). Il convient toutefois de ne pas perdre de vue que la complémentarité observée dans cet épisode est sans doute liée au type de problème en jeu, à savoir un problème de vraisemblance de modèles de fonctionnement. Il n'est pas évident qu'il en soit de même dans d'autres contextes.

Mais si le rôle important des raisonnements « négatifs » ou « par exclusion » est en partie attribuable au type de tâche proposé, on les retrouve néanmoins aussi dans les procédures expérimentales où on sépare des variables, souvent associés à une deuxième partie comparative du type « *tandis que...* [thèse alternative] », où les raisons de l'exclusion ne jouent pas. Ce type de raisonnement est évidemment à mettre en relation avec l'épistémologie poppérienne, par la place centrale qu'elle accorde à la réfutation et la réfutabilité en science.

l'exclusion
contribue
à la formation
de l'objet discuté...

L'exclusion intervient aussi avant que des « thèses » soient bien délimitées et puissent s'opposer explicitement, comme dans l'exemple que nous venons de voir. Elle contribue à former l'objet, en en dessinant les contours par ce qu'il ne peut pas être (exclusion des impossibilités), à la manière du sculpteur, plutôt qu'à celle du peintre. C'est en ce sens que Gohau (2000), s'appuyant sur Bacon, avance que la négativité ou l'exclusion participe de l'induction et de l'élaboration des hypothèses « *Bacon semble faire grand cas dans son induction, qui est pour lui la seule méthode sûre pour l'invention de la vérité, du rejet ou de l'exclusion, qui est le premier travail de l'induction vraie* ». C'est en ce sens un procédé

essentiel pour restreindre le champ du possible, qui intervient de façon fondamentale dans les processus heuristiques, avant même que les questions de validation passent au premier plan. Ce type de raisonnement contribue à déterminer le nécessaire, l'impossible autrement, à prendre en compte dans toute solution.

...en s'opposant
au raisonnement
par l'absurde
des mathématiques

Quoiqu'il en soit, il ne s'agit en aucun cas de « raisonnements par l'absurde » du type de ceux qu'on rencontre en mathématiques, parce que l'élimination de l'un des modèles n'assure pas la validité du choix de l'autre. En ce sens, si ce type de raisonnement a valeur de preuve, celle-ci ne concerne que l'impossible : « *Nos certitudes, dit Karl Popper, ne portent que sur ce qui est faux. [...] On peut prouver qu'une théorie est fautive – à partir du moment où elle s'engage sur des prédictions – mais jamais qu'elle est vraie. Les théories réputées vraies sont des conjectures. La science avance sur des conjectures qu'elle tente de réfuter.* » (B. Jarroson, 1992, p. 165). Le versant positif n'est jamais que provisoire et peut être remis en question.

Ce type de raisonnement intervient plutôt en termes de plausibilité supérieure de l'un des modèles. Pour l'exemple que nous venons d'examiner, on peut dire qu'à la suite de l'argument 5 d'Hadrien, le modèle « en dérivation » apparaît comme présentant une supériorité fonctionnelle par rapport au modèle « en série », et non pas qu'il répond à l'ensemble des nécessités et contraintes qu'un modèle de la circulation pourra être conduit à intégrer en sus.

les exclusions
s'appuient
sur plusieurs types
de faits

Cette question croise celle de la mise en relation entre les registres empirique et des modèles, dont l'importance épistémologique a été soulignée notamment par Martinand et Orange. En milieu scolaire comme dans la science qui se fait, les étayages des exclusions peuvent en effet être de différentes natures. Ils reposent, selon les cas, sur :

- des faits empiriques avérés (si la thèse défendue était plausible, il ne se passerait pas ceci, qui se passe en fait : les protocoles expérimentaux cherchent à construire de tels faits, mais les argumentations peuvent aussi utiliser des faits déjà connus),
- des faits pseudo-empiriques (ou virtuels, qui ne se passent pas ou absurdes),
- des impossibilités fonctionnelles sur le plan du modèle (si le système de distribution du sang était organisé de telle façon, tel organe ne pourrait pas être irrigué).

Car il ne faut pas négliger, comme le propose aussi Gohau, les différenciations dans la production scientifique entre réfutations expérimentales empiriques, et raisonnements d'exclusion reposant sur la logique des modèles, qui jouent des rôles complémentaires, mais dont l'importance relative est plus ou moins valorisée selon qu'on se réfère à une épistémologie plus empiriste ou rationaliste.

1.5. La mise en relation argumentative des registres empirique et du modèle

Comment se réalise la mise en relation argumentative des registres empirique et des modèles, dans l'épisode analysé? Nous avons pu constater que les élèves ne font que rarement appel à des propositions d'ordre empirique pour justifier de la plausibilité de leur choix au niveau du modèle. Toutefois, cette affirmation est à nuancer : il n'est pas toujours facile de décider du registre auquel réfère une intervention donnée. Différentes interprétations peuvent souvent être données d'un énoncé isolé. Un même terme par exemple *le sang* peut référer à une entité dont on peut avoir l'expérience concrète, lorsqu'on parle de « saigner » par exemple, ou bien à une entité abstraite fonctionnelle (vecteur de la distribution des gaz respiratoires et des nutriments) qui relève dans ce cas plutôt d'un modèle. C'est le contexte qui permet d'en décider, mais ce n'est pas toujours possible. Le terme lui-même peut être considéré comme une sorte de pont entre les différents registres. L'énoncé 139 (« *argument 5* ») d'Hadrien, que nous avons codé dans le schéma synoptique comme relevant plutôt du registre du modèle, pose en réalité un problème d'interprétation. Il est possible en effet qu'il repose sur un sous-entendu d'ordre empirique du type : « *nous savons bien qu'il arrive qu'on se blesse à une jambe, et cela n'empêche pas l'autre de fonctionner* », auquel cas l'énoncé ne serait pas à rattacher uniquement au registre du modèle, mais à la mise en relation des deux registres. Mais il se peut aussi qu'il se situe dans une logique purement théorique, avec un sous-entendu du type « *le système ne pourrait pas fonctionner de cette façon-là* ». Dans cet exemple, nous ne pouvons pas en décider.

décider du registre d'une intervention est souvent difficile

rarement empiriques, les registres dépendent...

...de la nature du problème et des tâches...

...mais surtout du registre qui est proposé dans la consigne

Cette précaution prise, les interprétations que nous avons pu faire des propos des élèves pour ce débat nous conduisent à affirmer que peu d'arguments d'ordre empirique émergent. Cela peut être attribué en bonne partie à la nature de la tâche proposée et plus particulièrement à la façon dont la consigne l'a formulée. Selon les types de problèmes et de tâches en effet, les registres empirique et modélisant, ainsi que leur mise en relation ne sont pas également sollicités. Ici, la consigne a été présentée en termes de plus ou moins grande vraisemblance d'un modèle par rapport à un autre et n'a fait aucune référence directe au domaine empirique. Or, la tâche pouvait consister, *a priori*, en la production d'arguments procédant à des mises en relation aussi bien internes au registre des modèles, qu'entre le registre des modèles et le registre empirique. Alors que les phases antérieures de la séquence avaient en effet mobilisé l'ensemble des connaissances acquises sur la nutrition et la respiration au cours de l'année, en intégrant bien évidemment des aspects empiriques, les arguments des élèves se cantonnent en majorité dans le registre qui leur est explicitement proposé (voir aussi à ce sujet Fillon, 1993).

Dans nos autres corpus, nous avons pu constater que les élèves ont bien tendance, à quelques exceptions près, à se maintenir dans le registre de la consigne, lorsque celui-ci est homogène. Dans le cas présent, nous avons pu noter toutefois que deux registres modélisants différents apparaissent et s'entrecroisent dans les formulations qu'ils proposent : celui des modèles analogiques, et celui d'un modèle théorique systémique. Nous avons vu comment certaines formulations combinent ces deux registres, tentant par là de jeter des ponts pour la compréhension.

la valorisation
d'un autre registre
par l'enseignante
peut être sans effet

La position de l'enseignante est intéressante à considérer, du point de vue des mises en relation entre registres. Malgré la formulation de la consigne, ou peut-être pour la moduler, elle exprime à plusieurs reprises l'importance qu'elle accorde aux arguments d'ordre empirique, pour justifier le modèle discuté. En disant : « *lorsqu'on se blesse à la tête, on saigne terriblement* ». Elle justifie que les besoins en sang du cerveau sont importants, lorsque les élèves s'interrogent sur les différences entre organes à cet égard. Une telle proposition s'inscrit dans un processus de construction d'un modèle prenant en compte l'ensemble des contraintes connues, qu'elles soient empiriques ou théoriques. Elle contribue à éviter que l'activité prenne une allure trop formelle. Mais comment interpréter la proposition « *à vrai dire, il faudra vérifier après dissection* », qu'elle introduit en cours de discussion pour relativiser les propositions des uns et des autres ? Ne peut-on y voir une dévalorisation de l'activité argumentative, comme si la réponse définitive devait en fin de compte être donnée directement par l'observation ? L'issue est-elle pour elle nécessairement empirique ?

la mise en relation
entre les registres
qui est demandée
dans la consigne...

En revanche, dans une séquence sur les modèles particulières en chimie, où la consigne était de mettre en relation un « germe de modèle » avec des aspects phénoménologiques (des caractéristiques des différents états de la matière) dans le but d'enrichir le modèle initial, les élèves effectivement créent une articulation entre les deux registres. Alors qu'ils ont défini auparavant des caractéristiques du modèle permettant d'expliquer la limite de compressibilité des gaz (« *les particules se rapprochent au point d'être collées* ») mais pas celle de leur expansibilité (rien n'empêche les particules de s'écarter davantage), « *Oui mais pourquoi au bout d'un moment on ne peut plus tirer sur le piston ?* » s'interroge par exemple Imène à propos d'une seringue contenant de l'air. La consigne leur demandant explicitement cette mise en relation, nous constatons qu'ils s'en montrent ici capables. Ce qui ne veut pas dire que ce type de mise en correspondance soit spontané chez eux. Le fait de discuter les caractéristiques d'un modèle trouble *a priori* les élèves pour lesquels le statut épistémologique des modèles est loin d'être construit. Cela est d'ailleurs directement relié à la conception du rôle de la discussion dans l'élaboration des savoirs scientifiques.

...crée un nouveau
questionnement

2. PRISE DE CONSCIENCE ET RÉDUCTION DES AMBIGUÏTÉS : UNE FONCTION ESSENTIELLE DE L'ARGUMENTATION

les ambiguïtés
et implicites
des énoncés
d'élèves...

Les formulations des élèves dans leurs échanges oraux présentent à peu près toujours une part considérable d'implicite, ou d'ambiguïtés. Les énoncés sont rarement « complets » d'un point de vue syntaxique, une fluctuation importante intervient relativement au sens des termes employés, les raisonnements n'apparaissent dans leur globalité qu'exceptionnellement. C'est une caractéristique des échanges oraux (Kerbrat-Orecchioni, 1998). Le contexte n'éclaire que partiellement sur l'interprétation à donner à certains énoncés. Comme le souligne Grize (1996, pp. 70-72), dans le processus de *schématisation*, c'est-à-dire de production d'une représentation discursive dans une situation d'interlocution, les interprétations des différents partenaires ne sont pas nécessairement les mêmes. Les ambiguïtés et implicites de la parole sont en partie attribuables à l'inutilité de l'explicitation d'éléments partagés. Mais, très souvent l'évidence est trompeuse et les distorsions entre locuteurs quant à la signification accordée aux zones d'ombre suscite des incompréhensions, quiproquos, malentendus.

...peuvent être réduits
par des échanges
argumentatifs

Une des fonctions des échanges argumentatifs entre élèves pourrait être justement, d'après de nombreux exemples dans nos corpus, de réduire cette part d'implicite. La façon dont Toulmin (1993) introduit les concepts de *garantie* et de *fondement* (2) dans le chapitre sur les « agencements des arguments » en faisant appel à un interlocuteur imaginaire qui obligerait à cette explicitation relève de cette logique : « *Si cette idée se voit contestée, nous devons être à même de l'établir, c'est-à-dire de la justifier, et de montrer qu'elle était justifiable* » (p. 119). Selon cette thèse, l'incompréhension première entre locuteurs, sous certaines conditions bien sûr, peut être porteuse de progrès; c'est elle qui pousse à expliciter, à compléter des articulations manquantes dans la pensée, à préciser les significations, dans un processus qui pourrait intervenir de façon centrale dans la conceptualisation.

(2) Pour Toulmin, une *garantie* est une règle ou proposition d'ordre général, implicite dans un premier temps, dont la fonction est d'asseoir le passage d'une *donnée* à une *conclusion*, selon un procédé ressemblant à un syllogisme; les *garanties* sont elles-mêmes légitimées par des *fondements* qui ne sont explicités que lorsque les *garanties* sont contestées.

2.1. Fausses évidences dans un problème biologique

sources
d'incompréhension,
des termes
familiers...

On peut repérer un premier cas d'incompréhension, lié aux fluctuations de sens de termes très familiers, mais qui, introduits dans une dynamique argumentative, sont interprétés différemment et suscitent des raisonnements et prévisions différents, que les élèves ont du mal à cerner. C'est le cas du sens attribué aux termes « *fermé* » et « *ouvert* » dans une discussion entre élèves sur la circulation sanguine, dans la première partie de la séquence que nous avons vue précédemment, mais dans une autre classe. Les élèves sont confrontés à un paradoxe : ils ont à explorer la compatibilité entre l'affirmation selon laquelle « *le système circulatoire est un système clos* » (selon les termes du programme notamment) et ce qu'ils ont appris auparavant (ce système est en partie « *ouvert* », pour des raisons fonctionnelles, pour permettre la distribution de nutriments et de gaz respiratoires).

...tels que
« ouvert » et « fermé »...

Les échanges entre élèves sur cette question révèlent une importante fluctuation de significations accordées aux mots « *ouvert* » et « *fermé* », source d'incompréhension entre eux. Nous avons pu repérer trois sens différents du couple « *fermé/ouvert* » :

- Le premier sens pourrait référer à l'opposition « obstruction du conduit/passage libre » dans des formulations du type : « *le système est ouvert, car ça circule* » (Imène, 14).
- Le second sens pourrait référer à « étanchéité/porosité de la paroi » : c'est ce sens qui est en jeu lorsqu'on parle de « *système ouvert* », pour permettre le passage des nutriments ou des gaz respiratoires des vaisseaux sanguins aux organes (nous ne le trouvons dans notre transcription que de façon indirecte).
- Le troisième réfère à l'idée de « boucle fermée » ou « circuit » par opposition à un système d'épandage : c'est le sens qui a suscité des controverses dans l'histoire des connaissances sur le système circulatoire (Canguilhem, 1980, pp. 19-20) et qui est à l'origine de l'expression « *système clos* ». Nous le trouvons dans des formulations du type : « *le sang il fait ça, en fait!* » (Lamia, 59, montrant une forme circulaire sur un schéma sur sa feuille, avec ce recours nécessaire à un système sémiotique spatial pour démêler les incompréhensions).

...dont le sens n'est
pas univoque...

Notons que l'établissement de ces distinctions n'a pas été évident pour nous non plus, et qu'il nous a fallu pour cela nous aider de schémas, car les ambiguïtés sont difficiles à lever avec le recours à un langage verbal exclusivement. L'appui sur un autre système sémiotique s'avère dans ce cas déterminant.

Ces ambiguïtés donnent lieu chez les élèves à des controverses sur de faux désaccords, comme on peut le voir dans le passage suivant :

58. Lamia : *Regarde [montre schéma?] il passe dans les organes*
59. Imène : *Eh ben, il est ouvert!*
60. Lamia : *Mais non, il est clos! le sang il fait ça en fait [montre à ses camarades le dessin sur sa feuille], il est clos. En plus, on l'avait noté! j'me rappelle, j'm'rappelle de/*
61. Imène : *Bon, d'accord! il est clos, maintenant, car*
62. Lamia : *Le système circulatoire est un système*
63. Imène : *...latoire est clos car*
64. Lamia : *Car*
65. Nacer : *Système, ben, c'que t'as dit! la circulation du sang est*
66. Lamia : *Ben oui! le sang...*
67. Imène : *Le sang fait une boucle*
68. Nacer : *XXXX*
69. Imène : *Ca fait une boucle, quoi!*

...provoquent
des controverses

Entre la réplique 59 et 67-69, Imène change le sens qu'elle attribue à « clos » (terme donné dans la consigne comme synonyme de « fermé »). Ceci fait suite à une fausse controverse avec Lamia. La réplique 59 en effet « *eh ben il est ouvert* » n'est en fait pas contradictoire avec « *mais non il est clos* » de la réplique 60 qui la suit immédiatement : le premier « *ouvert* » réfère au premier sens du couple fermé/ouvert (ouvert = passage libre), alors que le second « *clos* » réfère au troisième sens (clos = forme une boucle). Imène se rallie ici à la proposition de Lamia, sans que l'ambiguïté soit explicitée.

2.2. Levée d'une ambiguïté sur la nature du problème à traiter, en électricité

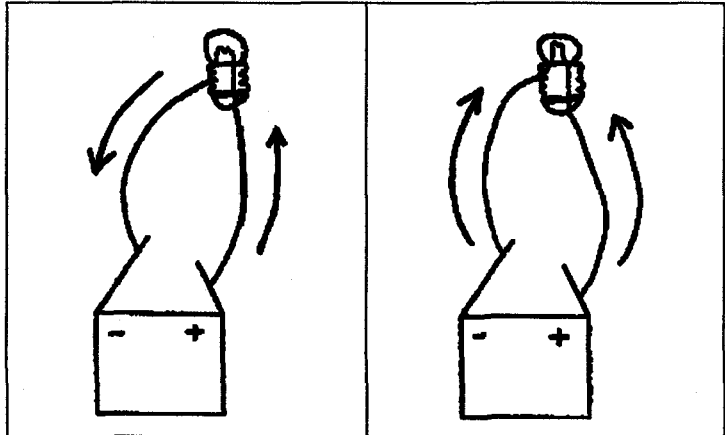
une ambiguïté
graphique...

La discussion argumentative peut à certaines conditions, jouer un rôle dans la levée des ambiguïtés ou de malentendus. Nous le verrons dans une séquence de physique portant sur l'électricité. La tâche, dans cet épisode est apparentée à celle que nous avons vue sur la circulation sanguine. Il s'agit de se mettre d'accord sur le choix entre deux schémas de circuit électrique comprenant une pile et une ampoule, sur lesquels figurent différemment des flèches pour symboliser le sens du passage du courant : le premier schéma (schéma 3) propose des flèches orientées de la borne positive à la borne négative de la pile en passant par l'ampoule; le second (schéma 4) propose des flèches convergentes partant des deux bornes de la pile vers l'ampoule, figurant ce qui a été maintes fois repéré dans les travaux de didactique sous le nom de « courants antagoniques » dans les représentations initiales des élèves sur l'électricité.

L'intention de départ était de susciter la confrontation de telles conceptions, mais, dans cet épisode qui met en présence quatre élèves, c'est autre chose qui se joue. La discussion sur les « courants antagoniques » est en effet

Schémas 3 et 4. Circulation du courant électrique

...engendre une ambiguïté sur la nature du problème à traiter

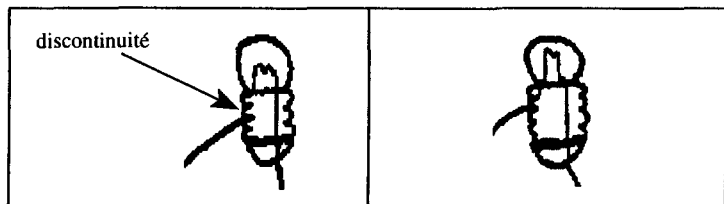


cette ambiguïté graphique...

relativement peu abordée. Personne ne soutient ce point de vue. Les élèves qui avaient choisi le schéma 4 correspondant à cette conception l'avaient en fait choisi pour une autre raison et changent assez facilement d'avis sur leur choix. Elles se centrent de façon inattendue sur un détail sans signification pour l'enseignante, une petite discontinuité involontaire dans le trait de l'un des deux schémas (sur le schéma 3, entre la paroi du culot et le filament interne à l'ampoule), qu'elles interprètent comme une discontinuité du circuit et qui leur fait dans un premier temps éliminer le schéma correspondant.

Schéma 5. Détails des schémas 3 et 4

...correspondant à une discontinuité dans un circuit...



Ce qui nous intéresse ici, c'est que la différence entre les deux schémas perçue par ces élèves ne se situe pas au niveau des flèches figurant les « courants » (ce que l'enseignante attendait comme support de la discussion) mais au niveau de la continuité du trait. Il y a tout d'abord une incompréhension entre les élèves sur les raisons de leurs choix respectifs. C'est l'explicitation, rendue nécessaire par la consigne de se mettre d'accord et le désir de convaincre l'autre, qui permet de se

rendre compte, et pour les élèves, et pour l'enseignante, de ce malentendu.

...mais aussi à un savoir antérieur des élèves...

Le malentendu en jeu ici n'est pas si anodin qu'il peut en avoir l'air, car la continuité d'un circuit fait bien partie intégrante du concept de circuit électrique. Sans cette continuité, il n'y a pas de courant et la lampe ne brille pas. C'est ce qu'elles ont appris préalablement et qui correspond au principe de l'interrupteur. Pour elles, c'est le problème qui est ici posé, ce qu'elles explicitent petit à petit, jusqu'à ce que la discussion les conduise à se demander si l'introduction de cette discontinuité par l'enseignante est volontaire ou non :

- | | | |
|-----|------------|---|
| 40. | Imène : | <i>Ah! mais ils ne l'ont pas dessiné! C'est pas important.</i> |
| 41. | Ilham : | <i>Non, mais non, mais non, mais c'est le plus important; c'est normal qu'on le dessine, c'est le plus important.</i> |
| 42. | Aïssatou : | <i>Les deux [inaudible] bon, il n'y a pas [inaudible]</i> |
| 43. | Ilham : | <i>Si elle a oublié de faire un truc, ça marche pas; elle est où?</i> |

Question qui est résolue par le recours direct à cette dernière :

- | | | |
|-----|--------------|--|
| 56. | Imène : | <i>Madame, [elle interpelle le professeur qui approche] Madame, Madame, vous avez oublié une tige là [elle montre le schéma 2 de sa feuille] une tige là</i> |
| 57. | Ilham : | <i>C'est fait exprès?</i> |
| 58. | Imène : | <i>Y a la tige ou y a ... ou c'est fait exprès?</i> |
| 59. | Professeur : | <i>La tige, oui, non, la tige, euh, c'est que c'est mal ... elle vient jusqu'au culot.</i> |
| 60. | Aïssatou : | <i>Eh bien alors! [elle est manifestement contente et nargue Imène]</i> |
| 61. | Professeur : | <i>La tige ... C'est vrai que je ne l'ai pas bien dessinée</i> |

...est levée par la discussion

Toutefois, parallèlement à cette discussion sur la discontinuité du circuit, la question des courants antagoniques est aussi abordée dans un raisonnement *par l'absurde* (« il y aurait un court circuit », « la lampe va griller »), ce qui fait éliminer l'hypothèse et le schéma correspondant. Aussi, lorsque nous avons tenté de découper des épisodes de discussion, nous avons pu repérer un enchevêtrement des thèmes qui alternent, sont abandonnés un moment pour être repris par la suite, en raison de cette incompréhension. Ainsi plusieurs épisodes sur la pertinence de la prise en compte de la discontinuité du circuit forment un tout qui se tient, qui s'intercale entre différentes interventions sur le choix d'arguments visant à éliminer le schéma en « courants antagoniques » qui se tiennent de leur côté. Tout cela comme si la pertinence de cette autre discussion dépendait de la solution à la première, jusqu'à la clôture de cette question par l'enseignante.

la discussion fournit
une information
pertinente
au professeur

Le processus que nous avons repéré là nous a semblé intéressant quant à une fonction inattendue de l'argumentation proposée aux élèves : lever un malentendu sur la nature du problème qui leur était posé, lié sans doute au niveau de construction conceptuelle des élèves et à leurs préoccupations. Sans cet épisode argumentatif, les élèves auraient donné des réponses inadéquates pour des raisons qui auraient entièrement échappé à l'enseignante. La dimension argumentative du discours est ici importante. Sans l'intention de convaincre l'autre, elle-même liée à la consigne de se mettre d'accord, cette explicitation ne se serait sans doute pas faite.

2.3. Précision progressive du lexique et construction conceptuelle en électricité

Nous venons de voir comment certaines ambiguïtés ou malentendus peuvent être explicités ou levés dans les échanges verbaux argumentatifs à visée heuristique. Nous verrons maintenant comment ceux-ci peuvent jouer dans la conceptualisation par la précision du lexique qu'ils induisent progressivement.

par levée
progressive
des ambiguïtés
sur les termes...

Dans le débat en petits groupes sur l'électricité déjà cité, les échanges entre les élèves ont permis, par la nécessité ressentie de devoir préciser leurs énoncés successifs, d'avancer dans la distinction de deux concepts (ceux de *circuit* et de *courant*) tout d'abord confondus. L'argumentation intervient ici dans la levée progressive des ambiguïtés, car elle conduit les élèves à préciser progressivement le sens des termes qu'ils emploient parce qu'il y a une nécessité, introduite dans la tâche, de se mettre d'accord sur un choix commun. Cette évolution doit se comprendre aussi en référence au fait que les élèves avaient à produire un écrit à présenter à la classe à l'issue de ce débat. Les exigences de l'écrit interviennent simultanément sur ce processus. L'ébauche, dans l'activité argumentative, de raisonnements énoncés en termes flous, non stabilisés peut conduire, comme dans ce cas, à une rétroaction sur un emploi plus univoque des termes qui les composent et à une élaboration des concepts correspondants. Certains raisonnements peuvent être logiquement corrects alors que les termes dans lesquels ils sont exprimés sont flous ou correspondent à des significations différentes pour les différents partenaires ou encore, pour reprendre le langage de Toulmin, certaines « garanties » peuvent être exprimées en termes vagues, comme dans l'expression « *ça doit tourner* », « *ça doit faire une boucle* ».

... argumenter
aide à
l'élaboration
conceptuelle

Dans le cas de cette séquence, on peut même dire que ce qui semble se jouer, de façon centrale, est plutôt ce mouvement de précision – délimitation que les raisons du choix entre « courants antagonistes » ou « circulant en boucle », comme prévu *a priori* par l'enseignante.

une distinction progressive entre objets matériels et concepts...

D'un point de vue épistémologique, il est intéressant de suivre ces hésitations, reformulations et retours en arrière. Quelque chose de l'ordre du passage de considérations sur les objets matériels à l'ordre de la modélisation se joue ici en effet, dans la difficulté que les élèves ont à opérer ces distinctions. Des signifiants linguistiques comme « ça », désignant un tout indifférencié, à « fil », désignant un objet matériel susceptible de manipulation, puis à « courant », désignant un phénomène inaccessible directement à l'expérience sensible, ce qui se négocie-là touche la relation entre le monde empirique et la façon dont il est possible de le penser et le modéliser. Certains termes comme « circuit », désignant une forme abstraite, un concept topologique correspondant à un agencement des objets matériels en jeu ou « flèches », désignant une représentation graphique d'un aspect du phénomène (le sens du courant), s'intercalent pour penser l'articulation de ces plans.

...peut être observée dans les discours

Nous avons tenté de suivre le jeu des substitutions successives entre les signifiants « ça » [montel], « il », « le circuit » [montel], « les flèches » [montent], « le courant », qui se fait progressivement, aussi bien dans le travail en petits groupes que dans la phase de mise en commun avec l'enseignante, venant juste ensuite. On suit ici ce que Grize appelle des *opérations d'ancrage* qui consistent à choisir, à partir d'une *notion primitive* un (des) mot(s) qui en délimite(nt) le sens, en attachant à l'objet ainsi défini un *faisceau d'aspects* et en en excluant d'autres.

Comme le dit Grize (1996, p. 86) « le résultat de l'application d'une opération « a » (l'opération sus-dite) ou « h » (opération d'ancrage consistant à coupler un objet ainsi précisé et un prédicat ou verbe) n'est pas nécessairement le même pour le locuteur et le destinataire. On peut même dire que sitôt qu'il ne s'agit pas d'un concept (terme que Grize prend dans un sens très restrictif), l'activité globale discursive est nécessaire pour assurer un accord suffisant entre interlocuteurs. » On est ici dans ce que Grize appelle une négociation de l'objet du signe. Il nous a semblé intéressant à cet égard d'examiner comment les couplages entre objets (il, circuit, courant...) et prédicats (monte, tourne...) influent sur la délimitation de l'objet et sa définition.

en associant les sujets aux syntagmes verbaux...

Nous avons donc procédé de la façon suivante : dans la transcription de cette phase de travail en petit groupe, nous avons systématiquement relevé les groupes sujets qui référaient au même « objet », au départ indifférencié. Nous avons placé en vis-à-vis les syntagmes verbaux associés, correspondant aux prédicats, pour tenter de saisir comment les opérations de « couplage », pour reprendre le terme de Grize, entre sujet syntaxique et verbe pouvaient éventuellement rétroagir sur la délimitation du sujet. Cela nous a conduits à construire une série de tableaux comme celui de la figure 2.

Figure 2. Couplage entre sujets et syntagmes verbaux (« couples prédicatifs ») dans la discussion sur les courants antagonistes (groupe de quatre élèves de 5^e)

Élève	Sujets	Syntagmes verbaux
1. Imène	2 circuits Il Il	Part en boucle Peut pas partir tout droit
2. Aïssatou	Le circuit Il	Partait tout droit Part tout droit
3. Imène	Les flèches, elles Les flèches, elles Le circuit	Partent tout droit Font le tour Doit partir en boucle
4. Aïssatou		En boucle
6. Aïssatou	Il	Part en boucle, en rond
23. Imène	Il Ça Ils Il Il	Ne peut pas partir tout droit Arrivera Se rencontreront Va se rencontrer
24. Aïssatou	Les deux, ils	Part du pôle moins Partent du pôle moins
31. Prof	Ça	Ne passerait pas
35. Imène	La partie en boucle, ça Ça Ça	Doit pas partir Va arriver au milieu Va
36. Ilham	Les deux, ils	Partent du pôle moins
37. Imène	Ça Ça Ça	Part du pôle positif Revient Part du pôle moins
39. Aïssatou	La tige, elle	est là

Figure 3. Évolution des termes désignant les « objets » dans la discussion

	1 à 47	48 à 87	107 à 147	148 à 251
Sujets pronominaux : « <i>ça, il, ...</i> » (« objets » flous)	22	20	5	7
Sujets lexicaux : « <i>circuit, courant...</i> » (« objets » précisés)	8	9	15	20

... en différenciant
les sujets
pronominaux des
sujets lexicaux...

L'analyse dans un premier temps ne porte que sur l'évolution des groupes sujets. Nous pouvons voir l'évolution des termes employés dans le tableau de la figure 3. Nous y avons différencié les « sujets pronominaux » (formulations du type « ça, il... ») ne donnant pas de précision sur l'objet désigné, des « sujets lexicaux », qui, au contraire en donnent. Nous faisons simplement figurer dans chaque colonne le nombre de sujets « pronominaux » ou « lexicaux » figurant sur chaque page de transcription. Nous avons l'évolution suivante jusqu'au tour de parole 251.

...il apparaît que
ces derniers
augmentent
au cours du débat

Nous constatons que le nombre de « sujets lexicaux » augmente régulièrement, alors que le nombre de « sujets pronominaux », flous, diminue aussi régulièrement. Mais il ne faut pas se leurrer. Cela ne signifie pas que la différenciation entre les termes soit correcte. Tout au plus cela signifie qu'une intention de différenciation apparaît, puisque ces sujets lexicaux ne sont pas toujours les mêmes. Au départ, « *circuit* », « *courant* » et « *flèches* » sont employés presque indifféremment et sont équivalents aux gestes de la main qui les appuient. L'obligation de fournir un document écrit pousse les élèves à les produire. Mais c'est leur relation avec les syntagmes verbaux qui les conduit à les différencier entre eux. Ainsi, dans le passage suivant, on peut repérer un moment où Priscilla saisit un couplage non pertinent, pour proposer un couplage correct entre sujet et syntagme verbal :

Extrait 5.

112. Imène :	<i>Alors on va écrire que... que c'est le schéma numéro 1 car... c'est le schéma... car le circuit va, doit, doit tourner en rond...</i>
113. Priscilla :	<i>Doit faire une boucle...</i>
114. Ilham :	<i>Non, on va pas mettre ça</i>
115. Aïssatou :	<i>Je te jure si tu me demandes ça [inaudible][elle s'adresse à Ilham]</i>
116. Priscilla :	<i>[inaudible] ...dans toute la boucle</i>
117. Imène :	<i>Le courant doit passer en... [elle regarde Priscilla] boucle dans toute la boucle [elle écrit tout en parlant]. Le circuit doit...</i>
118. Aïssatou :	<i>Le circuit doit...</i>
119. Imène :	<i>...doit passer dans toute la boucle</i>
120. Priscilla :	<i>C'est pas plutôt le courant ?</i>
121. Aïssatou :	<i>Attends, après on va rectifier</i>
122. Ilham :	<i>On va...</i>
123. Imène :	<i>Les fautes, on va...</i>
124. Priscilla :	<i>Plutôt que le circuit...</i>

On voit bien ici, comment Priscilla (120, 124) repère que ce n'est pas le « *circuit* », mais le « *courant* » qui est susceptible de « *passer dans toute la boucle* » (117, 119). Si l'on se réfère toujours ici à la théorie de Grize, on est dans un processus de changement de « jeu de langage » (1996, pp. 47-48), dans un

cette évolution
permet
l'émergence
progressive
de concepts

effort pour passer du premier type de jeu (celui du flou de l'usage le plus banal et le plus quotidien de la langue) au deuxième type de jeu (relatif aux usages scientifiques et techniques de la langue) et qui s'en distingue « *par leur volonté de préciser à l'aide de définitions exactes l'emploi de certaines notions, [...], ces définitions tendent à transformer la notion en concept. Elles ne font cependant que d'y tendre*, précise bien celui-ci, car pour lui en effet, le « *concept* » renvoie aux langages formels univoques, dont les significations sont indépendantes des sujets et qui n'existent réellement que dans le domaine mathématique. On n'en est pas là évidemment, mais on est dans un processus de négociation du sens, mettant en jeu les distinctions conceptuelles essentielles.

Le travail pourra être poursuivi pour saisir de façon plus systématique l'évolution des syntagmes verbaux et leur relation avec les opérations d'objet. Mais d'ores et déjà, on peut avoir une idée de la façon dont l'interaction verbale entre élèves, liée à une interaction entre l'oral et l'écrit, intervient dans cette différenciation, elle-même impliquée dans une différenciation conceptuelle.

3. DISCUSSION

quel est l'impact
des interactions
langagières sur
les apprentissages ?

Nous avons pu repérer, dans nos exemples, certains apports positifs d'interactions orales argumentatives d'élèves dans leurs acquisitions scientifiques. Il convient toutefois de rester très prudent quant aux généralisations éventuelles, étant donné que selon les domaines et la nature des tâches, les types d'arguments invoqués sont très différents. Par ailleurs, l'instauration d'activités argumentatives n'est pas évidente et, lorsqu'elle l'est, elle présente un certain nombre de limites. C'est plutôt en termes de conditions que différents auteurs posent le problème de l'impact des interactions entre élèves. Dès 1984, Meirieu propose une interrogation critique sur l'effet des pratiques de travail en groupe sur les apprentissages, et de nombreux auteurs s'interrogent sur les limites et conditions des apports cognitifs des interactions entre pairs (Baudrit 1997). L'engagement cognitif effectif des élèves est loin d'être toujours évident. Selon leur position dans le groupe ou par rapport à l'enseignant, il peut s'avérer très inégal. Les doubles discours ou dialogues de sourds sont fréquents aussi (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998). De plus, la construction et la gestion de telles situations par les enseignants est souvent délicate.

3.1. Une condition préalable : une activité argumentative effective des élèves

Les épisodes que nous avons choisis d'analyser dans les séquences sur la circulation sanguine et sur l'électricité l'ont

été en raison de leur caractère argumentatif, de façon bien caractérisée : les élèves s'y s'engagent effectivement dans des idées qu'ils défendent auprès de leurs camarades, en cherchant à les justifier. C'est loin d'être toujours le cas, même lorsque les enseignants se proposent d'instaurer de tels processus, comme c'était le cas pour les séquences réalisées dans le cadre de cette recherche. La tâche en elle-même peut être plus ou moins porteuse de problème. Dans certains cas, le dispositif favorise les oppositions de points de vues à réduire : groupes constitués d'élèves ayant au préalable fait des choix différents entre modèles explicatifs qui leur étaient proposés avec la consigne de se mettre d'accord, alternatives ou paradoxes posées dans la consigne. Mais nous n'avons pu comprendre pourquoi dans certains cas le débat « prend », impliquant les élèves dans un authentique échange d'idées et l'examen minutieux des raisons de leurs idées, alors que dans d'autres, celui-ci reste plus formel et n'engage pas vraiment leur activité intellectuelle. Quelque chose de cela tient sans doute aux modes de gestion du débat par l'enseignant, mais n'ayant pas pris cette question comme objet d'étude, nous ne pouvons esquisser ici que quelques hypothèses.

parfois le débat
« prend »
et d'autres fois
il ne « prend » pas

La façon dont les enseignants considèrent le statut de ces échanges est vraisemblablement déterminant. Au démarrage de cette recherche, dans laquelle les enseignants se sont engagés pour former des équipes pluridisciplinaires dans leur établissement, l'intérêt qu'ils accordaient aux débats argumentatifs entre élèves était davantage d'ordre pédagogique qu'épistémologique. *A priori*, l'engagement des élèves dans un débat ne leur semblait possible et intéressant qu'à propos de thèmes porteurs en eux-mêmes d'une dimension émotionnelle importante et ils ne voyaient pas comment les élèves pourraient argumenter sur un problème d'électricité par exemple. La dimension heuristique de l'argumentation pour la construction des notions scientifiques et des modèles explicatifs ne s'est imposée à eux que dans un second temps. Le mode de gestion des débats qu'ils adoptent conserve certains aspects de cette idée première. L'enseignante qui a mené la séquence sur la circulation sanguine propose une clôture du débat par un vote, nous l'avons vu, comme s'il s'agissait d'un débat d'opinions. C'est peut-être là l'expression d'une limite à l'intérêt qu'elle voit dans une telle discussion.

est-ce en raison
du statut que
les enseignants
accordent
à ce débat ?

3.2. Activités langagières et relation au réel

L'articulation avec les activités expérimentales, fournissant des données empiriques, est aussi à considérer. « *À vrai dire, il faudra vérifier après dissection* », dit cette même enseignante, lors du débat sur les deux modèles de circulation sanguine, laissant entendre par là aux élèves que ce qu'on peut dire n'est que supposition, et que la validation sera nécessairement empirique. Sans entrer dans une telle

quelles articulations
entre activités
langagières
et activités
expérimentales ?

logique, il faut reconnaître qu'une importante question épistémologique se joue ici. Quelle place les débats argumentatifs tiennent-ils par rapport au recueil et au traitement des données empiriques ? S'il est important, dans un contexte d'enseignement largement empiriste d'introduire des activités langagières argumentatives, un autre écueil reste à éviter : celui de substituer ces dernières aux activités qui mettent les élèves en contact avec le réel, ce qui risque de faire perdre une des dimensions essentielles des démarches scientifiques. Mais, lorsqu'on prend soin de prévoir une activité argumentative autour d'un réel effectivement mis en scène dans la classe, l'engagement des élèves dans le débat n'est pas évident. Dans la séquence sur l'électricité par exemple, un débat organisé autour de l'interprétation de résultats expérimentaux, eux-mêmes issus d'un premier débat dans la classe, ne « prend » pas. Les élèves prennent les « faits » produits comme des réponses en soi, à propos desquels rien n'est à discuter. Là aussi, la médiation de l'enseignant est sans doute déterminante.

3.3. Validité, pertinence et fécondité

quel degré
de validité
ou de pertinence
accorder
aux arguments
des élèves ?

La question de la validité des productions argumentatives des élèves est importante à considérer car c'est peut-être un des points sur lesquels l'argumentation scientifique est susceptible d'une certaine spécificité, et d'autre part c'est en fonction de réponses à ce type de question que les enseignants reconnaîtront ou non un intérêt aux pratiques argumentatives. Pourtant la question est loin d'être simple car, au delà de celle des critères de validité qui peuvent être reconnus du point de vue disciplinaire, des distinctions importantes sont à opérer. Différents termes sont en effet couramment employés relativement à cette question, parfois de façon substitutive. Comment situer la « pertinence » d'un argument, sa « recevabilité », sa « légitimité », ou encore sa « solidité », par rapport à sa « validité » ? Selon le plan sur lequel on se place, c'est l'un ou l'autre de ces termes qui sera le plus pertinent. La cohérence logique, la place de l'argument par rapport aux interactions sociales dans lesquels il s'insère, sa place dans le processus de production de connaissance entrent en jeu dans ces distinctions.

la validité est plus
proche de la
logique disciplinaire

S'il est difficile de distinguer de façon absolue « validité » et « pertinence », on peut tout de même dire que la « validité » est plutôt relative à la logique disciplinaire (la logique tout court, le corps de connaissances établi dans la discipline selon les procédures qui lui sont propres et exprimé dans des termes conceptuels qui fonctionnent dans la discipline), alors que la « pertinence » et la « recevabilité » sont davantage liées à ce qui s'échange à un moment donné, de façon plus circonstancielle, à la potentialité d'un discours à être « reçu », à un moment donné par des partenaires, qui peuvent l'accepter ou le rejeter.

la pertinence est plus proche de la potentialité d'un discours à être reçu par autrui

Si la « légitimité » évoque l'ordre du juridique ou de la normativité, la « pertinence » renvoie davantage au contexte de l'ici et maintenant de la communication; alors que la « validité » pourrait évoquer un caractère plus absolu (du moins provisoirement et dans certaines limites) ou plus objectif; quant à la « fécondité », elle renvoie à ce que l'argument renferme comme potentialité de construction nouvelle.

pertinence et validité dépendent du moment dans le processus d'apprentissage

Il est souvent difficile de juger de la « pertinence » et de la « validité » des arguments produits en classe par des élèves parce que ce jugement est différent selon le moment où on se situe dans le processus d'apprentissage. Il est beaucoup plus facile de juger de la « validité » d'un argument dans une phase de reconstruction finale, car on est dans un schéma beaucoup plus univoque et la cohérence logique de l'ensemble peut être facilement examinée. Par contre, lorsqu'on se situe dans une phase heuristique (de recherche) et parce que ce qui se construit l'est par avancée d'arguments qu'on élimine progressivement pour construire ce qu'il y a à construire, le jugement de « pertinence » des arguments est plus difficile. Car sans les arguments « non pertinents » que l'on élimine rien ne peut être construit. Le jugement de « pertinence » des arguments repose moins sur la cohérence avec la discipline que sur la cohérence des échanges. Mais l'ordre du « pertinent » et celui du « valide » ne sont par ailleurs sans doute pas indépendants. Dans une certaine mesure, on peut dire que le but du « pertinent » est de produire, à terme, du « valide ».

la non validité et la non pertinence sont plus faciles à mettre en évidence

Il est en général plus facile de repérer des critères qui font juger du caractère non « valide » ou non « pertinent » d'arguments. Par exemple, des arguments peuvent être jugés comme non « valides » lorsque, les « garanties » (Toulmin, 1993) invoquées ne sont pas reconnues comme valables car non élaborées selon des procédés scientifiques (comme c'est le cas pour certains aspects des conceptions des élèves), lorsque les concepts dans lesquels les arguments sont exprimés ne sont pas conformes ou pas différenciés, lorsque les arguments s'appuient sur des faits non avérés, lorsque la chaîne logique n'est pas correcte, ou encore lorsqu'on fait une erreur sur le statut épistémologique d'un procédé argumentatif (analogie prise comme preuve...). L'argument peut être jugé comme non « pertinent » par rapport à l'échange, s'il porte sur autre chose que ce qui est en jeu, s'il repose sur un malentendu sur le sens de ce qui est dit par le partenaire.

Ces jugements ne se confondent ni avec l'efficacité de l'argument sur les partenaires, c'est-à-dire sa valeur rhétorique (un élève exprimant une idée relevant d'un obstacle épistémologique peut emporter la conviction de toute une classe), ni avec sa valeur heuristique (un argument « impertinent » peut être tout à fait « fécond », si une discussion sur sa non pertinence conduit à opérer des distinctions ou à faire

un argument
non pertinent
peut être fécond
dans une phase
heuristique

émerger des idées nouvelles). C'est justement là une des fonctions essentielles des échanges argumentatifs heuristiques. Leur l'intérêt réside dans leur fécondité.

Comment considérer, de ce point de vue, cet argument, produit par un élève de collège en électricité, à propos d'un montage électrique pile-ampoule, du type de celui que nous avons vu plus haut : si le courant « circulait en boucle », dit-il, « *les piles ne s'useraient jamais* ». Selon cet élève en effet « *l'électricité qui sort par une borne reviendrait par l'autre et remplirait la pile* ». Il met en œuvre un type de raisonnement logiquement correct et de ce point de vue difficilement contesté, mais qui pourtant aboutit à une conclusion qui ne va pas dans le sens du projet d'enseignement. Peut-on dire qu'il est valide? qu'il est pertinent? qu'il est fécond? L'argument est imparable si l'on considère l'« électricité » comme une substance circulante qui se conserve. Cela fait intervenir une conception des phénomènes électriques porteuse de l'obstacle « substantialiste » et correspond à un manque du point de vue de la construction conceptuelle.

Ce type d'argument ne suffit évidemment pas à produire le concept manquant (celui d'énergie) et on peut se demander s'il ne peut pas au contraire contribuer à maintenir une idée incorrecte. C'est pour des raisons de ce type, d'ailleurs, que bien des enseignants sont très prudents quant à l'instauration de telles pratiques dans leurs classes. À moins qu'il persiste en mémoire, comme un problème non résolu... en attente de l'être lorsque le temps sera venu?

3.4. Décalage entre activité argumentative produite et constructions conceptuelles

quel lien
entre les
compétences
argumentatives...

Si les formulations argumentatives interviennent comme nous l'avons vu dans les constructions conceptuelles, le lien entre les compétences argumentatives manifestées et le niveau de construction des concepts n'est pas toujours simple et univoque. Dans la séquence sur l'électricité dont nous avons parlé, par exemple, on peut remarquer, que ce lien joue très différemment pour deux des élèves que nous avons suivies. Priscilla, qui semble correctement situer ce qu'elle appelle « courant », « boucle » et « circuit », ce qui est conceptuellement pertinent, construit son intervention comme une narration, sans raisonnement justificatif. Son discours relève de l'explication « linéaire causale » (Viennot, 1979). Imène à l'inverse, semble se situer dans un registre beaucoup plus argumentatif : elle propose l'élimination de l'opposé de son choix dans une démarche réfutative, elle fait des remarques méta-argumentatives du type « *ça ne prouve rien* ». Mais conceptuellement, elle se situe à un niveau de moindre différenciation : elle confond les mots *circuit* et *courant*, alors que Priscilla les distingue. Cela est intéressant à observer car cela indique que selon les dimensions de

l'activité intellectuelle considérée, les élèves ne se situent pas relativement au même niveau.

...et le niveau
de construction
conceptuelle ?

Même si les interactions argumentatives entre élèves s'avèrent intéressantes du point de vue de la construction de connaissances scientifiques, nous devons donc moduler notre propos et réfléchir plus avant sur la façon d'intégrer de telles pratiques dans des démarches didactiques qui cherchent à conduire les élèves à une construction rationnelle des connaissances scientifiques.

4. CONCLUSION

les activités
argumentatives
peuvent
déclencher...

Nous aimerions pour conclure pointer quelques aspects de l'argumentation en classe de sciences qui nous semblent déterminants quant à l'intérêt qu'ils peuvent présenter relativement à l'apprentissage scientifique. Nous avons pu tout au long de ce texte mettre en lumière des relations existant entre les productions argumentatives d'élèves en classe de sciences et certains aspects des démarches scientifiques : la complémentarité des arguments visant à construire les objets sur lesquels on raisonne, et des arguments négatifs qui limitent le champ des possibles. Ces deux types d'arguments jouent un rôle décisif dans leur genèse mutuelle et sont un point d'appui pour le processus de problématisation, essentiel dans la construction des savoirs scientifiques.

...des processus
de problématisation...

...des élaborations
conceptuelles...

Nous avons pu aussi mettre en relief l'intérêt des démarches d'explicitation de la pensée suscitées par les interactions argumentatives et le rôle positif que cela est susceptible de jouer quant aux élaborations conceptuelles. Nous avons pu constater que l'incompréhension première entre locuteurs, sous certaines conditions bien sûr, peut être porteuse de progrès ; c'est elle qui pousse à expliciter, à compléter des articulations manquantes dans la pensée, à éclaircir les problèmes sur lesquels on travaille, à préciser les significations, dans un processus qui pourrait intervenir de façon centrale dans la conceptualisation.

Enfin, nous voudrions souligner un apport de ces pratiques qui pourrait s'avérer crucial pour la formation scientifique. Dans quelle mesure, l'introduction de phases argumentatives peut-elle intervenir dans la prise de conscience par les élèves des modes de construction des savoirs en sciences ? Dans l'enseignement des sciences expérimentales, la préoccupation de placer les élèves dans des situations de débat argumentatif vient en rupture avec une coutume d'enseignement où les résultats de la science sont centrés essentiellement sur des considérations empiriques. Lorsque des modèles sont utilisés, ils sont présentés le plus souvent comme des vérités non discutables, se confondant au réel. Par ailleurs, les protocoles expérimentaux utilisés par les

élèves, plus souvent pour valider des hypothèses que pour les réfuter, sont rarement établis et discutés par eux.

...la construction
d'éléments
d'épistémologie
des sciences...

Placer les élèves dans des situations de débat argumentatif où ils sont en mesure de discuter de systèmes explicatifs ou de la construction de plans d'expériences pour valider ou réfuter des hypothèses, peut contribuer à l'élaboration de nouvelles représentations sur la construction des savoirs en sciences. Lorsque le débat s'instaure de façon effective et qu'il y a un véritable enjeu, apparaissent en effet des interventions méta-argumentatives, qui explicitent le caractère probant ou non des propositions émises : « *ce n'est pas une preuve* », « *cela ne charge rien à ce que j'ai dit* ». Ce type d'intervention contribue à changer l'image du jeu des discours possibles sur les objets scientifiques et de leur rôle dans leur élaboration et leur validation.

...mais
à la condition
d'une prise
de recul suffisante

Mais dans quelle mesure offrir la possibilité aux élèves de réaliser une telle procédure permet-elle de rendre conscientes les conditions de production des savoirs en sciences? Cette prise de recul ne pourra vraisemblablement se réaliser que sur la base d'une pratique fréquente de ces démarches didactiques, avec des moments de mise à distance organisés sur les procédures. Pour comprendre le rôle des débats dans la construction des savoirs scientifiques, les élèves auront à construire deux systèmes d'opposition :

- par rapport à une vision de la science comme affirmant des vérités indiscutées, inscrites dans le réel, il y aura un déplacement à opérer au profit d'une idée de la science comme produit d'une élaboration dans un processus social qui prend en compte à la fois les idées et le réel ;
- par rapport aux débats dans d'autres domaines, il y aura à repérer les caractéristiques spécifiques des argumentations scientifiques, qui les différencient de celles qui sont déployées dans les débats esthétiques, moraux, éthiques, politiques par exemple : les argumentations scientifiques visent à établir, dans un jeu spécifique de rationalité, un consensus fondé sur une double cohérence, à la fois interne (à la théorie ou au modèle) et externe (relative aux faits empiriques).

Pierre FILLON
UMR STEF ENS Cachan - INRP France

Brigitte PETERFALVI
UMR STEF ENS Cachan - INRP France

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. & VÉRIN, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- BAUDRIT, A. (1997). *Apprendre à deux*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM, G. (1980). *Connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- DRIVER, R., NEWTON, P. & OSBORNE, J. (1998). « Establishing the norm of scientific argumentation in classroom ». *Science Education* 84, 1-35.
- FILLON, P. (1993). « Sciences physiques » in COLOMB, J. (Éds). *Les enseignements en troisième et en seconde : ruptures et continuités* . (pp. 139-172). Paris : INRP.
- GARCIA-DEBANC, C. (1996). Apprendre à justifier à l'école et au collège : ruptures ou continuité ? In J., David & S., Plane. *L'apprentissage de l'écriture de l'école au collège* (pp. 105-130). Paris : Presses universitaires de France.
- GOHAU, G. (2000). « Causalité et expérience ; de la preuve négative » in G. Rumelhard (Éd.). *Les formes de causalité dans les sciences de la vie et de la Terre* (pp. 23-41). *Documents et travaux de recherche en éducation*, 41.
- GRANDATY, M. & TURCO, G. (2001). *L'oral dans la classe. Discours, métadiscours, interactions verbales et construction de savoirs à l'école primaire*. Paris : INRP.
- GRIZE, J.B. (1982). *De la logique à l'argumentation*. Paris : Droz.
- GRIZE, J.B. (1996). *Logique naturelle et communications*. Paris. Presses universitaires de France.
- JARROSSON, B. (1992). *Invitation à la philosophie des sciences*. Paris : Seuil.
- JAUBERT, M. & REBIÈRE, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoirs, *Aster*, 33, 81-110.
- KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1998). *L'implicite*. Paris : Armand Colin.
- LEGARDEZ, A. & ALPE, Y. (2001). La construction des objets d'enseignements scolaires sur des questions socialement vives : problématisation, stratégies didactiques et circulations des savoirs. *4^e Congrès AECSE Actualité de la recherche en éducation et formation*. Lille.
- MEIRIEU, P. (1984). *Itinéraires des pédagogies de groupe*. Lyon : Chronique sociale.
- NONNON, E. (1996). Activités argumentatives et élaboration de connaissances nouvelles. *Langue Française*, 112, 67-87.
- MARTINAND, J.-L. (1992) *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- NEWTON, P. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, vol. 21, n° 5, 553-576.
- OLÉRON, P. (2001). *L'argumentation*. Paris : Presses universitaires de France.

ORANGE, C. (2000). *Idées et raisons*. Mémoire de HDR. Université de Nantes.

ORANGE, C., FOURNEAU, J.C., & BOURBIGOT, J.P. (2001). Ecrits de travail, débats scientifiques et problématisation à l'école primaire. *Aster*, 33, 111-133.

ORANGE C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 37, 83-108.

OSBORNE, J. (1999). Promoting rhetoric and argument in the science classroom. *European Science Education Research Association Conference*. Kiel.

POPPER, K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot.

POPPER, K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.

SIMONNEAUX, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, 903-928.

TOULMIN, S. (1993). *Les usages de l'argumentation*. Paris : Presses universitaires de France.

VIENNOT, L. (1979). *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.