Apprentissages scientifiques : ce qui se construit et ce qui se transmet

Christian Orange

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/3938>

DOI : 10.4000/ree.3938

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Christian Orange, « Apprentissages scientifiques : ce qui se construit et ce qui se transmet », *Recherches en éducation* [En ligne], 4 | 2007, mis en ligne le 01 octobre 2007, consulté le 25 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/ree/3938> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.3938>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Apprentissages scientifiques : ce qui se construit et ce qui se transmet

Christian Orange¹

Résumé

Nous discutons ici des relations entre construction (par les élèves) et transmission (par le professeur) dans les apprentissages scientifiques. Pour cela nous présentons trois cas où ces relations sont différentes. Le cadre d'analyse retenu est celui de la problématisation dans lequel les savoirs scientifiques ont un caractère de nécessité et sont organisés par des raisons. Il apparaît alors que la transmission de possibles en vue d'une analyse critique joue un rôle particulièrement important dans la problématisation et la construction de raisons par les élèves.

Je souhaite poser ici la question de la construction et de la transmission dans les apprentissages scientifiques pour deux raisons, l'une générale et l'autre liée à ce lieu de discussion.

D'une part parce que, très souvent, dans le champ didactique, la position constructiviste semble aller de soi ou, plus exactement, est affirmée sans préciser dans quel sens il faut l'entendre. Cela veut-il dire que la question de la transmission y est occultée ou rejetée ? On pourrait d'ailleurs se demander si cela a un sens de parler d'un enseignement constructiviste quand cet adjectif qualifie des cadres psychologiques ou épistémologiques. Plus précisément, si l'idée de pédagogie constructiviste a un intérêt critique, elle ne peut pas être comprise comme la nécessité pour les élèves de reconstruire par eux-mêmes tous les savoirs d'une culture, produits d'une histoire, que l'école est censée transmettre. Que signifient alors la construction et la transmission dans notre cadre théorique de l'apprentissage par problématisation ?

D'autre part, parce que le résumé qu'a proposé Pierre Pastré pour sa communication d'aujourd'hui pose aussi cette question et met en avant une idée que je trouve très heuristique : l'utilisation de l'approche instrumentale de Rabardel pour dépasser l'opposition construction/transmission. J'avais donc envie d'intervenir de façon à pouvoir interagir avec lui.

Comme il vient d'être précisé, cette question de la construction et de la transmission ne sera bien sûr pas traitée dans toute son ampleur, mais dans un cadre donné : la problématisation et l'apprentissage par problématisation (Fabre & Orange, 1997 ; Fabre, 1999). Nous allons nous appuyer pour cela sur trois exemples de travail dans des classes, qui ont été conçus dans le but d'aider les élèves à accéder à des savoirs scientifiques problématisés, et nous allons discuter ce qui y est réellement construit et ce qui est transmis. Nous verrons que, dans chacun de ces cas, la réponse n'est pas la même ; c'est pour cela que nous les avons choisis. A l'occasion du premier exemple, qui a déjà donné lieu à plusieurs publications, nous rappellerons les éléments essentiels de notre cadre théorique. Nous terminerons par une discussion dans le but de dégager quelques problèmes didactiques.

¹ CREN (Université de Nantes) et IUFM des pays de la Loire.

1. Premier cas : des écoliers devant un problème de nutrition humaine

Soit donc de jeunes élèves (10 ans) qui travaillent sur la nutrition à partir de la question : « *comment ce que j'ai mangé peut-il me donner des forces ?* » Ils produisent, individuellement puis en groupes, des explications différentes. Voici deux exemples de travaux de groupe (figures 1 et 2).

Figure 1 - Affiche du groupe 4

Texte de l'affiche

« La nourriture va dans la bouche passe par un tuyau qui mène à l'estomac
L'estomac trie la mauvaise nourriture et la bonne nourriture
La mauvaise nourriture va dans l'intestin grêle qui passe dans le gros intestin qui devient du caca. La bonne nourriture va dans les ~~mus~~ muscle »

Figure 2 - Affiche du groupe 3

Texte de l'affiche

« Voilà ce que nous pensons :
Le hamburger et les frites descendent dans un tuyau appelé l'œsophage vers l'estomac. Après, certaines nourritures descendent dans le tuyaux des excréments. Les autres partiront dans tuyaux vers les muscles »

Ces deux productions contiennent un certain nombre d'idées sur la nutrition qui permettent d'inférer les conceptions des élèves. On peut noter dans les deux cas l'existence d'un système de tuyaux de distribution de la nourriture, l'absence de référence au sang et un fonctionnement en irrigation : les éléments nutritifs sont apportés dans les différentes parties du corps où ils sont utilisés et disparaissent.

Que peut-on faire didactiquement de ces idées ? De nombreux travaux de didactique ont mis en avant l'importance de la prise en compte des conceptions des élèves. Mais, dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, il ne suffit pas de faire changer les élèves de conceptions, malgré les difficultés que cela représente. Plus exactement, ce changement de conceptions n'est pas une condition suffisante d'accès aux savoirs scientifiques. En effet, ce n'est pas en termes de vrai et de faux que se comprennent ces savoirs : ils ont un caractère apodictique (de nécessité) que les élèves doivent construire. Par exemple, il ne s'agit pas simplement de savoir que les aliments sont transformés dans le tube digestif, il faut être capable d'expliquer pourquoi cette transformation est nécessaire, pourquoi il ne peut pas en être autrement (Reboul, 1992). C'est cet accès aux raisons qui marque véritablement l'entrée dans la science.

Accéder à ce degré de connaissance demande de questionner les idées explicatives qui sont présentées dans la classe selon l'ordre du possible, de l'impossible, du nécessaire et du contingent. Les questions pertinentes ne sont pas : « est-ce exact ? » Mais : « comment est-ce possible ? », « peut-il en être autrement ? ». D'où l'intérêt de débats scientifiques dans la classe où les affiches sont critiquées en ces termes.

Voyons, sur des extraits de transcription, ce que font les élèves dans un tel débat et les arguments critiques sur les productions qu'ils peuvent y développer. Les échanges qui suivent portent sur l'affiche du groupe 3 (voir plus haut). Jul fait partie du groupe qui a produit cette affiche, les autres élèves qui interviennent n'en font pas partie.

314	Ste : (montre le schéma) Ils disent que ce n'est pas les vitamines qui vont dans le muscle, ils disent que c'est tout l'aliment.
315	Jul : Peut-être que dans les aliments il y a des vitamines.
317	Jul : Dans les aliments il y a des vitamines et y a des aliments et ça descend (montre sur l'affiche)...
318	Pat : Oui mais il faut déjà que ça se trie.
319	Clé : Les excréments là (montre de loin le schéma) ça tombe n'importe comment. Il y a des vitamines qui tombent dedans... Non mais là, ça se mélange et puis ça xxx partout xxx excréments.
320	M : Qu'est-ce que vous pensez de cette idée de tri dont parle Steven ? Marion ?
324	Clé : Je trouve que c'est vrai ce que dit Steven, y a pas de tri ni rien. C'est comme si tout partait n'importe comment. Y avait des vitamines qui partaient avec des excréments xxx.
325	Jen : En fait il y a les excréments et la nourriture qui va dans les excréments. Et puis il y a de la nourriture qui se sépare comme ça, mais c'est que de la nourriture. Alors si tu fais ça à chaque fois comme ça, à la fin tu vas plus rien avoir... dans l'estomac. Il n'y aura plus rien dedans parce que si ça fait toujours ça, la bonne nourriture elle doit aussi se transformer en excréments, à la fin, tu vas plus rien avoir dans l'estomac.
332	M : Qu'est-ce que vous pensez de ce que dit Steven? Au sujet du tri. Qu'est-ce que vous en pensez ?
333	Que : Elles ont oublié de dire que ça trie parce que sinon il y a de la mauvaise nourriture qui va dans les muscles.

Dans cet épisode, les élèves repèrent des fonctionnements impossibles : tout « l'aliment » ne peut pas aller dans les muscles (Ste, 314). Le processus en jeu est désigné (« *il faut déjà que ça trie* », Pat, 318) et la nécessité de ce tri est affirmée : « *Elles ont oublié de dire que ça trie parce que sinon il y a de la mauvaise nourriture qui va dans les muscles* » (Que, 333). D'autres nécessités sont travaillées au cours de ce débat, notamment celles de la distribution et de la transformation (voir Orange, 2003).

Dans les séances qui suivent ce débat, le travail se poursuit, notamment par l'étude de documents, de façon à déterminer comment sont réalisées ces nécessités dans la nutrition humaine. Nous ne détaillerons pas ici cette fin de séquence où les processus de transmission (à partir notamment des documents) et de construction (par la mise en relation des documents avec les nécessités repérées) s'articulent : l'analyse en serait trop longue. Nous nous focaliserons, dans cet exemple comme dans les autres, sur le travail des possibles et des nécessités, c'est-à-dire sur l'accès aux raisons qui, selon notre cadre théorique, conditionne l'entrée des élèves dans les apprentissages scientifiques. Dans ce premier cas, les nécessités semblent véritablement construites par la classe² à partir des idées des élèves qui viennent de l'expérience de chacun et d'un fond culturel partagé. L'enseignant intervient par sa conduite du débat qui vise à l'explicitation de ces nécessités et, éventuellement, à leur thématisation.

2. Deuxième cas : des lycéens et la circulation sanguine

Le deuxième exemple est un travail de lycéens sur la circulation sanguine. On a demandé à une classe de première S (élèves de 16 ans), au début d'un travail sur la circulation sanguine³, d'expliquer comment les muscles sont approvisionnés

en nutriments et comment ils sont débarrassés de leurs déchets métaboliques (déchets azotés). Pour cela, les élèves partent d'un schéma correspondant à ce qu'ils viennent de travailler – les échanges respiratoires – et qui comprend les poumons, le cœur, les muscles et les principaux vaisseaux sanguins de la petite et de la grande circulation. Ce schéma, ils doivent le modifier comme ils le souhaitent pour répondre à la consigne. L'enseignant leur dit qu'ils peuvent ajouter des vaisseaux sanguins, modifier le trajet de ceux qui figurent déjà etc. Voilà un exemple d'un schéma (figure 3) représentatif de l'ensemble des productions de la classe (Orange C. & Orange D., 1995).

Figure 3 - Classe de première S : un exemple de production d'élève sur la circulation sanguine

² Nous laissons de côté ici la question de savoir si tous les élèves construisent ces nécessités. Ce n'est pas sur ce point que nous voulons développer notre analyse.

³ Ce travail, fait dans l'ancienne option « sciences expérimentales », ne correspond pas aux programmes actuels.

Ce qui caractérise cette production, c'est la mise en série de l'intestin (qui approvisionne le sang en nutriments), du muscle (qui utilise ces nutriments et produit des déchets) et du rein (qui évacue les déchets azotés produits par le métabolisme), alors que le biologiste les met en parallèle (voir figure 4 ci-dessous). Cette mise en série par les élèves est très générale (tous la proposent), dans cette situation comme dans d'autres où il est question de penser l'économie générale des fonctions de nutrition de l'organisme. La logique d'une telle organisation est d'ailleurs claire : le sang passe par l'intestin pour se charger en nutriments qu'il va porter aux muscles. Ceux-ci, par leur fonctionnement, produisent des déchets azotés qu'ils évacuent dans le sang qui va à son tour s'en débarrasser dans les reins. L'histoire est simple et claire.

Bien plus, si, après ce premier travail, l'enseignant propose aux élèves une schématisation de la circulation conforme aux savoirs actuels (figure 4), et leur demande ce qu'ils en pensent, il se trouve confronté à une réelle incompréhension de la plupart des élèves.

Figure 4 - Un schéma de la circulation selon les biologistes

La question est bien : comment est-ce possible ? Passe encore, pour les élèves, que le sang, une fois chargé de nutriments au niveau de l'intestin, aille se promener dans tout le corps plutôt que d'aller en voie directe vers les muscles utilisateurs de ces nutriments : cela ne leur semble pas très rationnel, mais cela doit pouvoir fonctionner. Mais le devenir des déchets azotés que traduit ce schéma leur paraît totalement incompréhensible. Voilà en effet un sang qui, une fois chargé de déchets azotés au niveau des muscles, ne va pas immédiatement se faire nettoyer par les reins. Pire, et c'est là pour beaucoup d'élèves réellement insupportable, ces déchets vont aller jusqu'au cœur. Après un tour par les poumons, ils arrivent maintenant dans l'aorte ; un autre problème apparaît alors : comment, à la bifurcation (pointée par la flèche en pointillée sur le schéma de la figure 4) entre l'artère rénale et celle qui va vers les muscles, ces déchets vont-ils être dirigés vers les reins ? De toute évidence, dans le schéma proposé par les biologistes, certains déchets n'y passeront pas... et les voilà repartis pour un tour : pour les élèves, cela semble aberrant.

Ce cas ne fonctionne pas comme le précédent. Les élèves proposent tous une explication très proche et n'y voient rien à redire. Un modèle non envisagé par les élèves est apporté par l'enseignant mais cela ne suffit pas pour qu'ils le comprennent : dans la plupart des cas, le professeur doit encore les aider en leur fournissant un texte (oral ou écrit) de savoir qui rend recevable cette solution et les sorte de leur logique narrative linéaire. Par exemple : « *il existe un seuil de concentration des déchets azotés dans le sang en dessous duquel ils ne sont pas toxiques et ne gênent aucunement le fonctionnement de l'organisme. Supposons qu'à un moment nous soyons en dessous de ce seuil. Si, à tout instant, les reins extraient du sang qui passe par eux au moins autant de déchets azotés que l'ensemble des organes en produisent, alors on reste sous le seuil et tout va bien* ». On est donc dans un cas où les constructions explicatives et argumentatives des élèves ne leur permettent pas de construire un problème scientifique pertinent au regard des savoirs visés et pour accéder aux raisons. Ce n'est que par des apports de l'enseignant, donc une transmission, que la problématisation peut s'engager. Ces apports ne doivent pas, dans notre cadre théorique, être compris comme l'imposition de la « bonne » solution, mais comme un enrichissement des possibles devant être soumis à l'analyse critique. Le travail constructif des élèves porte sur cette analyse.

3. Troisième cas : des lycéens et la nutrition des plantes

Le troisième cas concerne des élèves de seconde (15 ans) qui, après avoir calculé la production annuelle de maïs dans une parcelle, ont travaillé en groupes la question suivante : « *que doit prendre le maïs dans le milieu et que doit-il en faire pour passer de*

l'état de plantule (quelques grammes) à l'état de maïs adulte »⁴ (Orange, 1997). La figure 5 donne un exemple de production (une partie de texte a été réécrite pour la rendre plus lisible). On voit que l'explication donnée s'appuie sur des propriétés d'un certain nombre de substances que le maïs trouve dans son environnement (« *la fertilité de la terre* », par exemple) et se limite à dire que la consommation « de tous ces facteurs » permet la transformation de la plantule. Rien n'apparaît de mécanismes chimiques conduisant à la production de la matière végétale.

Figure 5 - De la plantule au maïs adulte : explication par un groupe d'élèves de seconde

⁴ Cette situation correspond à un ancien programme de la classe de seconde.

Ce type d'explication du fonctionnement du végétal est très fréquent à ce niveau de la scolarité. La conservation de la matière n'y est aucunement convoquée : le végétal se développe de lui-même, par nature pourrait-on dire, pourvu qu'il rencontre des conditions qui lui conviennent. C'est ce qu'illustre le texte suivant (figure 6) produit par un élève de seconde pour expliquer la croissance d'un jeune arbre dans un pot sur plusieurs années alors que la masse de terre n'a pratiquement pas varié.

Figure 6 - La croissance d'un jeune arbre, alors que la terre ne change pratiquement pas de masse (élève de seconde)

Revenons à la classe qui a travaillé sur le maïs. Si les explications par une croissance « naturelle » de la plante sont majoritaires, d'autre groupes proposent des solutions mettant davantage en avant les transformations chimiques à partir des substances absorbées. Mais cette différence de point de vue, sur laquelle le professeur tente de s'appuyer au cours du débat sur les productions des groupes, ne semble pas repérée par une bonne partie des élèves. Au bout du compte, ils ont l'impression d'un accord au sein de la classe sur les facteurs qui interviennent : eau, sels minéraux ou engrais, lumière ou soleil⁵. Et si le professeur intervient pour proposer (sous forme de documents par exemple) une explication donnant toute leur importance aux entrées de matière, aux sorties et aux réactions métaboliques, cela ne gêne aucunement les élèves : ils pensent que ce n'est pas très éloigné de ce qu'ils proposaient avec cette croissance « naturelle » et ses conditions. Quant aux expériences classiques, elles sont tout à fait compatibles avec leur façon de voir, sauf peut-être celles qui concernent le CO₂.

Dans cet exemple, comme dans le précédent et contrairement au premier, la confrontation des idées des élèves ne permet pas de construire des nécessités, d'accéder aux raisons. Mais l'apport par le professeur d'un autre modèle, et c'est là une différence avec le deuxième cas, ne provoque pas chez eux de « choc épistémique » : ils n'y voient que des différences de détails avec leurs idées. Tout ce qu'on leur apporte est compatible avec leur façon d'aborder le problème. Avant même de pouvoir construire un problème scientifique pertinent, au regard des savoirs visés, les élèves doivent apprivoiser un nouveau cadre de problématisation ; on pourrait dire un nouveau cadre épistémique (Piaget et Garcia, 1983) ou un nouveau paradigme (Kuhn, 1983). Cela peut prendre du temps.

⁵ Le biologiste donne au CO₂ de l'air une grande importance dans la nutrition des plantes. Pour ces élèves, le CO₂ n'est que très rarement évoqué en tant de substance nutritive. Il y a là un obstacle que des travaux didactiques ont bien étudié mais qui n'est pas l'objet de cette discussion.

4. Discussion

Revenons sur ces différents exemples du point de vue de la problématisation. Problématiser consiste à explorer et délimiter le champ de possibles, en posant des questions du type : comment est-ce possible ? Peut-il en être autrement ? Cela se fait par un travail critique sur les possibles qui débouche sur l'établissement de nécessités. Si les possibles envisagés sont trop limités (cas n°2), la problématisation le sera aussi ; s'ils sont variés, mais dans des cadres forts différents qui ne les rendent pas mutuellement discutables (cas n°3), la problématisation ne pourra pas se faire. Dans les exemples pris ici, il apparaît que les possibles intéressants pour la problématisation visée par l'enseignant ne sont pas toujours constructibles directement pas les élèves (ni même parfois accessibles) : ils le sont à peu près pour la nutrition en cycle 3 (cas n°1) ; ils ne le sont pas dans les deux autres cas. Plus largement, on voit bien en quoi des élèves, dans le temps didactique, ne peuvent pas reconstruire tous les possibles pertinents⁶ que la science a produits et explorés pour les discuter et ainsi développer leur savoir scientifique. Dans le cadre théorique qui est le nôtre, il y a donc une transmission nécessaire qui porte non pas sur le vrai, mais sur ces possibles. Notons que faire porter la transmission sur les possibles et non sur le vrai déplace nettement les questions didactiques et les formes d'enseignement.

Dans le cas où des possibles pertinents sont disponibles dans la classe et accessibles aux élèves, il semblerait que les nécessités puissent être construites par les élèves, à partir de l'exploration critique de ces possibles ; c'est notamment le cas pour la nutrition, avec des élèves assez jeunes (cas n°1). En fait, c'est un peu plus compliqué. Dans ce cas, ce sont surtout des impossibilités qui ont été construites, dans des discussions qui restent très contextualisées à telle ou telle production. Ce n'est qu'avec l'appui important de l'enseignant que ces impossibilités peuvent être thématiques comme des nécessités et mises au travail sur d'autres propositions. Dans la mesure où l'exploration des possibles n'est pas maîtrisée par les élèves, la portée des nécessités ne l'est pas non plus. Accéder totalement à des nécessités demanderait un outil d'exploration systématique des possibles, donc un formalisme minimum.

Pour que les élèves construisent et s'approprient des savoirs scientifiques critiques, problématisés, le gros travail de transmission concerne les possibles et les repères pour les produire et non pas la transmission de solutions validées scientifiquement. Ces possibles sont des artéfacts qui doivent être mis au travail pour devenir des instruments épistémiques. Resterait à préciser, et nous y travaillons, à quoi correspond cette genèse instrumentale problématisante.

Bibliographie

FABRE M. & ORANGE C. (1997), « Construction des problèmes et franchissements d'obstacles », *ASTER*, n°24, pp. 28-38.

FABRE M. (1999), *Situations-problèmes et savoir scolaire*, Paris, PUF.

KUHN T. S. (1983), *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.

ORANGE C. & ORANGE D. (1995), « Biologie et géologie, analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques », *ASTER*, n°21, pp. 27-49.

ORANGE C. (1997), *Problèmes et modélisation en biologie ; quels apprentissages pour le lycée ?*, Paris, PUF.

ORANGE C. (2003), « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen », *ASTER*, n°37, pp. 83-107.

PIAGET J. & GARCIA R. (1983), *Psychogénèse et histoire des sciences*, Paris, Flammarion.

REBOUL O. (1992), *Les valeurs de l'éducation*, Paris, PUF.

⁶ Pertinent ne doit pas être compris ici comme synonyme de vrai ou de juste, mais signifie : dont la discussion critique est potentiellement productrice de nécessités.