

Comment concilier concepts quotidiens et concepts scolaires dans le cadre de l'apprentissage des sciences ?



CÉCILE DE HOSSON

UNIVERSITÉ DE PARIS CITÉ

Les recherches françaises et internationales sur les apprentissages scientifiques s'accordent globalement sur le fait que l'enfant construit très tôt des manières de penser le monde qui l'entoure. Très tôt dans le développement cognitif, des explications émergent qui permettent au jeune individu de trouver des raisons au mouvement des objets, à l'éclairage d'une lampe, à la diversité des espèces vivantes, aux phénomènes géologiques, etc. L'entrée dans les apprentissages scientifiques, en particulier en contexte scolaire, va placer l'enfant au sein d'un espace, au pire de cohabitation, au mieux de confrontation entre ces explications premières et des explications fondées sur la science. Mais cette confrontation ne va pas sans poser certaines difficultés, qui sont autant d'enjeux pour l'enseignement. Lors de cette intervention, je m'attacherai, dans un premier temps, à dessiner les traits de ce que j'appelle « explications premières ». Je m'appuierai pour cela sur les travaux de l'école piagétienne en psychologie du développement et sur ceux développés dans leur sillage par les premiers chercheurs en didactique des sciences à partir de la fin des années 1970. Je montrerai, en appui sur quelques exemples, que ces explications se présentent avec un certain degré de cohérence qui leur assure une certaine robustesse face au changement. C'est dans ce cadre qu'émergera la notion de « concept quotidien » que j'emprunterai au psychologue russe Lev Vygostkyi, notion que je mettrai en perspective avec celle de « concept scientifique¹ ». Dans un deuxième temps, je montrerai ce que l'enseignement scientifique a à gagner à concilier « concepts quotidiens » et « concepts scientifiques », en particulier dans la perspective d'une éducation citoyenne. Enfin, dans une troisième et dernière partie, je présenterai quelques approches pointées dans la littérature scientifique comme favorables au développement d'une pensée scientifique.

¹ Dans cette note, nous assimilons « concept scolaire » à « concept scientifique », dans la mesure où l'enseignement des sciences repose sur l'acquisition de ces derniers.

I. Explications premières, concepts quotidiens : points de repères

Imaginons un objet posé sur une table. Un jouet d'enfant, une voiture miniature. Si je souhaite mettre cette voiture en mouvement, il va falloir que je la pousse. Si je suis un enfant de trois ans et que je répète ce geste plusieurs fois, sur plusieurs objets immobiles, je vais associer l'action « pousser » et la mise en mouvement de ces objets. À force de répétitions, avec des objets plus ou moins lourds, une autre association se fera jour. Elle consiste à rapprocher mise en mouvement et effort physique à fournir : si c'est lourd, alors il faut que je pousse plus fort. Petit à petit, une explication émerge : si je pousse, ça bouge ; si c'est lourd, il faut que je pousse fort, une explication que Piaget et ses collaborateurs qualifient de « causale » et qui, au long du développement de l'enfant, prendra les traits d'une association entre deux mots : mouvement et force, dont la sémantique est ici portée par l'interaction directe de l'enfant avec le monde. Selon la pensée vygotkienne, que nous adaptons à notre exemple, les mots « mouvement » et « force » renvoient ici à des concepts quotidiens en ce qu'ils sont contextuels, spécifiques à des situations particulières, et limités par la portée de l'expérience personnelle de l'enfant, indépendamment de tout enseignement formel (Vygotsky, 2019). L'École viendra y confronter une sémantique nouvelle dans le contexte d'un enseignement de physique (par exemple), des mots nouveaux, et à l'explication causale : « la force est la cause du mouvement » devrait se substituer (ou s'ajouter) une loi où force et mouvement perdront leur sens premier, faisant également disparaître toute idée de causalité entre le premier et le second². Mais, nous le verrons plus avant, les efforts consentis par l'institution scolaire sont loin d'être payants, et les explications premières, celles du sens commun, fondées sur des articulations entre concepts quotidiens perdurent, y compris après plusieurs années d'enseignements scientifiques. Ainsi, les études menées de part et d'autre de l'Atlantique par les chercheurs en didactique de la physique ont montré qu'à la fin du lycée et en premier cycle universitaire (Viennot, 1979 ; McDermott, 1984 ; Halloun & Hestenes, 1985), les étudiants confondent vitesse et accélération et associent presque systématiquement aux mouvements d'un objet une force dirigée dans le sens du mouvement de l'objet (c'est-à-dire dans le sens de la vitesse de l'objet que celle-ci soit uniforme, croissante ou décroissante). Si j'ai pris le temps de développer cet exemple, c'est pour illustrer la robustesse et l'auto-cohérence des explications premières qui tiennent, pour une large part, à l'opérationnalité des concepts sur lesquels elles reposent. En l'occurrence, le concept quotidien de force reste mobilisable dans toutes les situations dynamiques³ ; lui substituer un sens physique, celui promu par l'École, reviendrait, par exemple, à imaginer des mouvements vers le haut associés à des forces dirigées vers le bas⁴, ce qui apparaît pour le moins contre-intuitif. De même semble contre-intuitive l'idée de placer de la laine sous le toit de sa maison pour éviter la

² Il existe une relation entre force et mouvement si l'on considère le mouvement au sens d'accélération. Il s'agit de la 2^e loi de Newton $\Sigma F=ma$. Le signe « = » indique le caractère fonctionnel de la relation et ne permet pas de conclure que la force précéderait l'accélération et qu'elle en serait donc la cause, dans la mesure où « = » renvoie au principe de simultanéité.

³ À noter : le concept quotidien de force n'admet pas de définition stabilisée. Il pourrait même être assimilé, dans la tête de certains étudiants, à celui d'énergie, et dans ce cas, la distance avec la physique ne serait plus si grande.

⁴ C'est le cas par exemple des mouvements décélérés vers le haut (ex : un ascenseur à l'approche de l'étage programmé).

chaleur des étés caniculaires tant les pulls en laine nous tiennent chaud en hiver. Il ne vient d'ailleurs à l'idée d'aucun élève de primaire de placer un glaçon dans une chaussette de laine pour qu'il fonde moins rapidement que s'il était à l'air libre. Ici, l'expérience quotidienne (je mets des pulls en laine lorsqu'il fait froid) devient théorie : la laine, c'est chaud (Tiberghien, 2004, p. 38), théorie qui sera peut-être à confronter, un jour ou l'autre, au concept scientifique d'isolation. Entre les deux, la distance est parfois grande notamment parce que les concepts quotidiens sont pour ainsi dire prélevés par l'individu lors de son interaction directe avec le monde, et souvent considérés en tant qu'attributs (sensibles) des objets (ce qui leur confère souvent un caractère intuitif, mais aussi fragmentaire et par conséquent, faiblement généralisateur) là où les concepts scientifiques sont vites plus abstraits (c'est-à-dire sans lien direct avec le monde empirique), mais aussi plus englobants⁵. Le psychologue Michel Brossard précise que :

« Chaque groupe de concepts (concepts quotidiens, concepts scientifique) a sa force et sa faiblesse : les concepts quotidiens sont « forts » en ce qu'ils sont saturés d'expériences concrètes (ils sont « gorgés » d'expériences concrètes...) mais ils ont un faible degré de généralité (là est leur faiblesse). Inversement, les concepts scientifiques ont un haut degré de généralité et sont mis en œuvre consciemment et volontairement (là est leur force) mais au moment de leur transmission, du fait de leur pure généralité, ils ne permettent pas encore de conceptualiser les expériences concrètes (là réside leur faiblesse). » (Brossard, 2008, p. 76).

Comme l'illustre Brossard ensuite, comprendre qu'un pull en laine permet de se réchauffer en hiver n'apporte pas nécessairement de solution lorsqu'il s'agit de se maintenir au chaud en pratiquant le surf. En revanche, une compréhension du concept d'isolation permettrait de considérer ensemble le rôle de la combinaison en néoprène et du pull en laine. La liste des concepts qui, pris au sens quotidien, pourraient heurter le sens que leur confèrent les sciences⁶ serait longue. C'est donc un fait, les concepts quotidiens existent. Ce constat, rapporté au contexte éducatif, pose au moins trois questions : doit-on les prendre en charge ? Pourquoi ? Et si oui, comment ?

⁵ Cela n'oblitére en rien leur robustesse pas plus que leur légitimité, voir à ce sujet Schiele (1987).

⁶ Je situe mon propos dans les sciences dites « de la nature » (*natural sciences*) qui incluent les sciences de la matière (physique et chimie), les sciences de la vie et les sciences de la Terre et de l'univers, mais la plupart de mes constats s'appliquent tout aussi bien aux sciences humaines et sociales.

II. En finir avec les concepts quotidiens ?

S'il est bien un résultat consensuel dans le monde de la recherche (psychologique, éducative, didactique), c'est que « l'on construit ses connaissances [scientifiques] avec et contre celles que l'on possède déjà » (Viennot, 1996, p. 12). Mais derrière le consensus académique, se cache une réalité pédagogique contrastée. La plupart des programmes de sciences des écoles primaires et secondaires, en France et ailleurs, incitent explicitement les enseignants à recueillir les « conceptions⁷ » des élèves pour penser leur action pédagogique. Sur le terrain de la pratique effective, cette étape, lorsqu'elle existe, est utilisée par la plupart des enseignants pour opérer un classement entre conceptions « vraies » et conceptions « fausses⁸ » (Cross *et al.*, 2019). L'élève devra ensuite accepter que sa vision des choses (qu'elle ait été ou non rendue explicite) n'est pas celle attendue, sans nécessairement en comprendre la raison, puis faire en sorte que cette vision ne se manifeste pas lors des évaluations, par exemple. Des générations d'élèves ont appris les sciences de cette manière et cela n'a pas empêché un bon nombre d'entre eux de rejoindre les filières scientifiques de l'enseignement supérieur. Voilà qui pourrait expliquer, au moins en partie, la raison pour laquelle on observe fréquemment des résurgences de concepts quotidiens dans les raisonnements mis en œuvre par les étudiants y compris les plus scientifiquement éduqués. Que ce soit en didactique, en psychologie, en neurosciences, toutes les études convergent aujourd'hui vers ce résultat :

The possibility that an old, incorrect conception is reactivated at any time is foreseen in science education research. [...] in the last years, behavioral and neuroscientific evidence has indicated that alternative conceptions are not extinguished but continue to coexist in long-term memory with the more recently acquired scientific conceptions and can be easily reactivated from long-term to working memory. In other words, the former compete with the latter⁹ (Mason & Zaccoletti, 2022).

Que les élèves et les étudiants confondent vitesse et accélération, qu'ils imaginent qu'un mouvement implique nécessairement une force, est certes contrariant pour les enseignants de physique mais sera sans grande conséquence dans la vie quotidienne de ces élèves. La situation peut devenir un peu plus préoccupante si les concepts quotidiens et les raisonnements associés viennent entraver la formation de l'élève en tant que citoyen éclairé. Les deux exemples qui vont suivre vont me permettre d'illustrer mon propos. Le concept d'évolution présente une dualité intéressante entre son usage courant et son interprétation scientifique. Dans le langage quotidien, l'évolution est souvent associée à des notions de progrès, de finalité ou d'intentionnalité, ce qui peut conduire à une vision erronée du processus évolutif. Par exemple,

⁷ Ce mot est à prendre ici au sens commun du terme et pourrait prendre pour synonyme : idées préalables, idées initiales, prérequis, voire opinions. Les concepts quotidiens relèvent de cette catégorie.

⁸ L'étude conduite par Cross et ses collaborateurs (2019) sur les pratiques déclarées de 130 enseignants de primaire en France précise que ce choix est très fortement contraint par le temps dont ils et elles disposent.

⁹ « La possibilité qu'une vieille et incorrecte conception soit réactivée à tout moment a été anticipée par les sciences de l'éducation. [...] Ces dernières années, des résultats en neurosciences et en sciences comportementales ont indiqué que les conceptions alternatives ne disparaissent pas mais continuent de coexister, dans la mémoire de long-terme, avec les conceptions scientifiques acquises plus récemment, et qu'elles peuvent facilement être réactivées depuis la mémoire de long-terme vers la mémoire de travail. Autrement dit, les anciennes conceptions concurrencent les plus récentes. »

on peut penser à tort que l'évolution est un processus rapide où chaque changement est nécessairement bénéfique pour l'espèce, ou encore que les espèces évoluent vers un état de perfection ou de complexité accrue (Coupaud *et al.*, 2019 ; Fortin & Reier-Røberg, 2016 ; Gobert & Lhoste, 2023 ; Pedersen & Halldén, 1994). En revanche, dans la théorie de l'évolution en biologie, le processus évolutif s'inscrit sur un temps (très) long et se voit marqué par le hasard, les incertitudes, et la contingence. La sélection naturelle agit sur des variations aléatoires sans but intrinsèque, et seuls les traits qui augmentent la survie et la reproduction tendent à se répandre dans une population. Contrairement à la pensée finaliste (qui conduit à des énoncés du type : « la vie humaine est trop complexe pour être le fruit du hasard »), il n'existe pas de dessein ou d'objectif prédéterminé dans l'évolution. L'idée que l'évolution pourrait être orientée vers un progrès ou une perfection fait le jeu de pseudo-théories comme celle de l'*intelligent design*¹⁰ qui sévit dans les écoles nord-américaines depuis près de 40 ans et exclut, par extension, le hasard de toute élaboration explicative.

L'exemple du changement climatique est également intéressant à examiner. Dans une étude de 2020, Jarrett et Takacs montrent que les difficultés rencontrées par les élèves pour construire les connaissances nécessaires à la compréhension du changement climatique sont très largement liées au sens qu'ils donnent aux concepts qui lui sont associés. Le concept de climat se confond par exemple à celui, quotidien, de météo ou de « temps qu'il fait » ici et maintenant. Une vision court-termiste, fondée sur les variations au jour le jour des conditions météorologiques en un lieu donné peut alors contrarier une approche plus globale et inscrite sur un temps long. Une inondation sera alors vue comme la conséquence d'un temps ponctuellement pluvieux, d'une météo défavorable. Cette causalité étant établie, il sera très cognitivement coûteux pour l'élève de penser l'inondation comme une des conséquences d'un changement plus global, impliquant un grand nombre de facteurs covariants sur des échelles de temps de l'ordre de décennies. Il lui sera également coûteux d'y relier le concept d'anthropocène¹¹. On comprend alors le succès encore réel des affirmations climato-sceptiques. D'une manière plus générale, le sens commun, pour peu qu'il n'ait pas été éclairé par les principes et les lois de la science, constitue le filtre à travers lequel les élèves vont lire et interpréter les informations, véhiculées à la fois par les médias et les réseaux sociaux sur des questions aussi vives que le changement climatique, la forme et l'âge de la Terre, la théorie de l'évolution, la vaccination, etc., le risque étant que soient placées sous une même rationalité science et pseudo-science. Or, l'École et en particulier l'enseignement scientifique se doivent d'équiper les élèves d'outils leur permettant de saisir les termes de certains enjeux sociétaux (environnement, santé publique) et d'exercer une pensée critique fondée sur les principes de la science et sur les concepts qui la fondent¹².

¹⁰ La théorie pseudo-scientifique de l'*intelligent design* selon laquelle « certaines observations de l'Univers et du monde du vivant sont mieux expliquées par une cause « intelligente » que par des processus non dirigés tels que la sélection naturelle » selon le site du *Discovery Institute* <http://www.discovery.org/csc/topQuestions.php#questionsAboutIntelligentDesign>

¹¹ Le terme « anthropocène » renvoie au début de l'ère à partir de laquelle l'influence de l'être humain sur la géologie et les écosystèmes est devenue significative à l'échelle de l'histoire de la Terre.

¹² Ces compétences sont d'ailleurs le cœur de cible de l'évaluation PISA « culture scientifique » depuis quelques années.

III. Faire bouger les lignes : comment concilier concepts quotidiens et concepts scolaires dans les apprentissages scientifiques ?

Je n'ai pas les moyens d'apporter une réponse ferme et définitive à cette question. Et je ne peux pas non plus me faire témoin de l'ensemble des travaux qui ont pris cette question pour cible. Ce qui va suivre est donc l'effet d'un choix opéré au sein de centaines de publications et porté par ma propre expérience de chercheuse en didactique des sciences. La question que l'on m'a demandé d'éclairer engage l'idée de « conciliation ». Cela n'a rien d'anodin. Je vais donc partir du principe, comme d'autres l'ont fait avant moi, que l'on ne se départit jamais vraiment de ses concepts quotidiens. Il faudrait donc apprendre à « faire avec ». Et faire avec, c'est d'abord ne pas les ignorer. Mais l'on a vu plus haut qu'il ne suffit pas de dire à l'élève que ce qu'il pense est « juste » ou « faux » pour que le « faux » s'efface devant le « juste ». Les concepts quotidiens doivent être mis au travail et c'est dans cette perspective que les théories du changement conceptuel ont été pensées. Pour en présenter les traits principaux, je m'appuierai sur la méta-analyse proposée par Pacaci et ses collaborateurs qui, dans un article récent, étudient les résultats de 218 études se donnant pour objectif d'aider les élèves à accéder aux concepts scientifiques tout en tenant compte de ceux construits sous l'effet de leurs interactions directes avec le monde qui les entoure (Pacaci *et al.*, 2024). Ils identifient, dans les recherches consultées, trois stratégies payantes : le conflit cognitif (*cognitive conflict*), le rapprochement cognitif (*cognitive bridging*) et le changement de catégorie ontologique (*ontological category shift*). J'en ajouterai une quatrième, inspirée des développements récents en neurosciences : l'inhibition.

A. Le conflit cognitif

Placer l'élève en situation de conflit cognitif consiste à le mettre dans une situation d'insatisfaction cognitive. Celle-ci fait référence à un état mental de dissonance entre ce à quoi l'élève pourrait s'attendre (un résultat d'expérience, un relevé de données, etc.) compte-tenu de ses connaissances, et ce qu'il observe réellement. D'après Posner *et al.* (1982), le processus de changement conceptuel s'amorce lorsque l'élève est confronté à des données, des observations ou à des connaissances que les concepts quotidiens ne parviennent pas à expliquer ou à prédire. On attend de l'insatisfaction qu'elle débouche sur une adaptation du raisonnement structurée autour de nouveaux concepts. En d'autres termes, on espère que cette insatisfaction poussera l'élève à ajuster son raisonnement en intégrant de nouveaux concepts/nouvelles idées. Pour que cela soit possible, il est nécessaire que les nouveaux concepts soient intelligibles : l'élève doit pouvoir en saisir la signification pour les intégrer dans son cadre de pensée. Cela inclut une bonne compréhension des mots, des symboles et des représentations associées à ces concepts. Il faut également que ces concepts soient opérants, c'est-à-dire qu'ils permettent des explications fécondes et susceptibles d'expliquer d'autres situations.

Exemple

Par un raisonnement causal du type « le plus... le plus » appliqué au concept quotidien de température, un jeune élève pourra prédire que plus l'on chauffe de l'eau liquide et plus sa température augmente. L'expérience de mesure de l'évolution de la température de l'eau que l'on chauffe montre qu'il existe un seuil au-delà duquel la température n'augmente plus (environ 100°C) alors même que l'eau continue de recevoir de la « chaleur ». Ce seuil correspond au moment où l'eau se met à bouillir. Face ce constat, l'élève devrait pouvoir reconsidérer le lien spontané qu'il avait établi entre chaleur et température (qui ne lui permet pas de prédire que malgré l'apport de chaleur, la température de l'eau cesse d'augmenter) en faisant le lien entre le phénomène d'ébullition et la stabilité de la température.

B. Le rapprochement cognitif

L'approche par conflit cognitif ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté de la recherche en éducation scientifique. Selon diSessa (2002), il n'est pas toujours productif de se concentrer uniquement sur l'insatisfaction pour favoriser le changement conceptuel. Cela peut engendrer une forme de contrariété et bloquer le processus d'apprentissage. diSessa et son équipe préfèrent l'idée de « pont cognitif », stratégie consistant à utiliser les ressources conceptuelles des élèves et à les transformer pour qu'elles acquièrent petit à petit le sens que l'École leur confère. De ce point de vue, les raisonnements par analogie (on parle d'analogie d'ancrage, d'analogie de pontage) semblent faire leurs preuves (Brown, 1992). Les fondements théoriques du rapprochement cognitif ne sont pas étrangers à la théorie de l'échafaudage (*scaffolding*) de Bruner (1987) ou de celle de zone proximale de développement (ZPD) de Vygotski (2019). Brossard (2008) rappelle que la ZPD est un espace de développement cognitif délimité par deux bornes : d'une part ce que l'élève sait faire seul (son niveau de développement actuel dans un domaine) et d'autre part ce qu'il est capable de faire avec l'aide de l'enseignant (son niveau de développement potentiel dans ce même domaine). L'apprentissage se joue à l'intérieur de la ZPD et se déroule de manière optimale lorsque l'enseignant ou le pair offre un soutien temporaire, adapté (échafaudage), qui est progressivement retiré à mesure que l'élève gagne en compétence (Blat *et al.*, 2024). L'interaction sociale joue un rôle crucial dans ce processus et les concepts quotidiens fournissent une base concrète et intuitive sur laquelle les concepts scientifiques peuvent être construits, à condition toutefois que les concepts de l'École ne soient pas dissociés de la pratique quotidienne. L'efficacité d'une telle approche est soutenue par de nombreuses recherches mentionnées dans la revue de littérature proposée par van de Pol et ses collaborateurs (2010). Les travaux de Ravanis (2010) autour de l'approche par « modèle précurseur » vont également dans ce sens. Elle consiste à introduire auprès des élèves des modèles ou concepts simplifiés, qui ne sont pas encore complètement en accord avec les théories scientifiques établies, mais qui servent de point de départ pour la construction de connaissances plus complexes.

Exemple

Le fonctionnement d'une chaîne de vélo constitue une analogie d'ancrage intéressante pour approcher la notion de circulation du courant électrique. Comment, en effet, concilier le fait que le courant résulte du mouvement de petites particules (des électrons) se déplaçant plutôt lentement alors même que les lampes s'allument instantanément lorsque l'on appuie sur un interrupteur ? Si l'on se place dans le cadre analogique de la chaîne de vélo, on constate qu'un coup de pédale fait bouger la chaîne mais aussi, que tous les maillons de la chaîne se mettent à bouger en même temps (que la chaîne bouge vite ou lentement, cela n'a pas d'importance). Cette analogie repose sur l'assimilation des maillons aux petites particules, de la chaîne au courant électrique. La situation familière de la bicyclette sert de point d'ancrage à la conceptualisation par analogie.

C. Le changement de catégorie ontologique

Selon certains chercheurs, les stratégies présentées précédemment apparaissent insuffisantes car elles ne prennent suffisamment en compte le fait que les concepts quotidiens sont organisés en systèmes cohérents capables d'expliquer (peu importe que les explications soient correctes ou non) une multitude de situations quotidiennes. Pour Vosniadou et ses collaborateurs (2014), modifier la signification d'un concept quotidien ou le remplacer par un concept plus opérant (ou plus proche du concept scolaire) ne modifie que faiblement l'architecture cognitive des élèves (je peux remplacer le mot « vitesse » par le mot « accélération », associer correctement « force » et « accélération » et continuer à penser qu'il faut que « quelque chose » soit la cause du mouvement). Le changement conceptuel apparaît difficile lorsque l'on se concentre uniquement sur des concepts considérés isolément. La stratégie du changement de catégorie ontologique (Chi, 2008) se fonde sur l'idée que tous les concepts appartiennent à différentes catégories ontologiques, telles que la matière ou les processus, par exemple. Un changement conceptuel peut se produire lorsque les élèves sont aidés à repositionner un concept mal classé dans sa catégorie ontologique correcte. L'enseignant doit donc d'abord comprendre les attributs ontologiques des concepts considérés dans leur contexte « quotidien », puis les guider soit vers la réassignation à une catégorie appropriée, soit vers la création d'une nouvelle catégorie si nécessaire.

Exemple

L'entité « feu » en tant que concept quotidien est souvent perçu comme une substance ou une chose concrète. Par exemple, on parle de "faire du feu" ou d'"éteindre un feu", comme s'il s'agissait d'une entité matérielle que l'on peut toucher (ou éviter), qui fait disparaître des combustibles comme le bois. Le sens commun place donc le feu dans la catégorie ontologique « matière ». Au plan scientifique, le feu appartient à la catégorie ontologique « processus » dans la mesure où il s'agit du résultat lumineux et thermique d'une combustion. Laisser le feu dans la catégorie ontologique « matière » conduit à considérer le feu comme un produit de la combustion au même titre que le CO₂, par exemple. Cela peut également compromettre la compréhension du rôle de l'eau pour la lutte contre les incendies de forêt.

Par extension, il apparaît également intéressant de se référer ici aux travaux placés sous le courant nord-américains *Nature of science* - NOS (Lederman, 1992) visant un enseignement qui prendrait en charge ce qu'est la science « par nature » et ce qu'elle n'est pas. Sous cette perspective, concepts quotidiens et concepts scientifiques devraient pouvoir cohabiter, à condition que chacun devienne capable d'apprécier pour quels phénomènes, situations, ils sont, ou non, appropriés/valides.

Finalement, est-ce qu'il ne serait pas plus fructueux de faire en sorte que ces concepts quotidiens ne se manifestent tout simplement pas, ou, en tout cas, pas dans le contexte scolaire ? C'est un peu le parti pris de l'approche par inhibition par laquelle je conclurai.

D. L'inhibition

L'inhibition est une fonction exécutive cognitive qui permet à un individu de contrôler ou de supprimer des réponses automatiques, dominantes, ou habituelles, en faveur d'une réponse plus appropriée ou adaptée à la situation. Sans entrer dans les détails (je vous invite à consulter la méta-analyse très complète de Mason & Zaccoletti (2021)), les recherches en neurosciences tendent à montrer que des régions cérébrales associées à l'inhibition s'activent chez les experts lorsque ceux-ci sont placés en situation de résoudre des problèmes susceptibles d'être abordés de manière scientifique ou de manière plus commune¹³ (Vaughn *et al.*, 2020). Favoriser la fonction d'inhibition chez les élèves pourrait donc constituer une voie prometteuse pour les apprentissages scientifiques. Cela pourrait passer par le développement d'un regard réflexif de l'élève sur ses propres actions (métacognition) (Zohar & David, 2008) ou par l'examen critique d'énoncés contradictoires ou réfutatifs (Mason *et al.*, 2018) à condition que ceux-ci contiennent non seulement des idées représentatives de celles, erronées, des élèves mais également les idées et les concepts scientifiques. Peu d'études existent à ce jour qui placent les élèves en situation d'activer d'inhiber des énoncés relatifs à des savoirs scientifiques. On peut toutefois citer la recherche conduite en 2018 par Willam et Snauwaert sur le calcul de la concentration d'un soluté en solution. Les chercheurs comparent les performances de deux groupes d'élèves de 10^e année (15-17 ans) : l'un confronté à une activité de remédiation impliquant un conflit percepto-cognitif seul, et l'autre réalisant la même activité, mais suivie d'un entraînement à l'inhibition des conceptions non pertinentes dans le cadre de la dissolution d'un sel dans l'eau (en particulier le fait que pour la plupart des élèves, le volume de l'eau salée

¹³ L'une des manières de mesurer la capacité d'inhibition des individus est le test Stop-Signal (SST). Lors de ce test, l'individu doit accomplir une tâche simple de réaction rapide, souvent consistant à appuyer sur un bouton dès qu'il voit un stimulus visuel particulier (comme une flèche orientée à gauche ou à droite) apparaître à l'écran. Dans certains essais, après l'apparition du stimulus de réponse, un signal d'arrêt (souvent un son ou un autre stimulus visuel, comme un "X") apparaît après un délai variable. Lorsque ce signal d'arrêt est présenté, le participant doit inhiber sa réponse et s'abstenir d'appuyer sur le bouton. Dans certaines études sur le changement conceptuel en sciences, il a été montré que la capacité d'inhibition est directement liée à la capacité d'appropriation des concepts scientifiques.

reste identique à celui de l'eau avant dissolution du sel)¹⁴. Les résultats montrent un effet positif du conflit cognitif, associé à un apprentissage métacognitif de l'inhibition, sur l'acquisition d'un concept de chimie (la concentration) chez ces élèves du secondaire.

IV. Ouverture : et si les concepts quotidiens devenaient des leviers ?

Dans cette contribution, j'ai pris le parti d'une dialectique entre concepts quotidiens et concepts scientifiques. Ce faisant, j'ai tenté de montrer en quoi les premiers pouvaient contrarier l'accès aux seconds tout en dégageant quelques pistes pour une appropriation plus durable et plus efficace des concepts enseignés à l'école. Toutes ces pistes reposent sur un même constat : les concepts quotidiens, ceux avec lesquels les élèves arrivent en classe de science, ne peuvent pas être ignorés et devraient pouvoir être mis au travail, explicités, discutés, dans une perspective réflexive.

Cela dit, tous les concepts quotidiens ne constituent pas nécessairement des freins à l'apprentissage scientifique. Certains peuvent même être des leviers. Prenons l'exemple de la forme de la Terre. Notre perception quotidienne ne nous donne aucune indication relative à sa sphéricité. Et de fait, à l'échelle de quelques kilomètres et à hauteur d'Homme, la Terre est plate. Cet état de fait pourrait servir d'appui pour travailler les notions d'échelles et de modèle. La vision localement « platiste » de la forme de la Terre ne serait plus un savoir à déconstruire mais à replacer au sein d'une démarche plus globale de modélisation sous certaines conditions d'échelles de distances. On assurerait ainsi une forme de continuité entre savoir quotidien et savoir scientifique tout en travaillant les principes de la démarche de modélisation et du rôle des modèles, aux fondements de l'élaboration des savoirs de science.

Un problème assez similaire se pose à propos de l'enseignement de l'énergie. Au plan scientifique, l'énergie est une grandeur physique qui se conserve. Autrement dit, en classe de science, on préférera éviter de parler de « perte d'énergie ». Il s'agit pourtant d'une expression bien courante et somme toute, assez légitime. D'ailleurs, elle est à l'origine des incitations à l'économie d'énergie. Or, pourquoi devrait-on économiser l'énergie si celle-ci ne se conserve ? Pour résoudre cette apparente contradiction et concilier « énergie du quotidien » et « énergie scientifique », une piste pourrait être de partir du constat que les dispositifs nécessitant de l'énergie pour fonctionner ne sont pas efficaces à 100 % au sens où l'énergie nécessaire au fonctionnement n'est pas restituée dans son intégralité en tant qu'énergie « utile ». Par exemple, l'énergie thermique (la chaleur) dégagée par une ampoule électrique peut être perçue comme de l'énergie perdue (ou « inutile »), car elle ne contribue pas directement à l'éclairage et qu'a priori on ne va pas récupérer cette chaleur pour l'utiliser à d'autres fins. Sous cette perspective, il devient possible de concilier conservation de l'énergie et perte d'énergie en

¹⁴ À partir de l'exemple de la dissolution du sel dans l'eau, la tâche d'inhibition consistait à placer les élèves face à un énoncé susceptible d'activer soit le savoir pertinent « le calcul se fait sur le volume total de la solution » (raisonnement du type « plus de A donne plus de B ») soit le savoir non pertinent « le calcul se fait sur le volume de solvant » (raisonnement de type « conservation du volume »). Pour chaque énoncé, ils devaient décider quel raisonnement était impliqué. Par exemple, pour l'énoncé « la concentration en sel est le rapport entre la quantité de sel et le volume d'eau » devait être associé le savoir non pertinent.

expliquant que la quantité qui se conserve est la somme de l'énergie utile et de l'énergie inutile. On comprend alors que plus on réduira la quantité d'énergie inutile produite (à énergie utile constante), plus on réduira la quantité d'énergie nécessaire au bon fonctionnement de nos appareils¹⁵. La causalité est importante, en particulier parce qu'une large part de l'énergie que nous consommons provient de sources fossiles (donc carbonées) qui, lorsqu'elles sont utilisées, produisent du dioxyde de carbone dont le rôle sur le réchauffement climatique n'est plus à démontrer. Cet argument environnemental conduit évidemment à s'interroger sur nos habitudes de consommation au quotidien¹⁶.

Si j'ai décidé de conclure mon propos par cet exemple, c'est pour illustrer le fait qu'au-delà des seuls apprentissages conceptuels, l'enseignement des sciences doit pouvoir donner au quotidien des élèves un sens scientifique. C'est sous cette rationalité qu'ils et elles pourront traiter les informations qui leur parviennent de manière critique, sous cette rationalité qu'ils et elles agiront de manière éclairée pour la durabilité du monde qui nous entoure.

Références

Blat, M., Boilevin, J. M. & Marzin-Janvier, P. (2024). Organisation de l'activité de conduite des apprentissages en situation d'enseignement-apprentissage des sciences fondé sur l'investigation. *Éducation & didactique*, 18(2), 117-146.

Brossard, M. (2008). Concepts quotidiens/concepts scientifiques : réflexions sur une hypothèse de travail. *Carrefours de l'éducation*, (2), 67-82.

Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34.

Bruner, J. (1987). *Comment les enfants apprennent à parler*. Retz.

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Routledge.

Cross, D., Farge, S., Lepareur, C. & Munier, V. (2019). Approcher les représentations socio-professionnelles des enseignants sur la notion de conception à partir de questions ouvertes : apport de la linguistique et implications méthodologiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (20), 61-85.

diSessa, A. A. (2002). Why “conceptual ecology” is a good idea. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice* (pp. 29–60). Kluwer Academic Publishers.

¹⁵ Une ampoule dite « basse consommation » produit autant d'énergie lumineuse qu'une ampoule à incandescence classique mais produit nettement moins de chaleur. Au total, la quantité d'énergie consommée par cette lampe est donc inférieure à celle consommée par la lampe classique.

¹⁶ L'enjeu n'est pas seulement de fabriquer des dispositifs plus efficaces énergétiquement mais plus globalement, de réduire la part des dispositifs fonctionnant à partir de sources carbonées et ce, à l'échelle mondiale et à court terme.

- Halloun, I. & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American journal of physics*, 53(11), 1056-1065.
- Jarrett, L. & Takacs, G. (2020). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. *Environmental Education Research*, 26(3), 400-420.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331-359.
- Mason, L. & Zaccoletti, S. (2021). Inhibition and conceptual learning in science: A review of studies. *Educational Psychology Review*, 33(1), 181-212.
- Mason, L., Zaccoletti, S., Carretti, B., Scrimin, S. & Diakidoy, I. A. (2018). The role of inhibition in conceptual learning from refutation and standard expository texts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 483–501.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics today*, 37(7), 24-32.
- Pacaci, C., Ustun, U. & Ozdemir, O. F. (2024). Effectiveness of conceptual change strategies in science education: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(6), 1263-1325.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211–227.
- Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle : concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.
- Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38(1), 69-102.
- Van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational psychology review*, 22, 271-296.
- Vaughn, A. R., Brown, R. D. & Johnson, M. L. (2020). Understanding conceptual change and science learning through educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*. Advance online publication.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European journal of science education*, 1(2), 205-221.
- Viennot, L. (1996). Raisonner en physique : la part du sens commun. De Boeck Supérieur.
- Vosniadou, S. (2014). Examining cognitive development from a conceptual change point of view: The framework theory approach. *European Journal of Developmental Psychology*, 11, 645–661.
- Vygotski, L. (2019). *Pensée et Langage*. La Dispute.
- Willame, B. & Snauwaert, P. (2018). Entraînement au contrôle inhibiteur et apprentissage en chimie dans le secondaire supérieur : Favoriser un changement de prévalence conceptuelle. *Neuroéducation*, 5(2), 73-92.
- Zohar, A. & David, A. B. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and learning*, 3, 59-82.