

Les pièges de la médiation scientifique

Proposition de « bonnes pratiques »

Richard-Emmanuel Eastes

Résumé

Ce document récapitule quelques écueils majeurs susceptibles d'être rencontrés par un scientifique [1] dans un échange avec un groupe concerné d'interlocuteurs profanes : public averti ou non, étudiants ou spectateurs de science, enseignants [2] et leurs élèves dans l'exercice d'un « accompagnement » [3], enfants et adultes... Ces idées concernent essentiellement le mode de la communication frontale, mais peuvent pour la plupart être transposées à tout type d'échange entre scientifiques et « grand public ». Issu de nos observations et de nos expériences personnelles, en classe et dans diverses situations de vulgarisation scientifique, cet article met notamment l'accent sur quelques pièges classiques qui, pour paraître parfois évidents, n'en sont pas moins difficiles à éviter et sont, de fait, largement répandus. De manière systématique, il propose quelques pistes pour les dépasser.

Mots-clés

Pièges, obstacles, bonnes pratiques, cadres de référence, abstraction, idéalisation, modèle et réalité, conceptions, mécanisme de l'apprendre.

Il serait vain de croire possible la conception d'un texte qui, tout à la fois, répertorierait l'ensemble des difficultés de la médiation scientifique et y répondrait par des solutions toutes faites. On ne peut cependant nier que toute activité exercée avec assiduité et attention permet la caractérisation de ses principales difficultés et l'élaboration de préceptes plus ou moins efficaces pour les surmonter.

Certes, ce travail est sans doute plus aisé dans le cadre de la pratique du jardinage ou de la cuisine que de celle de la médiation scientifique, tant les situations, les interlocuteurs et les objectifs y sont diversifiés. Mais si l'on admet que partager sa culture scientifique, c'est aussi un peu « cultiver la curiosité » et « mettre en appétit de science », on peut se risquer à proposer quelques « recettes » qui, si elles ne peuvent garantir un succès systématique, ont au moins le mérite de poser les premiers jalons d'une « bonne pratique » de la médiation scientifique. C'est ce que nous nous risquons à proposer dans les pages qui suivent.

Pour le scientifique : un fossé difficile à évaluer

Le vocabulaire

Certaines difficultés observées dans la médiation des sciences et attribuées à des problèmes de compréhension conceptuelle sont en fait le plus souvent dues à des problèmes de langage ; mots courants ou termes spécifiques, le discours scientifique regorge de pièges redoutables.

Problème 1

Qu'il s'agisse des mots courants réemployés par la science dans un tout autre sens (« solution » aqueuse, « gravité », « modèle » mathématique...), des concepts scientifiques au contraire détournés par l'usage (antennes « paraboliques », « énergies » négatives, rayons « lasers »...), des concepts scientifiques aux sens multiples et parfois

Le ticket d'Archimède : la chimie

**Pourquoi ça décolore ?
ou... l'histoire de l'eau de Javel.**

Il était une fois un chemisier blanc immaculé. Un jour, il fut taché par une cerise bien rouge.

Des molécules colorantes de la cerise s'accrochèrent au chemisier.

Heureusement, à l'époque de la Révolution le chimiste Claude Berthollet mit au point l'eau de Javel. Ajoutée à l'eau de lavage, elle réagit avec les molécules du colorant, leur apporte de l'oxygène et de la sorte, change leur « forme ». Ainsi transformées, ces molécules ne laissent apparaître aucune coloration ...

Le chemisier retrouva toute sa blancheur et continua d'être fièrement porté.

L'eau de Javel n'enlève pas la tache, elle change les molécules du produit coloré afin qu'il ne présente plus aucune couleur.

Centre de Vulgarisation de la Connaissance
Unité des universités Paris 6 et Paris 7 sous le soutien de CNRS
dans le programme de concertation de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.
Questions ? Suggestions ? tél. : 01 69 85 33 71 http : www.cvc.u-psud.fr/cvc

RATP

Figure 1 - Un vocabulaire choisi et particulièrement bien étudié : les affiches du Centre de la Vulgarisation de la Connaissance présentées dans le métro parisien.

contradictaires (« fusion » d'un solide ou thermonucléaire, « pureté » de l'eau en chimie et en biologie, « kilowatt » et « kilowattheure »...), des termes scientifiques qui ressemblent à des mots courants et induisent des idées fausses (« année » lumière, « spéciation »...) [4] ou des termes dont la prononciation est équivoque (« la symétrie » et « l'asymétrie »...), les obstacles à la compréhension dans une présentation frontale sont nombreux.

Problème 2

La référence à des concepts et théorèmes spécifiques (« induction électromagnétique », « théorème de Bernoulli »...) constitue souvent un refuge et une solution de facilité face à une problématique complexe. Leurs effets sur le public sont les mêmes que l'emploi de termes spécialisés (« acide désoxyribonucléique », particules « alpha »...), d'acronymes divers (PVC, NADH...), d'anglicismes (bulk, wafer, wireless...) et que l'évocation de détails non situés (rôle de la « mitochondrie » sans l'avoir localisée dans la cellule, par exemple); il en résulte des effets aussi divers que la fausse impression de comprendre et la transmission d'un « pseudo-savoir », l'abdication des efforts de compréhension, l'impression d'inaccessibilité de la science, etc.

Solution : l'attention

Conserver une interrogation constante quant aux termes et concepts employés et une attention permanente aux réactions de ses interlocuteurs. Les interroger souvent à ce sujet (« Quels types d'objets et de propriétés évoquent pour vous le mot « cellule » ? »). Proscrire toute mention de concept ou de théorème inutiles dans le cadre du projet.

Les cadres de références [5]

Problème 1

L'existence de cadres de référence décalés entre scientifiques et profanes peut conduire à l'incompréhension, voire à la construction d'idées fausses, simplement parce que les termes n'ont pas le même sens pour les uns et les autres (une onde ne se « propage » pas comme une maladie, on « ferme » l'interrupteur pour « ouvrir » la lumière...).

Problème 2

Bien plus, ce décalage peut conduire le scientifique à employer sans précautions des termes (« mol/L »...), des concepts (« élément chimique »...), des formalismes (fonctions mathématiques « $f(x)$ », représentation des doublets d'électrons par des barres...), des représentations graphiques (échelles logarithmiques...) et des modèles (modèle de Bohr et « couches électroniques »...), voire de véritables paradigmes [6] scientifiques (« sens » du courant électrique, équivalence masse-énergie...) qui lui sont extrêmement familiers, en oubliant qu'ils sont totalement ésotériques pour le public à qui il s'adresse. Ces implicites, qui peuvent aller jusqu'aux modes de raisonnement (« par l'absurde », « par récurrence »...), ne sont pas sans conséquences sur l'accessibilité du discours du scientifique.

Solution : l'interactivité

Préserver une interactivité maximale lors de toutes les phases de l'échange, s'informer au préalable sur le niveau de connaissance du public et sur sa culture. Autant que possible, s'entretenir avec lui avant toute chose pour identifier ses « conceptions » sur le sujet à traiter ensuite (voir paragraphe suivant).



Figure 2 - Le pouvoir explicatif de la métaphore : l'autopsie de Monsieur Potassium révèle l'existence de 19 protons, 20 neutrons et 19 électrons. Defeme J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

La méconnaissance des mécanismes d'apprentissage

Problème

La structure mentale des apprenants est encore trop considérée comme une « cire vierge » sur laquelle il suffit d'apposer un discours clair, une expérience démonstrative, pour que le savoir correspondant y soit imprimé convenablement. Au-delà des problèmes de vocabulaire et de cadres de référence déjà évoqués, l'ignorance de la manière dont les structures mentales préexistantes des adultes et des enfants rejettent les nouvelles informations si elles ne sont pas « conformes », ne permet au scientifique qu'une transmission limitée de ce qu'il souhaite apporter en termes de savoirs.

Solution : faire « avec » pour aller « contre »

L'apprenant perçoit toute nouvelle information au travers de la grille d'analyse que constitue le réseau de « conceptions » [7] dont il dispose sur le sujet traité. Par suite, l'identification de ces conceptions, leur perturbation par des moyens adéquats (expériences contre-intuitives par exemple) et l'accompagnement subséquent au travers d'approches diversifiées constitue la démarche idéale.

Mais surtout, il est utile de se rappeler que l'on ne peut apprendre à la place de l'autre et que la seule chose que l'on peut lui transmettre directement, c'est sa passion !

Le passage à l'abstraction

Une fois les formalismes et concepts introduits et assimilés, c'est la phase de leur utilisation qui pose problème.

Problème 1

Il est admis que la manière la plus simple de procéder à des raisonnements abstraits consiste à passer par l'emploi de schémas (illustrations, diagrammes...), de symboles (vecteurs, symboles des acides aminés, liaisons chimiques...), de maquettes (modèles moléculaires, double hélice de l'ADN, modèle des couches terrestres...), autant d'outils que

l'on peut regrouper sous le vocable de « représentations iconiques ».

Or, comme le vocabulaire et les formalismes évoqués ci-dessus, ces représentations iconiques elles-mêmes posent des problèmes de compréhension. André Giordan précise en effet que « [Ce] ne sont pas des images simplifiées d'une réalité intangible : ce sont des visions construites et formalisées à un certain degré des problèmes à résoudre. Si elles peuvent constituer des aides non négligeables à la réflexion et à la compréhension, elles créent à leur tour leurs propres obstacles » [8]. Et à ce stade, les problèmes évoqués plus haut refont surface.

Problème 2

Plus généralement, c'est à l'aide de modèles théoriques que les scientifiques opèrent ce passage à l'abstraction, nécessaire pour interpréter, simuler et prédire les phénomènes de la Nature. Mais on oublie souvent que leur construction s'est accompagnée de la création d'un « monde » totalement nouveau ; un monde abstrait dans lequel l'intuition et l'habitude ne sont plus nécessairement opératoires (cas de la thermodynamique chimique, de la mécanique quantique...). Un monde dans lequel même après le nécessaire temps d'accommodation, il est essentiel de s'habituer à naviguer avant d'y être totalement à l'aise, puis de parvenir à tisser des liens avec la réalité pour comprendre la pertinence de ce monde théorisé [9].

Or pour le scientifique, tenir compte de ces besoins constitue un obstacle énorme. Parfaitement rompu à l'exercice du raisonnement dans le monde théorique qu'il s'est construit pour représenter le monde réel, tellement habitué à passer d'un monde à l'autre qu'il ne fait parfois même plus la différence entre les deux, entraîné à jongler avec les faits avérés et les lois élaborées pour en rendre compte, il ne « sent » plus la nécessité d'identifier convenablement les deux aspects, de préciser ce qui relève de la réalité et ce qui n'est que modélisation ou simulation.

Ainsi à la question : « Pourquoi les carottes sont-elles oranges ? », il pourra par exemple répondre en termes de niveaux d'énergie dans les polyènes, dont le carotène, responsable de cette couleur, est un représentant. A celle de l'existence d'un état liquide de l'eau salée à - 20 °C, on en a même vu évoquer les potentiels chimiques des phases solide et liquide devant des enfants... Pour le chimiste, le lien semble direct ; mais combien de passerelles entre le monde réel et le monde théorique emprunte-t-il en même temps pour faire ce lien ? En tout état de cause, trop pour le public non initié. En effet, il ne viendrait à personne l'idée d'enseigner les rudiments d'une langue étrangère et dans les minutes qui suivent, de mélanger allègrement les mots des deux langues dans une même phrase...

Sans compter qu'au-delà des problèmes de compréhension, cette imprudence peut également introduire la très préjudiciable confusion entre modèle et réalité auprès du public, comme nous le verrons dans la deuxième partie de ce document.

Solution : l'empathie

Aussi convient-il de s'interroger : les symbolismes utilisés pour simplifier le passage à l'abstraction sont-ils adéquats, compréhensibles, compatibles ? Sont-ils fournis avec leurs clefs de décodage ? De même, les modèles introduits sont-ils clairement caractérisés au regard des concepts qu'ils nécessitent, des approximations qu'ils sous-tendent, des limites qu'ils présentent ? Les passerelles

entre le monde réel et celui de l'abstraction sont-elles suffisamment précisées ? Les passages de l'un à l'autre sont-ils identifiés et limités au maximum ?

C'est à ce prix, et en ayant conscience des difficultés qu'il y a pour des interlocuteurs non initiés à raisonner dans un monde abstrait et à établir des liens avec le monde réel, que le scientifique pourra espérer atteindre le difficile objectif de faire lentement passer auprès de son public les contenus conceptuels de la science moderne.

Mais en tout état de cause, pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, la science ne pourra être comprise grâce à des modèles théoriques que dans de très rares exceptions ; le temps, l'implication et la quantité de concepts nécessaire à cette approche la destinant plus aux activités d'enseignement des sciences qu'à la médiation scientifique.

Le mélange des niveaux de conceptualisation

Problème 1

Au-delà du passage incontrôlé entre les mondes réel et théorique, le scientifique peut également être amené à utiliser de façon simultanée différents modèles théoriques pour illustrer une même réalité. Et de ce fait, son aisance et son habitude de jongler avec eux peuvent là encore l'amener à passer inconsidérément de l'un à l'autre, voire à les mélanger eux aussi dans son discours. Ainsi on verra très souvent dans un même exposé, le modèle de Bohr côtoyer le modèle quantique de l'atome, sans que le médiateur ne prenne la peine de s'attarder sur le fait que dans le premier modèle, les électrons qui possèdent l'énergie potentielle la plus élevée sont les plus éloignés du noyau, alors que ce n'est absolument pas le cas dans le second modèle.

Problème 2

Cette constatation est vraie pour les modèles, mais elle l'est aussi pour les représentations iconiques mentionnées ci-dessus. Ainsi, on voit souvent sur un même document des molécules organiques représentées selon des formalismes très variés, mais adaptés au propos du conférencier sur le moment (formule « brute » pour la composition de la molécule, formule « semi-développée plane » pour les groupes fonctionnels, formule « spatiale » en représentations de Cram, Newman ou Haworth pour la stéréochimie, formule « en bâtonnets » pour la structure électronique...). Là encore, le manque de passerelles entre les différentes représentations est préjudiciable à la compréhension du profane.

Solution : l'économie

Pour peu qu'on lui en donne les clefs et qu'on lui laisse le temps de se les approprier, l'apprenant est capable de faire le lien entre les différents modèles qu'on lui propose. Mais cela suppose également qu'on lui indique les transitions entre les différents mondes sous-tendus par ces modèles et qu'on lui montre les passerelles qu'il peut emprunter pour y tisser des liens. A ce titre, une vigilance constante de la part du vulgarisateur est de mise. Là encore, il ne viendrait à personne l'idée d'enseigner deux langues étrangères en même temps en en mélangeant les outils (c'est-à-dire le vocabulaire) et les conditions d'utilisation (les règles de grammaire)... Mais il va sans dire que limiter le nombre de modèles et de représentations simplifiera dans tous les cas grandement la compréhension du public.

Les limites de certaines « aides à penser »

Problème

Pour pallier aux problèmes posés par la formalisation et la théorisation des phénomènes, voire tout simplement à leur complexité, le scientifique a souvent recours à la métaphore, à l'analogie, à la métonymie. Or si ces outils, comme l'illustrent les figures 2 et 3, peuvent constituer des aides à penser utiles à l'appropriation de nouveaux savoirs, ils n'en demeurent pas moins parfois porteurs d'idées fausses et de glissements de sens, pouvant même constituer des sources de blocages dans l'évolution de la pensée (NaCl et NaOH sont-ils vraiment des molécules ?).

Des études ont montré que la métaphore de la « petite graine » faisant référence au spermatozoïde lors de la reproduction par exemple était source de confusions chez les enfants au niveau des rôles respectifs des gamètes mâle et femelle. André Giordan écrit par exemple : « *Envisager le spermatozoïde comme une « petite graine » aide les jeunes [enfants] à se frotter à l'idée de fécondation. En contrepartie, la métaphore renforce l'idée de l'importance du père dans la fabrication de l'enfant. La mère, ravalée au rang de « couveuse », « protège » et « nourrit » pendant neuf mois le petit bébé* » [10].

De même, l'analogie entre les oscillations pseudo-périodiques de la réaction oscillante de Belousov-Zabotinski et le régime pseudo-périodique des oscillations d'un ressort peut paraître séduisante. Cependant, une étude du mécanisme chimique mis en œuvre montre qu'elle est totalement fautive, le système se comportant plutôt comme un mécanisme d'horlogerie dont le ressort fait osciller le balancier en se détendant peu à peu.

Solution : la vigilance

Il n'est bien entendu pas question de proscrire les analogies et les métaphores si elles peuvent être utiles à la compréhension de phénomènes. En revanche, une vigilance minimale quant à leur pertinence et aux idées fausses qu'elles risquent d'introduire semble raisonnable pour éviter ces écueils. Discuter de leurs limites avec les interlocuteurs, les présenter comme des moyens mnémotechniques ou prendre la précaution d'ajouter « tout se passe comme si » sont des solutions possibles.

La focalisation sur les contenus et sur la précision scientifique

Problème 1

La présentation de contenus académiques (concepts, lois, modèles et théories, informations et actualités scientifiques) constitue souvent un objectif prioritaire pour les scientifiques. Pourtant, l'assimilation de concepts et de lois nécessite une lente maturation, une appropriation progressive des outils et modèles élaborés par la science, parfois au cours de siècles de tâtonnements et de perfectionnements, pour représenter l'univers. Dans le cadre d'une activité de médiation scientifique et faute de disposer du temps nécessaire à cette maturation, la tâche s'avère donc très souvent utopique.

Problème 2

De même, beaucoup ne supportent pas l'idée d'une présentation simplifiée où le nom d'une substance serait

écorché ou celui d'une loi même simplement non mentionné (loi de Lenz, effet Venturi...). Bien sûr, les termes précis, comme les noms propres donnés aux phénomènes et aux lois, peuvent servir d'accroches et d'aides à penser. Mais les détails trop spécifiques complexifient le discours et, lorsqu'ils sont inutilement introduits, isolent le scientifique et sa discipline, donnant au mieux aux interlocuteurs la fausse impression de retenir quelque chose.

Problème 3

Enfin, la focalisation sur les contenus académiques risque de limiter l'établissement de liens entre les connaissances et la mise en perspective du savoir (aspects historiques, épistémologiques, éthiques, pratiques...). Cette lacune conduit à l'acquisition de connaissances ponctuelles et désincarnées, difficiles à mobiliser plus tard dans d'autres circonstances.

Solution : « lâcher prise »

Si l'acquisition d'un savoir académique rigoureux et précis est une préoccupation pertinente en situation d'enseignement secondaire et supérieur, elle est souvent impropre à la sensibilisation de tout autre public à la démarche scientifique. Avant tout, il convient de se préoccuper de ses besoins réels en matière de contenus et d'adapter son discours en conséquence. Dans certains cas, on pourra même envisager l'utilisation de « modèles métaphoriques » ou « pédagogiques » (figure 3), mais amplement suffisants au regard des objectifs que l'on s'est fixés [11]. Avec bien entendu les précautions mentionnées dans le paragraphe précédent, pour éviter par exemple de laisser croire que les atomes s'assemblent par amour plutôt que pour des questions d'ordre énergétique...

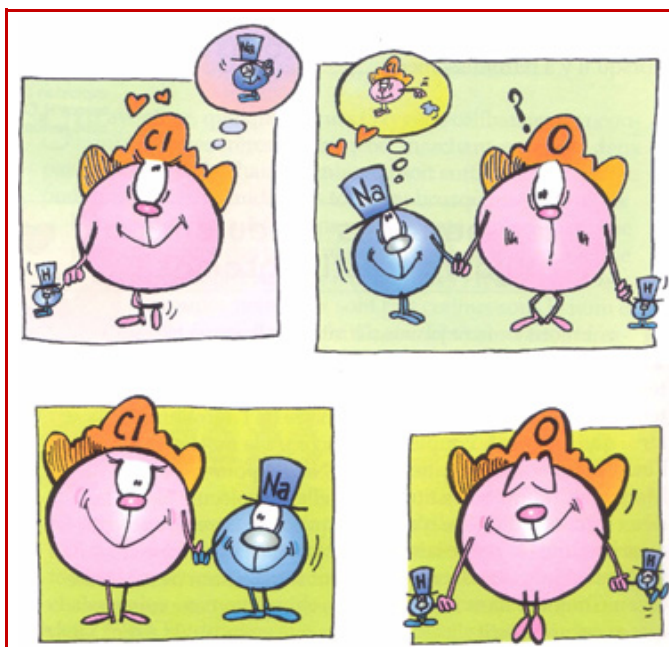


Figure 3 - Initiation humoristique à la réaction chimique : au cours d'une promenade, le couple HCl rencontre le trio NaOH. Quelques idées de changement germent dans les esprits... Madame Chlore et Monsieur Sodium se mettent alors en ménage, confiant la garde des deux petits Hydrogène à Madame Oxygène qui s'en accomode fort bien ! Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

Transmettre des connaissances, susciter d'autres formes de raisonnement, éveiller la curiosité et le sens critique, donner un aperçu de la vie du scientifique, faciliter le débat démocratique sur des problèmes de société, instruire à la « complexité » et à la relativité de la « vérité scientifique », mettre en « appétit de savoirs », répondre à des interrogations éthiques ou métaphysiques, divertir, faire rire ou rêver... Il incombe au médiateur scientifique de mener une réflexion préalable profonde sur l'utilité du rapprochement qu'il opère entre la science et l'école.

Pour le profane : une vision imprécise de la science

La confusion entre modèle et réalité

Problème

Pour beaucoup, les lois semblent souvent prévaloir sur les propriétés de la Nature, alors qu'elles n'en constituent que des modélisations approchées, des tentatives d'explicitation dans des domaines d'application plus ou moins restreints. N'entend-on pas souvent parler des « lois physiques qui régissent l'univers » ? Cette confusion entre « modèle » et « réalité » conduit à une perception de la science dogmatique, figée et inaccessible, particulièrement et contre toute attente chez ceux qui l'ont approchée au cours de leur scolarité.

Solution : démystifier les modèles

Pour aller à l'encontre de cette perception de la science et du monde, et surtout éviter de la perpétuer, il semble crucial d'introduire aussi tôt que possible la notion de « modèle » scientifique, même très mal appréhendée par beaucoup d'enseignants. Avec elle s'impose la nécessité de faire comprendre qu'un « concept scientifique » est un outil descriptif avant d'être un objet naturel (« force », « orbitale »...) et que la « loi » est souvent approximative et ne s'applique que dans des conditions particulières (« loi de Hooke », « loi d'action des masses »...).

L'idéalisation du monde

Problème 1

Dans le même ordre d'idées, la confiance accordée par le non-scientifique aux résultats numériques d'un calcul comme à la précision d'une mesure physique (lecture d'un pH à 1% près, mesure de la période d'un pendule sur une seule oscillation) est souvent abusive. Elle occulte d'une part le degré de modélisation du phénomène étudié, c'est-à-dire la non-considération de perturbations du second ordre au moment de sa conceptualisation, et d'autre part l'incertitude expérimentale liée aux instruments de mesure employés.

Il en résulte à nouveau une vision erronée du monde, de la science et de son degré de fiabilité, non sans avoir des répercussions dans la vie courante telles que le respect de dates de péremption au jour près, indépendamment des autres facteurs qui ont pu affecter la conservation de la denrée concernée.

Problème 2

L'acceptation dans l'enseignement de modèles simplifiés comme des descriptions exactes de la réalité et l'oubli correspondant des paramètres secondaires susceptibles de l'affecter, conduisent les élèves à une vision simpliste du monde et à la croyance en l'existence de solutions simples à

des problèmes qui sont en réalité complexes et dépendants de multiples paramètres enchevêtrés. Il en résulte des lacunes inquiétantes au niveau de l'éducation à la « complexité » et au traitement des problèmes de société, par essence complexes, au travers d'« approches systémiques » (développement durable par exemple).

Solution : lutter et militer

En toute circonstance, rappeler l'existence des paramètres que l'on néglige (résistance de l'air dans l'étude de la chute des corps par exemple) et montrer éventuellement des situations dans lesquelles ils prennent une importance notable (utilisation d'un fluide visqueux dans une expérience analogue). Insister alors sur les « ordres de grandeur » et leur comparaison.

Dans le traitement de situations complexes dépendant de paramètres multiples, insister sur les notions d'optimum (équilibre d'un système chimique par exemple) et sur les notions d'incertitude théorique (inégalité de Heisenberg, chaos...) et expérimentale (précision des appareils, chiffres significatifs...).

L'idéalisation du scientifique

Problème

Parce qu'il emploie un vocabulaire élaboré, parce qu'il a fait de longues études, parce qu'il maîtrise les mathématiques et l'informatique, parce qu'il fait des expériences bizarres, parce qu'il semble comprendre l'univers mieux que tout autre, le chercheur fait l'objet d'un certain complexe d'infériorité de la part du « grand public ». Bien plus, en contribuant à alimenter l'image du « savant fou », sorcier travaillant seul dans un laboratoire inquiétant, ces caractéristiques renforcent encore la vision erronée de la science décrite plus haut. S'ajoutant à sa vision idéalisée, cette perception ne peut alors que contribuer à entraver la confiance des non-scientifiques à l'aborder, voire même à poser des questions qu'ils croient ineptes.

Solution : rassurer

Dans toute activité de médiation scientifique, essayer dans la mesure du possible de donner au public une vision réaliste du métier de chercheur : aller à l'encontre de la vision du savant fou en insistant sur l'importance de la communication entre pairs, mettre en évidence les liens qui connectent monde de la recherche et monde industriel, insister sur la part d'éthique du métier de chercheur, etc.

Montrer que le scientifique est un spécialiste de la science, comme le garagiste est un spécialiste de la mécanique, et que tous deux ont un langage propre, en apparence hermétique, mais accessible. Ne pas hésiter à démystifier les « questions bêtes » [12], éventuellement en montrant pourquoi elles ne le sont pas et en encourageant la curiosité et le questionnement, l'histoire des sciences montrant assez combien elles peuvent être source de nouvelles découvertes.

L'idéalisation de la démarche expérimentale

Problème

La fausse démarche expérimentale de type OHERIC [13], reconstruite après coup et idéalisant la manière dont l'expérimentation se mène réellement en recherche, découle de la perception de la science décrite ci-dessus. Cette idéalisation de l'expérimentation est encore perçue (et

enseignée) comme la manière dont la science se construit. Et parce qu'elle occulte les essais et erreurs, les tâtonnements et les changements de cap, elle transforme en échec inavouable toute errance face à une situation expérimentale complexe.

D'une part, cette perception rend la science inquiétante pour celui qui devra l'enseigner parce qu'il n'est pas préparé à accepter les aléas de l'expérimentation réelle ; combien d'enseignants et de médiateurs savent exploiter sans rougir une « expérience qui rate » ? Lors des activités expérimentales d'autre part, elle conduit souvent à une présentation directive des expériences au travers de modes opératoires figés qui ne laissent aucune place à l'imagination et à la réflexion ; pratique qui rend la science à la fois rébarbative et inaccessible pour l'élève qui ne maîtrise rien.

Solution : le droit à l'erreur

Lors de la présentation d'une expérience, tenter de se souvenir des difficultés qui ont accompagné son élaboration s'il s'agit d'une « expérience de recherche », et préciser qu'il s'agit d'un cas idéal s'il s'agit d'une « expérience de démonstration ». Dans le cas où l'activité d'accompagnement scientifique permet à la classe de conduire une ou plusieurs expériences, éviter à tout prix les modes opératoires directifs, les fiches et les maquettes pédagogiques « trop bien pensées ». Dans tous les cas, laisser une large part au questionnement, la possibilité d'essayer et celle de se tromper : que souhaite-t-on faire ? Comment parvenir à ce que l'on aimerait faire ? Pourquoi telle manipulation, telle étape, tel matériel ?

La médiation scientifique... tout un art !

Notes et références

- [1] Chercheur, enseignant-chercheur, étudiant, animateur scientifique...
 [2] Aux niveaux primaire ou secondaire.
 [3] Par « accompagnement scientifique », nous entendons ici la forme de collaboration entre scientifiques et enseignants décrite par les groupes

de travail du colloque ASTEP (<http://www.ens.fr/astep/>, voir également l'article en page 56 de ce numéro).

- [4] Un calembour illustre cette idée de façon plaisante : *Quelle est la puissance d'un coton-tige ?* Réponse : *Deux ouates...*
 [5] Le « cadre de référence » d'un individu constitue le cadre de pensée et d'interprétation du monde qu'il s'est construit au cours de son vécu. Il est extrêmement dépendant du milieu familial et socioculturel dans lequel il a grandi et conditionne la manière dont il reçoit, analyse et stocke les informations nouvelles.
 [6] Monogamie, cartésianisme, modèles de croissance économique, découpage des harmonies musicales en douze demi-tons, sept couleurs de l'arc-en-ciel : les paradigmes sont les fondements socioculturels de la pensée d'un groupe humain.
 [7] Idées préconçues, images mentales, réseau sémantique, modes de raisonnement préexistants : autant de structures mentales à « déconstruire » et sur lesquelles s'appuyer pour permettre l'appropriation d'un savoir plus élaboré.
 [8] Giordan A., Introduction des Journées Internationales de l'Éducation Scientifique (JIES, ChamoniX), 1987.
 [9] Ainsi, on a vu un groupe d'enseignants parvenir à indiquer le résultat de la composition de deux rotations de 90° par un raisonnement théorique, mais à ne pas y parvenir avec trois miroirs perpendiculaires deux à deux.
 [10] Giordan A., *Apprendre !*, Belin, 1998.
 [11] Le « modèle » de l'atome construit par Jacques Deferne dans l'ouvrage qui a servi à illustrer ce numéro en est un exemple particulièrement probant.
 [12] Nous avons par exemple l'habitude de dire à nos étudiants qu'« il n'y a que les questions que l'on ne pose pas qui sont bêtes »...
 [13] Observation-Hypothèse-Expérience-Résultat-Interprétation-Conclusion.



Richard-Emmanuel Eastes

est membre du groupe Diffusion des Savoirs de l'ENS (Paris), président de l'association Les Atomes Crochus, directeur du Service des concours scientifiques inter-ENS* et chercheur au Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences (Université de Genève).

- * Service des concours inter-ENS, Bâtiment Laplace – ENS Cachan, 61 avenue du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex.
 Tél. : 01 47 40 74 30. Fax : 01 47 40 74 31.
 Courriel : emmanuel.eastes@ens.fr
 Les Atomes Crochus : <http://atomes.crochus.free.fr>
 Page personnelle : <http://eastes.free.fr/reeastes.htm>

Abandonner les concepts complexes et adopter un vocabulaire simple...

Question posée au réseau de consultants de *La Main à la Pâte* par Cassandra S., enseignante en cycle 3 (CE2-CM1-CM2) :

Si l'on prend un verre plein d'eau avec un glaçon mis dedans et qu'on laisse fondre le glaçon, l'eau ne déborde pas du verre. Pourquoi ? Hypothèse d'un élève : parce que l'eau s'évapore ?

Réponse de Richard-Emmanuel Eastes, consultant scientifique pour les Sciences de la matière

En entrant dans l'eau, le glaçon « appuie » dessus et la fait monter. Au bout d'un moment, il s'arrête de descendre car le poids de l'eau qu'il a fait monter est égal à son propre poids.

S'il fond, l'ensemble « glace solide + glace fondue » ne change pas de poids et continue donc d'appuyer de la même façon sur l'eau qui l'entoure. Par suite, le niveau de cette eau n'est ni plus haut ni plus bas que le niveau de l'eau qui entourait le glaçon avant qu'il ne commence à fondre.

Le niveau de l'eau n'a pas changé au cours de la fonte du glaçon.

Une petite remarque à part : la question est classique mais... qui a déjà tenté de réaliser l'expérience ? Si vous le faites, vous verrez que le glaçon affleure tellement peu qu'il est bien difficile d'observer quoi que ce soit. A moins qu'il ait une forme bien choisie, conique par exemple. En outre, le niveau de l'eau pourrait monter que le verre ne déborderait pas nécessairement, grâce aux effets de bords qui permettent de remplir un verre bien au-delà de son niveau supérieur.

Autrement dit : expérience peu probante ! Au demeurant, intéressante à évoquer pour aller contre l'idée reçue que l'élévation du niveau des océans serait due à la fonte de la banquise. Des glaciers peut-être, à la rigueur, mais... On sait que l'effet est négligeable par rapport à la dilatation thermique de l'eau des océans.

- Retrouvez toutes les questions des enseignants et toutes les réponses des scientifiques sur les pages du réseau de consultants scientifiques de *La Main à la Pâte* à l'adresse : <http://www.inrp.fr/lamap/>