

Quand l'adulte cherche à expliquer les phénomènes naturels

par **Pierre-Léon Trempe**
professeur de didactique des sciences
à l'université du Québec à Trois-Rivières

Le lancement de Spoutnik I en octobre 1957 marque sans doute un tournant dans l'intérêt du grand public envers les sciences. La nation américaine réalisait avec stupeur la performance des Soviétiques en matière de recherche scientifique. Au lendemain de cet exploit, on sonnait à coups de millions le branle-bas de combat : les Américains devaient reprendre la tête du peloton.

Apparaissent alors les PSSC, CHEM, BSCS, ... dans l'espoir d'enrichir radicalement la formation scientifique des jeunes dans les écoles. Cette impulsion d'origine américaine se répercutera sur tout l'Occident : les sciences partout deviendront à la mode, dans les médias comme à l'école. On veut que les gens s'intéressent davantage aux sciences et que les jeunes acquièrent beaucoup plus que des connaissances livresques. L'accent devra dorénavant porter sur l'acquisition de concepts scientifiques fondamentaux et sur une initiation à l'esprit et à la méthode scientifiques.

Au Québec, le *Rapport Parent* donne le coup d'envoi : les écoles du Québec se mettront à l'heure des grandes nations industrielles. Un quart de siècle s'est depuis écoulé... Les choses ont-elles vraiment changé ? Bien sûr, les élèves comme les manuels sont plus nombreux, les enseignants plus scolarisés, les laboratoires mieux garnis, les programmes renouvelés, ... Mais dans les faits, à l'intérieur du quotidien de la classe, les changements apparaissent somme toute assez ténus.

Le contenu des cours de sciences — et, du reste, pas seulement des cours de sciences... — est toujours aussi livresque, aussi fragmenté et linéairement programmé, toujours constitué et structuré pour faciliter d'abord l'organisation et l'évaluation. Les exercices imposés aux élèves sont toujours aussi répétitifs, stéréotypés et stériles que jadis, encore conçus pour accroître en premier lieu la performance à l'évaluation. Celle-ci, toujours aussi fortement dépourvue de substance et de liens avec les interrogations de la vie courante, et destinée autant que jadis — sinon davantage maintenant, avec la dépersonnalisation qui peut régner dans nos polyvalentes et cette déplorable habitude qui s'est installée de recourir systématiquement à des questions à choix multiples —, une évaluation, donc, destinée avant tout à satisfaire des impératifs de contrôle du comportement, de classification et sélection des élèves et de fonctionnement bureaucratique... Bien sûr, il y a des exceptions, mais leur nombre apparaît fort restreint.

Je ne m'étendrai pas davantage sur le sujet : je crois y avoir consacré suffisamment d'attention, ces dernières années¹.

1. Particulièrement dans Lavoisier, « L'enseignement des sciences dans une polyvalente », in J. Olson & T.L. Russell, *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes, études de cas*, vol. III, Conseil des sciences du Canada, Hull : Ministère d'approvisionnement et service, 1984, pp. 221-272 ; et dans *L'enseignement des sciences au quotidien ; six études de cas au primaire et au secondaire : Problématique, méthodologie, interprétation et synthèse générale de l'information*, Université du Québec à Trois-Rivières, 1987.

Malgré l'échec de l'école et le désintéret qu'elle peut provoquer chez bon nombre envers les sciences, si on considère les médias, et particulièrement la télévision avec sa programmation hebdomadaire de plusieurs émissions à caractère scientifique et ses bulletins de nouvelles qui rapportent régulièrement les dernières découvertes, on pourrait peut-être penser que le grand public a quand même la possibilité de se mettre un peu à jour...

J'ai donc interrogé des adultes, jeunes et moins jeunes, pour tenter de comprendre comment ils s'expliquent un certain nombre de phénomènes et, ce faisant, à partir de quels matériaux ils peuvent construire

ces explications. Dans un premier temps, quatre personnes furent interrogées, chacune pendant une heure ou deux, en les questionnant et en les relançant régulièrement pour approfondir leur pensée. Dans un second temps, au moyen de questionnaires ouverts, qui ont par la suite fait l'objet d'échanges en sous-groupes avec les intéressés, c'est une vingtaine d'autres qui ont été rejointes.

Dans cet article, je me limiterai à présenter et à analyser deux courts extraits tirés de ces premières rencontres, pour ensuite tenter d'en dégager quelques leçons pour l'enseignement.

Dialogue avec Jocelyne

Jocelyne, pourquoi fait-on de la buée dehors, l'hiver, avec notre haleine ?

— L'air chaud qui vient de mon corps est condensé par l'effet de l'air froid, alors ça le rend visible parce que c'est plus tassé...

— ... Comment se fait-il qu'il faille un humidificateur, l'hiver, dans certaines maisons ?

— Il faut un humidificateur dans les maisons qui ne respirent pas, qui sont complètement hermétiques. L'air chaud produit de l'air sec. Et si l'air humide du dehors ne peut pas rentrer dans la maison, il te faut un humidificateur. Mais si tu prends assez de douches, tu produis beaucoup d'humidité, alors t'as pas besoin d'humidificateur ; des fois même, il faut un déshumidificateur...

— ... Dis-moi, est-ce que les tapis sèchent l'air ?

— Oui, parce que les tapis absorbent l'humidité...

— Alors les tapis doivent se remplir d'eau... ?

— Non, à un moment donné, l'air sec prend l'humidité, et elle s'évapore...

— Alors où va l'humidité ?

— L'air chaud mange l'humidité : je vois ça comme des p'tites bibittes qui gobent l'humidité...

— ... Peux-tu expliquer comment une montgolfière fait pour monter ?

— J'vais te dire comment je m'imagine ça... Moi, j'dirais qu'y a un moteur qui fait chauffer l'air enfermé dans le ballon. L'air chaud est plus léger ; il fait donc monter le ballon qui se fraye un chemin à travers l'air froid...

— ... Et un bateau, comment ça fait pour flotter ?

— C'est parce que la masse d'eau est plus lourde... S'il était étroit et haut, il coulerait. C'est un rapport entre le poids et l'étendue. Plus un bateau est lourd, plus il doit être long : c'est comme les raquettes sur la neige... Dans le cas du bateau, son poids est réparti sur une grande surface.

— ... Pourquoi un avion tient-il en l'air ?

— C'est parce qu'il bouge... Il doit toujours bouger, sinon il tomberait...

— ...Et un satellite, comment se fait-il qu'il puisse rester en l'air ?

— J'imagine que c'est parce qu'il tourne, c'est parce que c'est en mouvement... J'suis sûre que si la terre arrêta de tourner, tout s'effondrerait...

Jocelyne n'est pas une adolescente qui n'a jamais suivi de cours de sciences : une dame de la quarantaine, très scolarisée, qui occupe un poste important dans une entreprise. Mais, comme elle dit si bien, « On n'réfléchit pas souvent à ça... Par rapport à l'état objectif de la science, mon savoir est plein d'trous... J'sais même pas de quoi c'est fait, l'air ! J'me sens très compétente dans mon domaine, mais dans ces choses-là, j'me sens comme si j'avais trois ans !... Les explications scientifiques, ça a toujours glissé sur moi comme sur le dos d'un canard... » Au surplus, à l'époque, dira-t-on, les cours de sciences n'étaient pas très poussés chez les filles... Très bien, allons donc rencontrer Robert, lui aussi de la quarantaine, très scolarisé, un poste important dans une entreprise, et qui, à l'époque, a suivi plusieurs cours de sciences dans le cadre de son cours classique.

Dialogue avec Robert

Robert, si tu clouais une pancarte sur le tronc d'un arbre en pleine croissance, monterait-elle avec les années ?

— Sache d'abord que je ne clouerais jamais une pancarte sur un arbre... Mais si j'en clouais une, elle monterait parallèlement à la croissance de l'arbre ; il y a un lien organique entre l'objet et l'arbre. L'arbre est un être vivant, donc ses fibres vont s'allonger et entraîner la pancarte...

— ...Pourquoi les plantes se développent-elles davantage du côté de la lumière ?

— Ici, il s'agit de phénomènes de tropisme et de photosynthèse... La plupart des plantes vont naturellement vers la lumière, elles cherchent la lumière, car elles ont un besoin de nourriture pour la photosynthèse...

— Comment les plantes font-elles pour savoir où est la lumière ?

— J'ai appris que ce phénomène s'appelle le tropisme. C'est une sorte d'instinct, un seuil sous la conscience. Donc un phénomène naturel. Si je fouille dans ma mémoire, on appelle ça héliotropisme...

— Pour les racines, est-ce que ce serait la même chose ?... Supposons qu'on mette une bague à une racine... va-t-elle se déplacer à mesure que les racines vont se développer ?

— Je sais pas trop, mais je pense que la bague resterait là. La racine se nourrit et se développe par son extrémité : c'est l'image que j'en ai... C'est donc différent, mais je saurais pas l'expliquer...

— Changeons de sujet... On dit que le chauffage électrique assèche les maisons, qu'en penses-tu ?

— J'ai jamais vécu avec ce système de chauffage-là, mais ceux qui en ont disent effectivement que ça assèche plus qu'un chauffage à air chaud... Comment je m'explique ça ?... L'image qui me vient, c'est d'apparenter ça à l'électricité statique : ...une réaction chimique avec les ions de l'eau. Il y a absorption des ions de l'eau par le système électrique.

— ...Chez toi, as-tu des problèmes d'humidité ?

— Quand on chauffe, j'ai besoin d'un humidificateur, parce qu'on a des tapis à la maison...

— Que viennent faire les tapis ?

— Les tapis absorbent l'humidité. Mes constatations sont empiriques : quand t'as beaucoup de tapis, y a davantage d'électricité statique, et l'air est plus sec...

— Qu'est-ce qui arrive, au juste, à l'humidité ?

— L'humidité est absorbée et transformée... peut-être en électricité statique... ?

— ...Passons encore à un autre sujet... Comment les avions peuvent-ils rester en l'air ?

— C'est lié au fait que la vitesse combat la force d'attraction, et si tu donnes une énergie compensatrice, ça se stabilise.

— Je ne te suis pas tellement bien...

— L'énergie de propulsion vient contrer l'attraction...

— Ça veut dire que si tu coupes les moteurs...

— Ben non ! L'avion peut planer. Les planeurs suivent les courants ascendants. En fait, les ailes sont des surfaces portantes... par la résistance qu'elles offrent à l'air. Dans le vide, les ailes n'auraient aucune influence. Les ailes s'appuient sur l'air. L'air a une certaine densité... Ça tient l'avion en l'air. Dans tout ça, c'est la surface des ailes qui est importante. C'est comme pour un bateau... C'est la surface du bateau sur l'eau qui fait qu'il flotte. T'as la résistance de l'eau... Parce qu'il y a une énergie... une matière, un minimum de densité. J'aurais un bloc de béton de 4 centimètres par 4 centimètres, il calerait. Et si le même bloc avait une plus grande surface, il flotterait... Il y a de l'air dans le béton... À moins que le béton soit très très condensé... alors, ça flotterait pas.

— C'est l'air qui aide à flotter ?

— Ben oui ! Plus y a de l'air, plus ça flotte.

— Revenons à l'avion... Est-ce que c'est pareil ?

— L'air a une certaine densité ; moins que l'eau, mais... Puis l'air offre une résistance... En fait, on oppose une énergie de propulsion à une énergie d'attraction. C'est pour ça que ça se stabilise...

— ...Et les satellites, comment ça se fait qu'ils ne tombent pas ?

— Les satellites, c'est pas pareil : parce qu'ils sont sortis de la zone d'attraction de la Terre. On appelle ça la gravité, il me semble. Et ils sont dans la zone d'attraction d'autres planètes. Il se fait un jeu d'équilibre entre les deux forces.

— Et pourquoi retombent-ils ?

— Ça, ça doit être une question d'usure de l'objet lui-même : à cause de la friction, qui change alors son poids... Y se produit alors un déséquilibre entre les forces d'attraction, et le satellite peut soit tomber dans l'espace, soit tomber sur la Terre.

— Si je te suis bien, tu me dis que c'est à cause de la friction... Au fait, qu'est-ce qui cause cette friction-là ?

— Les gaz... Y se produit une interaction entre les gaz et le métal dont est composé le satellite...

— Je reviens à la friction... Si je comprends bien, par l'usure, le satellite devenant plus léger retombe...

— C'est ça...

— Mais c'est curieux qu'il tombe alors qu'il devient plus léger... ?

— Ben... Il peut tomber dans l'espace, comme il peut tomber sur la Terre...

— As-tu déjà entendu parler de satellites qui sont tombés dans l'espace ?

— Non, mais moi j'suis pas tellement au courant... Ça se peut bien qu'il y en ait déjà eu...

Nous avons encore parlé de la provenance et du comportement de l'électricité, de la formation des roches et des fossiles, des étoiles et des planètes... Une pensée claire, un verbe facile, un vocabulaire nourri de termes scientifiques...

Le monde des apparences

Mais au-delà de la forme, y a-t-il vraiment une différence entre les explications de Jocelyne et celles de Robert ?...

La question des plantes n'ayant pas été abordée avec Jocelyne, il est difficile de se prononcer quant à ce sujet particulier. Quoique, étant donnée la parenté de leurs conceptions sur les autres sujets, il y a fort à parier que Jocelyne, à sa façon, aurait elle aussi parlé de fibres qui s'allongent pour expliquer la croissance, d'une faculté chez les plantes de rechercher la lumière et d'une sorte d'instinct pour expliquer cette faculté. Cette parenté est en effet relativement marquée quand on considère les autres sujets :

— Pour l'un comme pour l'autre, le chauffage et les tapis assèchent l'air de la maison : parce que dans ces conditions, selon Robert, l'humidité se transforme (peut-être) en électricité statique, ou plus simplement, selon Jocelyne, parce que l'humidité s'« évapore » (disparaît) dans l'air réchauffé ou dans les tapis...

— L'avion tient en l'air, selon lui, parce qu'on oppose une énergie de propulsion à une énergie d'attraction ; selon elle, tout simplement parce qu'il bouge...

— Le bateau flotte, selon lui, grâce à sa surface portante sur l'eau ; selon elle, grâce à son étendue...

— Le satellite reste en place, selon lui, parce qu'il est dans une zone d'équilibre entre l'attraction de la Terre et l'attraction d'autres planètes ; selon elle, parce qu'il tourne...

Au-delà des apparences

L'éclat est certes différent, mais le fond... ?

• Dans les deux cas, un lien circonstanciel (un concours de circonstances) devient, en lui-même, un lien de causalité : le chauffage assèche l'air. En fait², le chauffage n'assèche pas l'air, n'enlève pas d'eau à l'air, il augmente seulement la température de l'air et conséquemment la quantité d'eau que ce dernier peut absorber³ ; l'air nouvellement réchauffé pourra ainsi, jusqu'à ce que soit atteint un nouvel équilibre, assécher momentanément les objets avec lesquels il entrera en contact...

• Un lien concomitant, une coïncidence, devient un lien de causalité : les tapis absorbent l'humidité de l'air. En fait, les tapis n'assèchent pas l'air, ils ne font que rendre plus évidente la « sécheresse » de l'air : la poussière qu'ils peuvent contenir peut lever plus facilement dans ces conditions et créer cette atmosphère typique qu'on associe à la sécheresse ; de plus, les tapis étant de bonnes surfaces de frottement et, lorsqu'il y a peu d'humidité, de meilleurs isolants électriques, ils nous permettent d'accumuler de plus grandes charges électriques et partant, de produire des décharges plus importantes (qui se manifestent par des étincelles)...

• La notion d'élan (relent de la théorie de l'impetus) devient un principe explicatif pour rendre compte de la sustentation de l'avion. En fait, si les avions peuvent tenir dans l'air, ce n'est pas parce qu'ils ont de l'« élan » — qu'il soit appelé « vitesse », « mouvement » ou « énergie de propulsion » n'y change rien — mais bien à cause de la différence de

2. Ce « en fait » ne veut en rien signifier que la réalité, je veux dire la « réalité en soi », se conduirait ainsi, mais seulement que le fait de voir ainsi les choses permet rationnellement de rendre compte d'une façon satisfaisante des phénomènes en cause ; d'une façon satisfaisante pour la pensée et pour l'action, compte tenu de besoins actuels.

3. L'air est ici considéré comme une éponge d'autant plus absorbante que sa température est élevée.

pression de l'air en mouvement sur le dessus et le dessous de leurs ailes. La forme d'une aile est telle en effet que lorsqu'elle fend l'air, la distance parcourue par cet air est plus grande sur le dessus que sur le dessous ; il s'établit alors une pression plus grande sur la face inférieure de l'aile, et donc une force résultante vers le haut...

• La notion de surface portante devient également un principe explicatif pour rendre compte de la flottabilité du bateau (invoquée également par Robert dans le cas de l'avion). En fait, la poussée de l'eau qui soutient le bateau dépend non pas de la surface en contact avec l'eau, mais bien du volume d'eau qu'il déplace. Incidemment, dans le cas d'un avion, cette poussée — dite d'Archimède — devient négligeable par rapport aux autres forces en jeu.

• Dans le cas du satellite, on note des ressemblances et des différences dans leurs positions respectives. Comme principe explicatif, Robert invoque tantôt l'absence de gravité, tantôt l'équilibre de la force d'attraction de la Terre avec celles (présumées, à tort, d'importance comparable et de même direction) d'autres planètes, alors que Jocelyne invoque tout simplement le fait de tourner. Robert semble donc essentiellement se référer à des connaissances apprises, mais vraisemblablement mal assimilées, non questionnées à tout le moins, et où du reste on sent nettement la contamination de l'école, alors que Jocelyne apparaît faire surtout appel à l'expérience courante.

En invoquant le fait de tourner, elle semble se référer à l'expérience bien connue de l'objet qu'on fait tourner au bout d'une corde et qui, de ce fait, reste sur sa trajectoire. Ce fait de tourner semble donc renvoyer à la force « centrifuge », communément perçue comme une force qui « colle » l'objet en rotation sur sa trajectoire, empêchant dans ce cas-ci le satellite de tomber ; à moins qu'il ne soit tout simplement question d'élan, puisqu'elle ajoute : « parce que c'est en mouvement ».

Chez elle comme chez lui, il ne semble nullement être question d'inertie, encore moins du fait que le satellite tombe continuellement — trop loin pour qu'il retombe sur Terre, assez près toutefois pour qu'il ne « tombe » dans l'espace.

Chez Robert, on retrouve à nouveau la notion d'élan. La chute du satellite résulterait de sa perte de poids dû au frottement des gaz de la haute atmosphère, et le poids, selon l'explication qu'il donne, apparaît associé à une sorte d'élan : le poids diminuant, l'élan aussi, le satellite tombera... sur Terre ou dans l'espace.

Tant qu'on fera bon marché des conceptions spontanées des élèves, l'enseignement des sciences n'aura qu'un piètre rendement.

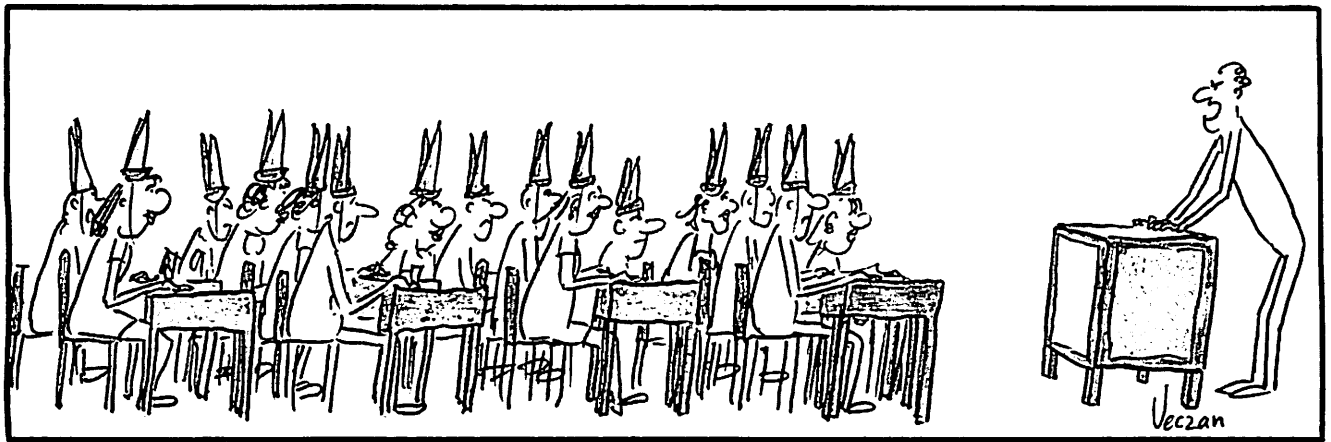
Cette dernière portion de réponse interroge cependant : pourquoi « dans l'espace » ? Une réponse possible m'apparaît la suivante : le poids n'est pas seulement associé à l'élan, il l'est également à la force d'attraction de la Terre, mais cette dernière ayant ceci de particulier qu'elle ne se comporterait pas exactement comme la force d'attraction originant d'autres planètes ! Autrement dit, le poids serait une force d'attraction d'un type particulier, réservée à la Terre. (La portion de l'entrevue qui portait sur les astres laissait d'ailleurs entrevoir qu'aux yeux de Robert, les matériaux et les lois dans l'espace seraient de natures différentes de ceux et celles existant sur Terre.) Conséquemment, advenant le cas où le satellite se trouve dans une zone d'équilibre entre forces d'attraction contraires, il devient plausible que, celle de la Terre diminuant, l'autre devienne suffisante pour faire « tomber » le satellite dans l'espace...

L'absence d'opérateurs

Des « explications » qui, pour la plupart, n'expliquent rien finalement... Hormis ce dernier cas, dans tous les autres, le problème tient à l'absence d'opérateurs et de conditions susceptibles de rendre compte d'un phénomène, de montrer comment l'état actuel dans lequel se présente un phénomène peut être rattaché à un état antérieur, par quelles transformations ce passage a pu se réaliser et au moyen de quels mécanismes (opérateurs⁴).

Par exemple, dans le cas des plantes qui se développent davantage du côté de la lumière, on peut invoquer le fait que les parties ainsi exposées trouvent là des conditions plus propices à leur développe-

4. Exemple : la force d'attraction, l'énergie cinétique, l'électron. Les opérateurs sont en fait des concepts (des constructions de l'esprit donc) identifiant des entités douées de propriétés particulières qu'on attribue à la Nature et qui jouent dans nos explications un rôle actif bien défini dans certaines conditions, tout en cadrant parmi un ensemble hiérarchisé d'autres opérateurs à l'intérieur de l'édifice conceptuel de la science.



« Aujourd'hui, je vais vous expliquer le phénomène du tropisme pour la dernière fois. »

ment : l'exercice de la photosynthèse étant favorisé, ces parties se développeront donc davantage. On pourrait bien sûr tenter par la suite d'expliciter le phénomène de la photosynthèse — certains aspects de ce processus complexe sont encore mal connus des scientifiques, cependant — afin de mieux préciser les mécanismes par lesquels s'opèrent ces transformations... Dans le cas du bateau, on peut se donner l'explication suivante : il flotte, non pas grâce à une « surface portante » — qui aurait la propriété comme magique de faire flotter — mais bien parce que l'eau pousse dessus vers le haut ! Et l'eau pousse de la sorte, à cause du poids des couches successives d'eau tout autour du bateau, qui « écrasent » en quelque sorte les couches inférieures, forçant alors les gouttelettes d'eau « écrasées » à se « tasser » dans toutes les directions et donc à pousser à leur tour sur tout ce qu'elles rencontrent, y compris les parois du bateau. Ces parois vont ainsi subir à l'horizontale une poussée sur tout leur pourtour, la poussée résultante sera donc nulle ; alors qu'à la verticale, la poussée résultante compensera exactement le poids du bateau, c'est-à-dire la poussée du bateau sur l'eau. La compensation sera exacte, car si la poussée de l'eau sur le bateau était plus importante, elle pousserait ce dernier davantage hors de l'eau et, du même coup, elle diminuerait ; si elle était moindre, le bateau s'enfoncerait davantage et, par le fait même, la poussée de l'eau augmenterait. Il se produit donc un équilibre entre les deux forces...

Ces deux exemples suffisent certainement à montrer l'importance des opérateurs et des conditions d'opération dans une explication qui tente de rendre compte d'un phénomène... Mais ils révèlent également un changement radical de perspective.

L'explication scientifique marque une rupture

Dans ces deux explications, de même que dans les cas précédents lorsqu'il était question d'assèchement de l'air, de sustentation de l'avion, de satellite en orbite, on est à même de constater la distance qui peut séparer l'explication naïve spontanée de l'explication scientifique. La perspective est radicalement différente. Non seulement dans un cas on recherche délibérément à identifier des opérateurs qui précisent les mécanismes en jeu, ce qu'on semble négliger dans l'autre cas, mais surtout on le fait en se plaçant résolument, contrairement à l'autre cas, du point de vue de l'objet. Je m'explique.

Jocelyne et Robert tiennent leurs explications « à l'extérieur » des phénomènes considérés. Ils proposent des explications en invoquant des considérations qui ne sont pas strictement de l'ordre des phénomènes considérés.

Leurs propos portent essentiellement sur des *apparences*, des apparences qu'ils associent d'ailleurs aisément entre elles : le développement plus important de la plante du côté le plus éclairé (ce qui est le cas en général) s'apparente effectivement — mais en apparence seulement — à une poursuite de la lumière par la plante ; de même, l'humidité semble disparaître de l'air lorsqu'il est chauffé ; l'avion semble contrer sa chute par son mouvement ; le bateau semble s'appuyer sur l'eau (qui semble du reste n'avoir elle-même qu'un rôle passif) ; le satellite se comporte comme l'avion ou bien se trouve dans une zone où la gravité terrestre ne semble plus jouer...

On décèle en outre dans leurs propos des *relents de vision magique, animiste ou anthropomorphique* : des choses peuvent apparaître à partir de rien ou disparaître sans laisser de traces, des choses inanimées

peuvent posséder des pouvoirs, ou encore des choses peuvent se voir attribuer indûment des facultés humaines (intention, choix, besoin,...). Dans le cas des plantes, chez Robert, ceci est manifeste : elles vont vers..., elles recherchent..., elles ont besoin..., elles ont une sorte d'instinct,... Chez Jocelyne : « l'air sec prend l'humidité, et elle s'évapore (disparaît !) », « l'air chaud mange l'humidité... comme des p'tites bibittes qui gobent l'humidité »... Mais il y a aussi cet élan (sous ses différents visages : « vitesse », « mouvement », « énergie de propulsion », « poids »,...), qui confère aux choses le pouvoir d'avancer et de combattre la gravité, et la surface portante (considérée en elle-même comme schème explicatif), qui joue un rôle actif en maintenant le bateau à la surface de l'eau...

Toujours à cet égard, une autre particularité du discours de Jocelyne et de Robert est intéressante à noter : *des mots servent d'explications*... un peu à la façon du personnage de Molière qui explique les propriétés particulières du somnifère par la présence d'un élément dormitif ! Pourquoi fait-on de la buée dehors l'hiver ? Parce que l'air chaud qui sort de mon corps se condense... (Ne nous méprenons pas, remplacer « air chaud » par « humidité de l'air exhalé » n'y changerait rien : la buée, par définition, est de la vapeur d'eau qui se condense en fines gouttelettes.) Il s'agit donc d'une autre façon de redire la question, l'interrogation en moins... Est-ce que les tapis assèchent l'air ? Oui, parce que les tapis absorbent l'humidité : une autre façon de répéter la question... La montgolfière monte parce qu'elle est gonflée d'air chaud, et l'air chaud ça monte ; l'air chaud comporte comme propriété intrinsèque le fait de monter... L'avion tient en l'air, parce qu'il bouge, parce qu'il y a une énergie compensatrice, une énergie de propulsion... Et le satellite, parce qu'il tourne ou parce qu'il est en mouvement... (D'une façon analogue à l'élément dormitif, le mouvement porterait en lui-même la propriété d'empêcher de tomber, de réduire, sinon d'éliminer l'influence de la gravité.) C'est grâce à l'héliotropisme que les plantes vont repérer une source de lumière... C'est la surface du bateau sur l'eau qui fait qu'il flotte, c'est grâce à sa surface portante... L'air aide à flotter, parce que de l'air, ça flotte... Etc.

Mais l'un des lieux où l'on peut entrevoir de façon plus saisissante encore l'écart pouvant séparer la perspective, nommons-la, spontanée et la perspective scientifique actuelle, c'est dans la distinction élan/inertie.

Face à un corps en mouvement, un satellite ou un avion, Jocelyne et Robert porteront spontanément leur attention sur une sorte de principe actif pouvant soutenir ce mouvement : ce corps possède de l'élan. L'état de mouvement et l'état de repos seront par ailleurs considérés comme différents l'un de l'autre : l'un posséderait plus ou moins de ce principe actif, d'élan, alors que l'autre en serait privé. Autrement dit, s'il y a mouvement, il faut qu'il y ait quelque chose qui agisse pour maintenir ce mouvement, sinon le corps en question serait au repos : le repos est ici considéré comme l'état « normal », « naturel », alors que le mouvement, quant à lui, demande une justification.

Le scientifique actuel adoptera un point de vue radicalement différent. D'abord, à ses yeux, un corps n'est jamais en soi au repos ou en mouvement ; il peut être considéré au repos par rapport à tel point de référence et, simultanément, en mouvement par rapport à tel autre, en mouvement tout autre par rapport à tel troisième, etc. De plus, quel que soit le référent, tant que son « état de mouvement » demeure inchangé (nul ou rectiligne et uniforme), il n'y a pas lieu de s'interroger sur une éventuelle cause de ce mouvement : c'est l'absence de *changement de mouvement* qui est considérée comme l'état « normal », « naturel ». On dira que le corps en question est en état d'inertie. C'est seulement lorsqu'il y a changement de mouvement qu'il faut justifier : rechercher une cause, un principe actif.

L'inertie, si on veut bien me passer l'expression, est une notion « vide », alors que l'élan est une notion « pleine ». Vide, car l'« inertie » est simplement une étiquette pour désigner une absence de changement de mouvement, et donc une absence d'agent perturbateur, et ce, qu'il y ait ou non mouvement. L'inertie ne confère aucun pouvoir particulier à l'objet en question. C'est la force qui joue un rôle actif : il s'agit d'une notion « pleine ». Pour expliquer un changement de mouvement, il faut donc identifier les forces en jeu ; l'inertie par elle-même n'explique rien. Si on accorde un rôle actif à l'inertie, si on en fait une notion « pleine », on revient à l'époque pré-Newtonnienne, et il est alors question d'élan et non plus d'inertie...

*
**

De l'analyse qui précède, on peut tirer au moins trois leçons :

1. Même si on n'en est pas toujours conscient, il est sans doute rare qu'on n'ait pas d'explication

face aux phénomènes qui nous confrontent, surtout s'ils nous confrontent régulièrement.

2. Même si elles ne sont pas conformes aux explications des scientifiques, nos explications ne sont pas nécessairement fausses pour autant.

3. Enfin, dans l'apprentissage, le meilleur chemin est souvent le plus long.

On ne peut vivre sans explication

Quand on écoute un jeune enfant, on a parfois l'impression qu'il a réponse à tout. Quoi qu'il advienne et quel que soit le sujet, en autant que l'événement ou le sujet en question fait partie de son univers d'expériences, il semble presque toujours disposer d'une explication. Bien sûr, celle-ci peut être très éloignée de la nôtre, mais c'est néanmoins à travers elle qu'il comprend son monde, qu'il guide ses gestes.

Avec l'entrée à l'école, il apprend progressivement à se taire, notamment par peur du ridicule. Mais s'il cesse de s'exprimer aussi spontanément, il ne faudrait pas croire pour autant qu'il n'ait plus sa « petite idée » sur ce qui se passe autour de lui. Rendu adulte, il devient encore plus circonspect : la prudence acquise lui dicte de se méfier de ses idées, de se référer plutôt aux « experts ». Mais — comme j'ai tenté de faire avec Jocelyne et Robert — créez le climat de confiance (d'absence de jugement), permettez-lui d'oublier ces explications lues ou entendues qu'il n'a pas vraiment comprises, incitez-le à exprimer ce qui lui vient à l'esprit, ses intuitions, et vous verrez qu'après quelques « Je sais pas... », en y réfléchissant à nouveau, une explication lui viendra à l'esprit. Il pourra même être étonné de la présence de celle-ci, ayant l'impression de ne s'être jamais vraiment attardé sur le sujet auparavant. On voit alors surgir ses propres repères, ses propres structures de pensée, le matériel sous-jacent à la construction de sa pensée.

Comment d'ailleurs pourrait-il en être autrement ? Nous sommes des êtres intelligents (capables en pensée d'établir des liens) et nous vivons dans un monde où il nous faut constamment prendre des décisions. Par souci d'économie, et grâce à notre mémoire, nous enregistrons au fil de l'expérience les décisions qui « fonctionnent », plus précisément les solutions qui permettent de satisfaire nos besoins (d'action ou de compréhension). Il n'est donc pas toujours nécessaire que la réflexion intervienne. En autant que la situation s'apparente à une situation déjà rencontrée et qu'une solution soit disponible, c'est elle que nous

Le contenu des cours de sciences paraît toujours aussi livresque qu'autrefois.

appliquerons spontanément à la nouvelle situation. Et si cette solution ne parvient pas à satisfaire suffisamment nos besoins, et qu'aucune autre n'apparaisse, alors là, une question peut se poser et la réflexion intervenir. Nous tenterons d'adapter cette solution, pour la rendre plus efficace, plus opérante, capable de satisfaire à la fois l'ancienne et la nouvelle situations. Ou bien, il faudra ouvrir un nouveau compartiment, considérer la nouvelle situation comme de nature autre que la précédente et tenter d'inventer une solution pour ce tout nouveau problème. Pour concevoir cette nouvelle solution, on s'inspirera, bien sûr, d'anciennes solutions, mais de solutions appartenant à des sphères moins proches, sinon très éloignées de la solution adoptée antérieurement. La nouvelle solution, lorsqu'elle viendra, constituera une structure toute neuve de matériaux originant des anciennes ; une structure qui pourra à son tour servir de tremplin à une structure plus complexe encore. Ainsi, progressivement et plus ou moins à notre insu, se tisse notre univers d'explications.

Des faussetés qui n'en sont pas

Et ces solutions que nous trouvons, pour autant qu'elles répondent à nos besoins, ne sont donc pas fausses... puisqu'elles « fonctionnent », à nos yeux du moins. Quelqu'un d'extérieur pourra certes faire remarquer l'existence de solutions contradictoires face à ce qui, *à ses yeux*, s'applique à une même situation. Ceci peut s'expliquer simplement par le fait que pour nous, jusqu'à présent, il s'est agi de solutions s'appliquant à des situations distinctes... Le même individu pourra encore nous confronter à un cas nouveau de la situation en question et nous faire prendre conscience de l'inadéquation de cette solution pour un tel cas.

De telles interventions extérieures, de même d'ailleurs que certaines circonstances de la vie, sont bénéfiques, puisqu'elles nous incitent à réviser et, de là, à enrichir notre réservoir de solutions. Mais tant que rien d'incongru ne nous confronte, nous n'avons aucune raison d'interroger ces solutions, ou même

simplement de prendre conscience de leur existence, étant donné qu'elles ne posent pas problème...

Considérons un exemple pour clarifier les idées. Dans la perspective qui est la leur, Jocelyne et Robert n'ont pas tort de soutenir que le chauffage assèche l'air. Car chaque fois qu'on augmente la température de l'air dans une enceinte fermée, le taux d'humidité ressentie (donc d'humidité relative) s'abaisse. L'expérience courante de « l'attisée pour chasser l'humidité » le confirme d'ailleurs régulièrement. Alors pourquoi, en l'absence d'expériences ou de réflexions qui les inciteraient à départager leurs notions tacites d'humidité ressentie et d'humidité contenue dans l'air (l'humidité absolue), feraient-ils cette distinction ? En l'absence d'une telle distinction, en quoi auraient-ils tort de dire que c'est l'humidité de l'air qui diminue ?... Parce que cela suppose la disparition (l'anéantissement) d'une certaine quantité d'eau ?... Mais n'ont-ils pas appris en chimie qu'un produit pouvait se transformer en autre chose ? En physique, n'ont-ils pas appris que l'énergie pouvait se transformer, passer d'une forme à une autre ? Pourquoi devraient-ils supposer que ces deux types de transformations ne conviennent pas dans le cas présent ? La question ne se pose tout simplement pas : leurs connaissances en ces domaines sont trop floues pour le permettre. Au surplus, par l'effet des médias (et même de l'école), n'ont-ils pas été maintes fois éblouis par les prouesses de la Science et les infinies possibilités de la Nature ? Devant cette science-spectacle, n'ont-ils pas été incités en quelque sorte à entretenir quelque relent de pensée magique face à tout ce secteur de connaissance ? Dans un tel contexte, on peut mieux comprendre, il me semble, comment cette explication concernant la disparition de l'humidité peut leur paraître comme tout à fait plausible.

La vérité ou la fausseté d'une position (affirmation, proposition,...) dépend donc du contexte dans lequel elle s'insère. C'est aussi ce contexte qui en délimitera le domaine de validité. Une position pourra paraître vraie aux yeux d'un individu et fautive aux yeux d'un autre, s'ils ne considèrent pas le même domaine de validité. En autant qu'elle répond aux besoins concernés et qu'elle ne soulève aucune contradiction à l'intérieur de son champ d'application, cette position ne pourra être reconnue comme fautive. Tant qu'on ignore l'existence d'autres bases et d'autres algèbres, on n'a pas tort de soutenir que 2 et 2 font 4...

Est-ce à dire que toutes les solutions auraient la même valeur ? Bien sûr que non. Certaines ont un domaine de validité beaucoup plus étendu : elles sont donc plus fructueuses, en ce sens qu'elles peuvent convenir (permettre l'action, éclairer ou donner un sens) à un plus grand nombre de situations. On peut aussi les préférer pour d'autres motifs : l'élégance, la simplicité, la fécondité (pouvoir prédictif),... mais ceci est une autre question.

Le plus long chemin est souvent le plus court

Revenons à Jocelyne et Robert. Si on voulait leur apprendre à l'aide d'un exposé formel l'explication scientifique de ce phénomène d'assèchement apparent de l'air, bien sûr que très rapidement, étant donné leurs antécédents scolaires, ils parviendraient à saisir la teneur de cette explication. Mais il n'est pas du tout certain que ce nouvel apprentissage serait très durable, ni surtout très transférable : par exemple, pour mieux comprendre la formation de la rosée, du brouillard ou des nuages, les difficultés à faire démarrer l'auto par temps froid, ou encore les conditions à respecter dans la confection d'un mur extérieur afin d'éviter les phénomènes de pourrissement. C'est que, ce faisant, en voulant procéder par le plus court chemin, on négligerait ce qu'ils savent déjà : leur propre solution, le contexte de solutions dans lequel celle-ci s'insère et le répertoire des situations pour lesquelles peuvent convenir ces solutions, répertoire qui en délimite les domaines de validité respectifs. Autant d'éléments qui au fil des ans se sont tissés dans leur mémoire. Sans compter que pour certaines de ces solutions, le tissage, pour conserver la métaphore, est devenu si dense et si profondément ramifié, qu'elles peuvent faire obstacle à tout apprentissage qui viendrait les contredire : la notion d'élan en est un bel exemple...

Revenons encore à l'assèchement apparent de l'air. Si Jocelyne et Robert étaient confrontés à la petite expérience suivante, le doute probablement s'installerait, et alors ils pourraient être incités à rechercher, à concevoir une autre explication.

Nous avons un pot de verre bien fermé et assez volumineux pour contenir l'un de ces combinés thermomètre/hygromètre qu'on trouve communément posés sur un meuble dans nos maisons. Réchauffons le pot (quelques minutes au four fera l'affaire). On verra alors l'aiguille du thermomètre indiquer une température plus élevée, pendant que celle de l'hygromètre chutera vers un taux plus bas. Jusqu'à présent, aucune surprise : les résultats confirment les prévisions. Toujours sans l'ouvrir, mettons mainte-

nant le pot au frais. Qu'advient-il ? L'aiguille de la température chutera (rien d'anormal encore), mais l'aiguille de l'humidité grimpera, et (oh surprise !) plus haut qu'au début de l'expérience ! Si la température est assez fraîche, il pourra même apparaître des gouttelettes sur la paroi interne du pot !... Nos amis seront sans doute embêtés avec leur explication initiale... S'ils continuent à soutenir que l'humidité « disparaît » quand l'air se réchauffe, il faudra maintenant qu'ils acceptent que de l'humidité « apparaît » (génération spontanée ?) lorsque l'air se refroidit !... Ils ne tarderont vraisemblablement pas beaucoup à supposer plutôt — ce serait une explication plus économique — que l'humidité se dissout dans l'air et que l'air peut dissoudre (absorber) plus ou moins d'humidité selon sa température ; à température plus basse, il peut même regorger d'eau...

Cette explication, bien qu'elle soit assez tentante, les laissera pourtant quelque peu hésitants : pourquoi alors éprouvons-nous cette sensation de sécheresse de l'air si l'humidité ne disparaît pas ?... Un autre saut (changement de perspective) sera alors nécessaire : il faudra passer d'une vision où les éléments d'une situation sont considérés comme isolés les uns des autres, à une vision où ces mêmes éléments sont considérés en interaction les uns avec les autres. Si l'air réchauffé peut absorber davantage d'humidité, il y aura alors déséquilibre dans la pièce, et conséquemment, un peu à l'image des vases communicants, un processus d'équilibration se mettra en branle. Notre corps, les plantes et tous les objets absorbants de la pièce perdront un peu de leur humidité au profit de l'air. Et comme cette évaporation requiert de l'énergie, de la chaleur, la température à la surface de la peau, pour ne considérer que ce cas particulier, s'abaissera. D'où cette sensation d'inconfort associée à la sécheresse de l'air.

Comment les aider à réaliser ce saut, ces sauts, en fait : ceux qui portent, l'un, sur le processus d'équilibration, et l'autre, sur la provenance de la chaleur nécessaire à l'évaporation ?

Pour ce qui est du processus d'équilibration, il est probable qu'ils n'éprouveront aucun problème à se le représenter, du moins dans ses grands traits. S'ils se représentent l'air comme une éponge, ils admettront facilement que l'« éponge » en question pourra jusqu'à saturation absorber toute l'eau disponible : l'expérience courante leur vient ici en aide. Les mécanismes en jeu dans ce transfert d'humidité constituent une autre question...

Dans l'apprentissage, le meilleur chemin est souvent le plus long.

Pour ce qui est de la chaleur nécessaire à l'évaporation, ils savent d'expérience que la chaleur facilite l'évaporation. Il n'est cependant pas du tout certain qu'ils admettent l'inverse : pour qu'il y ait évaporation, il faut nécessairement un apport de chaleur. On ne « voit », en effet, pas toujours de source de chaleur lorsqu'il y a évaporation : des gouttes d'eau sur une surface quelconque semblent s'évaporer d'elles-mêmes, sans source apparente de chaleur... On peut même constater que le vent peut en faire autant, même par temps froid... Ceci n'aide en rien à soupçonner la nécessité d'un apport de chaleur... Il y a donc ici un obstacle à surmonter.

Nous pourrions toujours réaliser ensemble quelques expériences, mais ceci n'est peut-être pas nécessaire dans le cas présent ; le rappel de quelques expériences courantes peut vraisemblablement suffire. On admettra sans doute facilement que cette sensation de froid éprouvée lorsqu'on porte un vêtement mouillé ou au sortir de la douche peut s'expliquer par une perte de chaleur du corps au profit de cette évaporation. De plus, que cette perte de chaleur sera (apparemment⁵) plus importante, si nous sommes exposés à un courant d'air... On admettra peut-être également que ce refroidissement sera d'autant plus prononcé que le niveau d'humidité (relative) de la pièce est bas... Le cas échéant, on sera peut-être satisfait de l'explication concernant l'absence de disparition d'eau de l'air réchauffé...

Mais il est à prévoir qu'un jour ou l'autre de nouvelles questions feront surface. Car en admettant toute cette explication, on n'en saura pas davantage sur les mécanismes en jeu : comment l'eau peut passer de l'état liquide à l'état vapeur, quel est le rôle exact de la chaleur, comment peut se réaliser l'équilibre, comment le taux d'absorption peut varier avec la température, ... S'il fallait, un jour, aborder ces questions, un nouvel obstacle devra être surmonté : la distinction chaleur/température. Et de là, il faudra

5. Le courant d'air ne fera qu'accélérer l'évaporation, ce qui enlèvera la chaleur nécessaire sur une plus courte période, et donc abaissera davantage la température à la surface de la peau.

notamment introduire le modèle corpusculaire, les liens intermoléculaires, l'agitation moléculaire,... Pour ce faire, il est à prévoir que d'autres expériences « confrontantes » (ici, déséquilibrantes : comme l'expérience du pot fermé décrite plus haut) soient nécessaires pour ébranler certaines conceptions naïves profondément enracinées...

*
**

Tant qu'on fera abstraction des conceptions spontanées des gens, tant qu'on ne les prendra pas sérieusement en compte, en y mettant le temps nécessaire, et surtout en acceptant tous ces « détours » nécessaires à une confrontation déséquilibrante de l'apprenant (lorsqu'un apprentissage déjà profondément enraciné contredit le nouvel apprentissage à réaliser), il ne faudra pas se surprendre du piètre rendement de nos enseignements. Que ce soit en classe,

dans des manuels, dans des revues ou des émissions de vulgarisation scientifique...

Je revois encore ces étudiants qui complétaient ou détenaient déjà un bac en sciences... Ces étudiants de biologie, tout étonnés de se voir remettre en question leur conception des phénomènes de tropisme (qui s'apparentait à celle de Robert !) ainsi que leur conception de l'évolution des espèces, qui était assimilée à l'adaptation individuelle !... Ces étudiants de physique, pour qui l'inertie était un principe actif : c'est par (son) inertie qu'une auto continue à avancer lorsqu'on coupe le moteur !... Ces étudiants de chimie, déconcertés de réaliser que l'atome n'était en fait qu'une... idée !

Il est désolant de voir comme l'apprentissage peut mal s'accommoder d'une vision étroite de l'efficacité !...

