



L'agitateur

Numéro 18 – Janvier 2006

ÉDITORIAL

Entrer dans la démarche

Alors que s'annonce la 40^{ème} rencontre de **1, 2, 3, sciences**, notre réflexion se poursuit sur les conditions et les obstacles à l'entrée dans notre démarche. Il semble que ce qui nous réunit, au delà de l'intérêt personnel ou professionnel pour la démarche scientifique, soit aussi (surtout ?) les conditions de sa transmission.

Nous rencontrons régulièrement des publics occasionnels avec lesquels nous essayons de partager notre plaisir de faire des sciences. Dans l'assistance il y a parfois des personnes "résistantes" à l'approche que nous proposons. Elles nous obligent chaque fois à nous interroger sur ce qui les freine en tout cas, moi, ça me questionne !

Il y a ceux qui ne se sont pas interrogés sur les raisons de la désaffection du public pour les sciences parce qu'ils ne sont pas confrontés au problème ; ceux-là sont à mon sens les plus faciles à convaincre de l'intérêt de changer d'approche.

Il y a aussi des personnes dont la culture et les connaissances sont plus formalisées. Elles ne ressentent pas toujours le besoin d'un retour au sensoriel pour appréhender les phénomènes. Pourtant, elles peuvent montrer un grand enthousiasme lorsqu'elles redécouvrent les choses sous cet angle.

Enfin, il y a quelques irréductibles pour lesquels notre approche est trop simpliste, réductrice voire dangereuse parce qu'elle peut être potentiellement source d'approximations voire d'erreurs, disent-ils. Ils ne sont pas convaincus que la validation collective des observations individuelles faites pendant nos séances est un garde-fou efficace aux énoncés erronés. Certains ont une culture scientifique importante, certains sont même enseignants ce qui pourrait nous inquiéter.

On peut s'interroger sur l'ascendant, le pouvoir que donne sur les autres le fait de posséder un savoir particulier et la façon dont il se traduit dans les rapports humains.

Pascal Berger

SOMMAIRE

Entrer dans la démarche

Pascal Berger

Les années en 6

Jean Butaux

La neige

Marie de Vals

La neige (réaction)

Maxime Fauqueur

Cuillers à thé

Paul Benkimoun

Un Fol'après-midi sur la Côte d'Azur

Gérard Laporte

Guide des formations - Préface

JP Sarmant et P Léna

La Relativité en 2 temps 3 mouvements

Jean Butaux

Marima Hvass-Faivre d'Arcier

Chère Liliane

Marima Hvass-Faivre d'Arcier

Les années en 6

Cette année cette rubrique sera très brève.

Remarquons quand même pour commencer que : $1+2+3 = 6$ et $1 \times 2 \times 3 = 6$

1666 : sur les conseils de Charles Perrault (les bons contes font les bons amis) Colbert fonde l'Académie Royale des Sciences.

1966 : Alfred Kastler obtient le Prix Nobel de Physique. Il n'avait été élu à l'illustre Académie que deux ans plus tôt. Il était temps !

Ah, tout de même une dernière pour la soif, et en clin d'œil à Pascal Berger : En **1886** un pharmacien d'Atlanta met au point... le Coca-Cola !!! D'où le goût de médicament ?

Jean butaux

EN DIRECT DE LA CLASSE

Voici quelques observations d'enfants en situations d'apprentissages au cours desquels, j'ai essayé de noter ce qui m'apparaissait comme construction de la pensée. C'est Roger Cousinet qui m'a appris et m'a donné le goût de ces observations. Ce sont des textes légers, faciles, justes faits pour réfléchir un peu en regardant les enfants pousser !... Et se réjouir avec eux de leur développement.

La neige

Juliette (11 ans), a dû naître en colère. Elle est tout le temps fâchée contre quelque chose ou contre quelqu'un et elle le manifeste...

Nous étions en classe de neige dans les Alpes. Après avoir skié une bonne partie de la journée, les enfants rentraient, goûtaient et nous allions "en classe". Chaque enfant, ou groupe d'enfants, avait un contrat de travail. Une partie de ce travail portait sur la montagne, la neige, les questions que la nature environnante posait à ces petits parisiens.

Juliette devait noter : la masse de la neige ? la masse de l'eau ? qui est le plus lourd ?

Tous les soirs, au début de ce travail, notre Juliette se rechauffait en râlant, enfilait son anorak en grognant et sortait remplir une boîte métallique de neige. Puis elle rentrait, claquait la porte, se changeait en grommelant et rentrait en classe.

Là, elle pesait soigneusement sa boîte, puis elle la posait sur le radiateur et, en attendant qu'elle fonde, elle écrivait sur son cahier : la date, la masse de la neige, la masse de l'eau.

Elle connaissait, par ailleurs, la masse de la boîte métallique et avait bien compris la question de la tare.

Ce qu'elle voulait savoir, c'est si la masse changeait lorsque la neige fondait, c'est-à-dire lorsque ce qu'elle avait ramassé et pesé se transformait, tenait moins de place, changeait de couleur, de forme et de volume. ...

Alors, elle attendait, en allant taquiner les autres, que sa neige ait fondu. Puis, elle repesait sa boîte, calculait vite et écrivait donc

Neige	Eau
1,185	1,185
0,950	0,925
0,845	0,840
0,720 kg	0,705 kg

...c'est-à-dire sensiblement la même masse. Regardant son cahier, je lui faisais lire les masses à voix haute, elle ne remarquait rien et continuait ses pesées avec sérieux et régularité.

Au soir de la deuxième semaine, alors qu'elle venait de faire fondre la neige et se dirigeait vers la balance, un garçon de la classe la bouscula et Juliette renversa sa boîte. Elle explosa ! D'abord quelques "gros mots", puis la colère : "C'est toujours pareil, ils ne font jamais attention, c'est pas possible, il faut que je..."

Elle arrêta net sa colère et son discours, ramassa la boîte et dit, très calme :

- Mais, que je suis bête ! C'est toujours la même masse, fondue ou pas fondue.

Ça y était ! la conservation de la masse était acquise : l'évidence avait fait surface, d'une façon évidente et sans plus d'hésitation. L'émergence irréversible du concept ?

Ce qui m'a intéressée aussi, c'est qu'elle ne donna aucune suite à ses observations précédentes, elle tira un trait sur son cahier et passa à un autre sujet, à une autre question à résoudre par d'autres expérimentations. L'idée acquise était rangée dans sa mémoire, faisait partie de son bagage conceptuel, elle n'en parlait plus mais s'en servirait pour d'autres avancées.

Marie de Vals

*Fondatrice de l'École Nouvelle
de la Prairie à Toulouse*

NDLR : L'intérêt et la finesse des observations de Marie de Vals nous poussent à vous en proposer d'autres dans les prochains numéros de l'*Agitateur*.

Réaction à "La neige" : espace et temps !

Un site enneigé = une salle d'expériences

La classe de neige (surtout quand il y en a) est un moment privilégié où la salle d'expérimentation non seulement existe, mais est toujours ouverte. Elle incite à faire des choses puisque on l'a "sous la main" tout le temps. Cette situation privilégiée m'a montré quand j'étais instituteur l'importance d'avoir un lieu permanent où l'on puisse expérimenter, faire des relevés, noter des observations. Avoir un lieu où du matériel, souvent tout venant, incite et permet des manipulations. Autre avantage : pouvoir rester en éveil avec l'objet de la recherche sans être obligé de ranger tout, chaque fois parce que le lieu doit servir à autre chose.

J'ai envie de le redire ici. En effet pourrait-on concevoir aujourd'hui une école sans gymnase ou sans une salle de

sport pour les activités motrices, sans bibliothèque pour diverses formes de lecture et de recherches documentaires ? Non bien sûr ! Alors en sciences et technologie, le petit coin au fond de la classe est-il suffisant pour donner toutes les chances à la démarche expérimentale ? Vous l'aurez compris je milite pour donner une vraie place, au sens propre, à ces disciplines.

Vers l'émergence d'un concept

Dans ce texte, l'activité de Juliette (11 ans) me fait penser au stade des opérations concrètes (entre 6 ou 7 ans et 11 ou 12 ans) de Piaget.

A ce stade, l'enfant acquiert une certaine logique qui lui permet d'admettre la conservation de la masse. Cette logique porte sur des objets réels, concrets. Il acquiert le sens de la réversibilité. Cette vision dynamique de la connaissance est liée à l'interaction du sujet avec son environnement.

D'où la nécessité de donner du temps à l'enfant pour qu'il manipule, transvase et recommence jusqu'à ce qu'il puisse se passer de cette interaction pour être convaincu qu'il a "toujours la même masse de neige, fondue ou pas fondue".

Ceci en dit long sur la nécessité des activités de transvasement à proposer aux enfants, dès la Maternelle, mais aussi à poursuivre en Primaire. Tant que cela est nécessaire, jusqu'à "l'émergence irréversible du concept".

Alors s'il vous plaît, donnez leur du temps !

Maxime Fauqueur

EN DIRECT DU LABO

Cuillers à thé

Le très sérieux British Medical Journal consacre toujours son numéro de fin d'année à des études qui, pour être menées en toute rigueur, n'en portent pas moins sur des sujets tous plus originaux, voire fantaisistes, les uns que les autres

A l'autre bout du monde, "down under" comme disent les Britanniques, trois membres d'un institut de recherche australien se sont penchés sur l'un des mystères les plus

tenaces du monde contemporain, presque aussi difficile à percer que celui de l'écriture maya : "le cas des cuillers à thé qui disparaissent".

Pour Megan Lim et ses collègues, tout a commencé un jour de janvier 2004. Ils constatent que l'espace détente où ils prennent leur thé se retrouve totalement dépourvu de cuillers. Un nouveau lot est aussitôt acheté. Il disparaît en quelques mois. En l'absence de données dans la littérature scientifique, les universitaires australiens se lancent alors dans une étude destinée à la terrible question qui les taraude : "Mais où sont passées ces foutues cuillers à thé ?" Ils ont cherché à déterminer le taux de perte des cuillers à thé, leur demi-vie (délai à l'issue duquel la moitié de l'effectif a disparu), l'éventuelle différence du taux de disparition entre des locaux collectifs et individuels, l'influence de la qualité de la cuiller, etc...

Après une première phase dite "pilote" destinée à une évaluation grossière de la manière dont les cuillers à thé disparaissaient dans l'institut, les chercheurs théinophiles ont acheté 54 cuillers à thé en acier inoxydable et 16 autres d'un modèle plus luxueux.

Toutes ont été "discrètement numérotées" au moyen de vernis à ongles sur la face postérieure du manche. Les cuillers ont été réparties dans les huit espaces détente. Un comptage a été effectué toutes les semaines pendant deux mois, puis la surveillance s'est espacée : deux contrôles par mois pendant trois mois. Toutes les cuillers traînant sur les bureaux ou en évidence quelque part étaient récupérées. Au bout des 5 mois, les chercheurs ont révélé à leurs collègues leur étude jusque-là clandestine. Ils leur ont demandé de rendre, anonymement, les cuillers à thé en leur possession et de remplir un questionnaire tout aussi anonyme.

Au cours de l'étude, 56 cuillers à thé, 80 % de celles ayant servi à l'étude, ont disparu. La moitié du lot s'était évanouie au bout de 81 jours. Dans les locaux communs, cette demi-vie était nettement plus courte : 42 jours. La valeur de la cuiller n'a pas modifié le taux de disparition.

Les investigateurs ont calculé : à la vitesse où les cuillers disparaissaient, il faudrait en acheter 250 par an pour maintenir une "population de 70 cuillers à thé dans l'ensemble de l'institut."

Paul Benkimoun

Le Monde – 31 décembre 2005

EN DIRECT DES FOLS...

Un Fol après-midi sur la Côte d'Azur,

La question était soumise à la sagacité des dix-sept participants, réunis le samedi 28 novembre 2005, à Vallauris : "comment les oiseaux, les avions font-ils pour tenir en l'air ? Ne risquent-ils pas de tomber ?"

Je ne me lasse pas d'être fasciné par la capacité d'un groupe à s'approprier, de manière scientifique, des connaissances pas du tout intuitives. Mis dans le même contexte expérimental, combien d'entre nous auraient dépassé les cinq minutes de réflexion et pour quelle conclusion ? Tout au contraire, les interrogations nées de l'échange des points de vue ont poussé les participants à faire preuve d'inventivité et déclenché chez eux un irrésistible besoin de prouver ou de réfuter leurs hypothèses.



Pour exemple : la mise en cause d'un effet de bords dans l'expérience du petit couvercle en rhodoïd plaqué contre le carré de polystyrène tandis que l'on souffle en imaginant le décoller.

Je suis toujours étonné de la puissance de la connaissance produite comparée à la modicité des moyens mis en œuvre. La *Conclusion Locale et Provisoire*, une petite phrase faite de quelques mots simples, tirée d'expériences faciles à réaliser, permet de dépasser la question initiale et d'expliquer tout à coup un nombre impressionnant de situations insoupçonnées, de l'écoulement de la théière, jamais là où on l'attend, à la quille du bateau aspirée par les hauts fonds s'il va trop vite.

Certains trouveront peut-être mon enthousiasme un peu excessif : est-on sûr d'avoir donné une explication totalement satisfaisante à toutes ces situations ? Ma réponse est résolument affirmative pour plusieurs raisons :

- La connaissance scientifique à transmettre n'est pas une et

indivisible, elle peut être formulée avec des niveaux croissants de complexité. C'est ce qui donne tout son sens à l'expression "*Conclusion Locale et Provisoire*". "*Locale*" parce qu'elle est issue d'un travail de recherche, mené ici et ce jour-là, avec ce groupe et les moyens que l'on s'était donnés et à partir des observations qu'on avait faites. Elle pourra être enrichie, précisée, quantifiée par exemple en laboratoire avec l'aide d'un matériel plus sophistiqué, sans perdre pour autant de sa légitimité et de son authenticité. "*Provisoire*" dans le fait qu'elle n'est qu'un premier maillon dans un savoir complexe et jamais définitivement abouti. On mène encore actuellement des études en soufflerie pour prévoir le profil des ailes d'avions ou des carrosseries.

- Par ailleurs la connaissance scientifique n'est pas qu'un savoir. Pour qu'elle soit vraiment intégrée, digne de foi et opératoire, elle s'acquiert presque toujours dans une pratique expérimentale qui a ses règles. Tout défaut dans la méthode ou dans le raisonnement donnera beau jeu aux contradicteurs et disqualifiera les conclusions. Les animateurs, accompagnateurs de la réflexion du groupe, apportent une garantie de ce point de vue en exerçant une vigilance discrète mais constante.

Enfin je suis frappé par l'originalité de l'approche proposée par **1, 2, 3, sciences** notamment le statut de l'activité expérimentale et la dialectique établie entre cette activité et les réflexions qu'elle déclenche. Les expériences ne sont pas là pour simplement étonner, accréditer des affirmations, prouver la pertinence d'une solution toute faite, ou convaincre du bien fondé d'une théorie... Non, d'abord les expériences font prendre conscience d'un phénomène et des conditions dans lesquelles il apparaît, conduisent à s'interroger, contribuent à la mise en évidence des variables et des invariants, stimulent la formulation d'explications directement issues des faits observés. Puis des expérimentations, suggérées par l'un ou l'autre des participants, permettent d'aller plus loin, d'éprouver les résultats, de les soumettre à une analyse raisonnée, véritable interprétation scientifique, exprimée avec un vocabulaire simple et compris de tous. Cette connaissance, conquise en exerçant le sens physique, ne doit en rien nous paraître banale ou dérisoire même si elle ne constitue pas le dernier mot sur le sujet.

Gérard LAPORTE

Pour en savoir plus : www.bio-air-technologies.com rubrique Bibliographie, puis "aero-MécaVol". Vous pourrez aussi exercer votre sens critique !

EN DIRECT DES FORMATIONS

Guide des formations - Enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire

Les maîtres du premier degré ont désormais à enseigner les sciences et la technologie selon une démarche d'investigation définie par les programmes 2002. Une formation pleinement réussie devrait faire de cette obligation professionnelle un plaisir, et pourquoi pas, une passion,

Peut-on enseigner la langue française sans avoir, pour soi, goûté la musique d'une poésie, l'équilibre d'une phrase, le jeu sur les mots ? sans s'être soi-même, en secret peut-être, surpris à écrire quelques vers ou un journal intime ? Avant même d'être utilisable devant les élèves, une formation en sciences -qu'elle dure un jour, une semaine ou un mois -doit d'abord donner ou redonner un goût semblable, susciter cette gourmandise. Ceci est d'autant plus nécessaire que, pour beaucoup, la science fait partie de l'inaccessible, réduite à des formules ou à des notions dont l'utilité paraît réservée aux seuls spécialistes.

Aussi le programme d'une formation idéale pourrait-il s'inspirer des étapes suivantes :

-Je regarde attentivement le monde autour de moi; je ne me contente pas de le voir. Si le monde paraît trop compliqué, j'isole une situation: une graine qui pousse, les feuilles des arbres agitées par le vent, le mouvement des ombres autour de midi.

-Je me pose des questions: pourquoi les phénomènes, les choses sont-ils ainsi, plutôt qu'autrement ?

-J'ai la conviction qu'il existe des réponses, qui ne sont ni arbitraires, ni nécessairement compliquées, ni inaccessibles; je puis les parcourir en étant guidé ou pratiquer peut-être une expérimentation toute simple, en mettant la main à la pâte.

Parce que chaque moment de découverte appelle Je partage de celle-ci, j'ai envie de communiquer ce que je viens de faire, d'enrichir quelqu'un et de m'enrichir' me voici prêt à enseigner, surtout si c'est mon métier. Au terme de ce moment de formation et porté par ce désir de partage avec les élèves, je m'interroge tout naturellement sur la façon dont je puis agir en classe, faire expérimenter les élèves, travailler en groupes, tolérer ou non les fautes d'orthographe dans le carnet d'expériences. Vais-je me plonger dans Bachelard et lire *La formation de l'esprit scientifique* ? Ou bien même vais-je essayer de faire créer de leurs mains par mes élèves un objet pratique, leur apprenant le passage de la connaissance acquise au savoir-faire ?

Peut-être cette formation aura-t-elle su préserver un temps, accompagné si possible de la présence d'un scientifique ou d'un chercheur, pour s'interroger sur les buts que poursuit la science: l'utilité sociale ? satisfaire la curiosité d'un petit nombre ? le bonheur de connaître et celui de partager le savoir ? la quête du pouvoir ? D'étrangère, voire inquiétante, la voici devenue plus familière, à portée de main parfois, intelligible.

Préface de Jean-Pierre Sarmant¹ et Pierre Léna²

1. Inspecteur Général de l'Éducation Nationale
2. Académie des Sciences, "La main à la pâte"

EN DIRECT DES T' DE SCIENCES

La Relativité en 2 temps, 3 mouvements

1. *Écrivez-le avec des fleurs...*

On en a tellement entendu parler au cours de l'année de la physique en 2005 : contraction des longueurs, dilatation du temps, et plein d'autres notions du même tonneau, paradoxales et incompréhensibles.

Nous avons donc décidé de consacrer un *T' de sciences* à faire les premiers pas en Relativité. Nous n'avons pas cherché à "expliquer" ces notions "exotiques", mais à faire un bout de chemin ensemble avec deux accompagnateurs dont le duo, improvisé mais bien accordé, nous a beaucoup éclairés. Nous reprenons les grandes lignes de notre après-midi pour les rappeler à ceux qui participaient au *T' de sciences* début novembre, mais aussi pour planter quelques jalons à l'usage des autres lecteurs de *L'agitateur*.

Ça ne se lit peut-être pas aussi facilement que Proust, mais nous avons essayé d'indiquer clairement les étapes pour vous aider à avancer vers ce sujet ardu qui met en œuvre des idées inhabituelles. D'ailleurs, vous pouvez nous faire part de vos remarques et de vos questions sur le Forum du site.

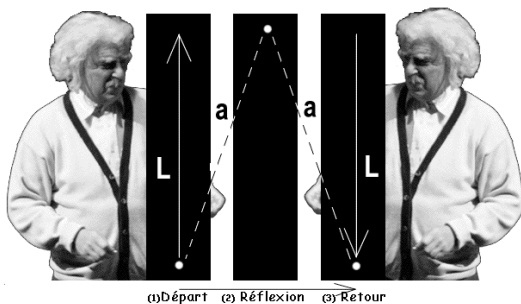
Les conférences d'Einstein parues en 1905 étaient un coup de génie parce qu'elles débloquaient une situation devenue inextricable.

D'une part, la relativité des mouvements était acquise depuis Galilée : la vitesse d'un objet en mouvement dépend du référentiel (le cadre dans lequel on observe un mouvement).

Par exemple, quand vous marchez sur un tapis roulant, votre vitesse de marche (sur le tapis) est différente de votre vitesse de déplacement par rapport au sol. De plus, des enfants peuvent y jouer à la balle comme s'ils étaient sur la terre ferme. De fait, ils confirment Galilée, car jouer à la balle met en œuvre les lois de la Mécanique. Ils vérifient en jouant que ces lois sont les mêmes dans tous les référentiels "inertiels", c'est à dire qui se déplacent en ligne droite à vitesse constante. On voit que le mot Relativité ne signifie pas que "tout est relatif !", bien au contraire !

D'autre part, à la fin du XIXème siècle, certaines expériences concluait que la vitesse de la lumière était toujours la même (dans un milieu donné) quel que soit le référentiel où on la mesurait. En effet, deux rayons de lumière se propageant dans des directions perpendiculaires dans un laboratoire, parcouraient la même distance dans le même intervalle de temps. Le mouvement de la Terre n'avait aucune incidence ! Si bien qu'on était arrivé à l'affirmation que la vitesse de la lumière est la même dans tous les référentiels quel que soit leur mouvement. Ce qui paraissait contradictoire avec la Relativité de Galilée.

Quelles sont les conséquences d'une telle affirmation ? Considérons le mouvement d'un objet qui fait un aller-retour de bas en haut sur un carton que l'on déplace perpendiculairement. Par rapport au carton le déplacement est $2L$, par rapport au sol c'est $2a$. La durée du mouvement est la même dans les différents référentiels, or $2a$ est plus grand que $2L$ donc l'objet va plus vite par rapport au sol que par rapport au carton.



Maintenant considérons un appareil constitué d'un support rigide sur lequel sont montés une source lumineuse S et un miroir M séparés par la distance L . La lumière se propage entre les deux avec la célérité " c ".

S envoie un éclair, qui se réfléchit sur M et revient en S. La distance parcourue par la lumière est $2L$. La durée entre les deux événements : départ de S et retour en S est égale à $2L / c$. Cette expérience est vue depuis un autre référentiel

qui se déplace à la vitesse v par rapport à celui-ci, dans une direction perpendiculaire au support. Sur la figure le deuxième référentiel se déplace vers la gauche par rapport au support, ou référentiel propre.

Si des observateurs extérieurs pouvaient se déplacer très rapidement (au moins à $30\,000$ km/s), ils verraient la lumière parcourir une ligne brisée, et la longueur du trajet serait supérieure à $2L$. Il faut plusieurs observateurs, car en l'occurrence ce n'est pas le même qui assiste aux deux événements. Comme la longueur du trajet est supérieure à $2L$ et que la célérité de la lumière est la même, la durée entre l'événement "départ" et l'événement "retour" mesurée par les observateurs extérieurs est obligatoirement supérieure à la durée entre ces deux événements mesurée dans le référentiel de l'appareil.

La durée mesurée entre les deux événements n'est donc pas la même dans les deux référentiels. La première, mesurée avec une seule horloge, présente lors des deux événements, est appelée **durée propre**. Elle est inférieure à la durée impropre, dont la mesure nécessite deux horloges. Que la durée entre deux événements dépende du référentiel est la prodigieuse (et déconcertante) découverte d'Einstein.

L'horloge de l'appareil, -celle que les spectateurs extérieurs appellent "l'horloge mobile"- mesure une durée plus petite entre les deux événements. Attention !! Les lois de la Physique sont les mêmes dans tous les référentiels inertiels, et donc des horloges identiques fonctionnent de manière identique dans les deux référentiels. Il est donc très dangereux de parler de ralentissement des horloges !

Dorénavant, pour des raisons typographiques, nous représenterons l'expression $\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ par une fleur ❀

ce qui de toute façon est plus souriant ! mais cette fleur représente un facteur (un peu compliqué à écrire ou à lire) qui dépend de la vitesse v , et devient de plus en plus grand quand cette vitesse augmente.

On peut démontrer en utilisant Pythagore :

$$\text{durée impropre} = \text{❀} \times \text{durée propre}$$

Ce résultat, tiré du postulat de l'invariance de la célérité de la lumière c est tellement étonnant qu'on ne peut se satisfaire d'une "expérience par la pensée" ! En 1938, soit quand même pas mal de temps après les articles d'Einstein, Ives et Stilwell ont mis en évidence un effet faible, mais mesurable, lié à la "transformation des durées" pour des atomes à la vitesse de $15\,000$ km/s. Et depuis, en laboratoire, les physiciens des particules de hautes énergies vérifient

quotidiennement ces prévisions.

Ils étudient ces particules qui se déplacent dans le référentiel du laboratoire à des vitesses proches de la célérité de la lumière dans le vide ("grandes vitesses" implique hautes énergies, voir plus loin). Par exemple des particules instables ayant des durées de vie propre de l'ordre de 10 nanosecondes (1 nanoseconde = 10^{-9} seconde). En 10 nanosecondes la lumière parcourt 3 mètres. Or on peut observer ces particules à des distances bien supérieures à 3 mètres du point où elles sont produites ! Comment est-ce possible ?

Si $v/c = 0,9994$, alors $\gamma = 30$; la durée impropre est égale à 30 fois la durée propre. La distance parcourue par les particules dans le référentiel du laboratoire est donc de l'ordre de : $0,9994 \times 3 \times 30 = 90$ mètres.

TEST : avez vous encore les idées claires ? Quelle est la distance parcourue par les particules dans leur référentiel propre ?

2. Une formule hautement photogénique : $E = mc^2$

C'est sans aucun doute la plus célèbre de toutes les formules de Physique. Elle est tellement esthétique qu'on la trouve écrite sur des cartes postales ou des T-shirts, éventuellement sous le portrait d'un moustachu à cheveux longs tirant la langue. Elle était le thème d'une émission de télévision récente.

Il est toujours désagréable, lorsque l'on regarde un film en version originale, que les sous-titres ne correspondent qu'approximativement aux paroles prononcées. Ici, c'était pire ! Jugez plutôt :

on voit un morceau de manuscrit d'Einstein, où est écrit :

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad \gamma^2 \text{ c'est à dire, avec notre petite fleur :}$$

$E = \gamma mc^2$, mais on entend encore une fois $E = mc^2$

Le téléspectateur doit-il croire plutôt le manuscrit d'Einstein, ou ce qui est prononcé ? Mais au fait, que représente chacune des lettres figurant dans ces formules ?

E : comme Einstein ? Non, comme Énergie

m : comme masse ou quantité de matière, par exemple la masse d'une particule, qui est l'une de ses caractéristiques

c : comme célérité de la lumière dans le vide. Dans la formule, c est "élevée au carré" = multipliée par elle-même.

v : comme vitesse de la particule, qui dépend du référentiel.

Que l'énergie dépende de la vitesse, cela je le sais, et je crois donc plutôt le manuscrit.

Dans le référentiel où la particule est immobile, sa vitesse est nulle et γ a pour valeur : 1.

L'expression du manuscrit devient $E = mc^2$. Ainsi mc^2 est l'énergie d'une particule de masse m dans le référentiel où elle est au repos. Autrement dit, en adoptant le même vocabulaire que pour les durées, son énergie propre. Dans un autre référentiel, où la vitesse de la particule est v , son énergie est supérieure à mc^2 (puisque la valeur de γ est supérieure à 1). Cette augmentation de l'énergie, cette énergie liée au mouvement, mais ... bien sûr ! C'est l'énergie cinétique !!!

J'essaie d'abord de me familiariser avec $E = mc^2$

La transformation de masse en énergie, difficile à concevoir, est cependant une évidence dans les réacteurs nucléaires de fission et dans l'avenir de fusion (voir projet ITER), qui sont les versions civilisées de la bombe A et de la bombe H. Une diminution de masse engendre une création d'énergie. On peut aussi, à l'inverse, créer de la masse, c'est à dire créer des particules, de la matière, à partir d'énergie. C'est à cause de ces transformations mutuelles que l'on parle d'équivalence masse-énergie.

Il est courant d'utiliser l'écriture $E = mc^2$ pour tous les référentiels (donc quelle que soit la vitesse de la particule). Cette écriture ne me plaît pas. A mon avis elle a deux défauts. Non seulement elle camoufle l'influence de la vitesse sur l'énergie mais surtout elle conduit à considérer que la masse m d'une particule dépend de sa vitesse et n'est donc plus une des caractéristiques de cette particule.

Avec cette description dans le référentiel où l'objet est immobile (référentiel qualifié de propre) la masse est la "masse propre". Pour -peut être- plus de clarté appelons la m_0 . Dans un autre référentiel, dans lequel la vitesse de l'objet est v , la grandeur : γm_0 est baptisée masse en mouvement ou masse impropre. m dans l'expression $E = mc^2$ utilisée pour tous les référentiels, représente aussi bien la masse "propre" m_0 que γm_0 , c'est ambigu et cela remet en cause l'invariance de la masse comme quantité de matière.

Jean Butaux et

Marima Hvass-Faivre d'Arcier

Le T de sciences était quand même costaud ! Heureux ceux qui ont pu expérimenter ce jour là car la seule lecture du texte me semble difficile à assimiler. C'est précieux de pouvoir s'appuyer sur un écrit maintenant qui reprend le cheminement suivi et qui va plus loin.. Il sera intéressant d'avoir des réactions!

Maxime Fauqueur

EN DIRECT DE L'AG

Chère Liliane,

Tu regrettes que l'expression "*Conclusion Locale Provisoire*" (CLP) soit "indigeste" pour certains et présente un obstacle qui gêne l'accès à la démarche de **1, 2, 3, sciences**. Peut-être devrait-on chercher un autre intitulé ? Ce serait pourtant dommage de se priver d'un concept si pertinent.

Dans un autre contexte, je me souviens d'avoir longtemps buté sur l'expression "gestion mentale", pourtant après lecture de La Garanderie, il n'y avait aucun doute, c'est la seule expression qui rende compte du concept qu'il décrivait.

Mais revenons à la CLP ! D'où vient-elle ? Cette expression est passée sous mes yeux en 1996 tout au début de *La main à la pâte*, dans un document décrivant la démarche d'investigation en classe. Elle m'a paru sur le champ "lumineuse", et très proche du fonctionnement de la science.

Il m'est difficile de penser que la CLP impressionne, alors que justement elle donne un cap accessible, une finalité aux tâtonnements expérimentaux, qu'elle oriente les investigations des élèves : "Tout ça pour quoi ?" Pour parvenir à une conclusion, à une généralisation, à partir des observations vraiment vécues et avec les mots des participants. Elle peut être aussi petite qu'on veut si bien qu'elle est à la portée même de bambins de Maternelle. J'en ai plus d'un exemple qui les montre menant des démarches scientifiques jusqu'à la généralisation, et sa mise à l'épreuve, puis à la prévision, contrairement aux écrits que l'on trouve.

Il semble qu'en fait, le bât blesse sur la question "Qui conclut ?" Traditionnellement, c'est l'expert. En classe c'est le maître, transmetteur du savoir "académique" que les scientifiques ont établi.

Depuis une dizaine d'années, la rénovation de l'éducation scientifique à l'école, est un progrès incontestable, en grande partie dû à la démarche d'investigation au cours de laquelle les élèves font des hypothèses, puis élaborent un protocole expérimental qu'ils mettent en œuvre eux-mêmes. Cela change beaucoup du "modèle explicatif" où celui qui sait explique à ceux qui apprennent. Et ça marche !

Mais si on regarde de près ce qu'il se passe ensuite, après les hypothèses, les manipulations et les observations où les élèves sont merveilleusement acteurs, auteurs même ! on voit que même si, individuellement la plupart du temps ils sont poussés à conclure leur travail, c'est le maître qui énonce la

loi, la notion, la conclusion "juste" qui sera apprise. Cette façon de procéder vient sans doute de la peur que les élèves "se laissent abuser" par leurs observations et concluent quelque chose de "faux", en fait, quelque chose de différent de l'expression académique, précise et rigoureuse des enseignants de science.

Sous-entendue aussi, la conviction des scientifiques que l'expérience mène clairement et univoquement à la loi, que lorsqu'on a expérimenté soi-même la notion est évidente, et que l'on comprend forcément tous les mots si bien choisis des énoncés pré-établis. Dans la réalité, c'est au contraire un moment crucial où il y a encore un espace à franchir, sur lequel il faut construire une passerelle, pour que la conclusion apparaisse bien comme la suite logique de l'exploration précédente.

Et puis, il est utile aussi pour la compréhension et l'appropriation qu'elle soit une construction du groupe et non un énoncé labellisé par l'institution. Dans ces conditions, la CLP doit être élaborée dans la confiance : la confiance qu'un groupe d'une vingtaine (ou plus) de personnes, même très jeunes, n'acceptera pas un énoncé qui va à l'encontre du vécu commun au cours de l'expérimentation. D'ailleurs, c'est la même réticence qui empêche la mémorisation d'un énoncé "juste" quand on ne voit pas bien le rapport avec les observations.

Le problème vient du fait qu'on ne se croit pas compétent légitime quand on n'est pas scientifique. On ne se donne pas le droit de prendre le risque d'exprimer à sa façon, avec le groupe, ce qui apparaît comme la généralisation cherchée. Au cours de nos études, nous n'avons pas acquis les outils de validation (ce n'est pas un objectif), et nous sommes désarmés, préférant nous en remettre à l'expertise des scientifiques.

Si on est convaincu que la Science se passe dans la vie de tous les jours, alors la *Conclusion Locale Provisoire* est l'outil le plus efficace pour découvrir et s'approprier la démarche et même de surcroît, et ce n'est pas rien, les connaissances.

Marima Hvass-Faivre d'Arcier

L'agitateur

Comité de rédaction :

Pascal Berger

Jean Butaux

Emmanuel Chanut

Maxime Fauqueur

Marima Hvass-Faivre d'Arcier