

Autour de l'école

Les sciences physiques, vecteur de culture scientifique et de culture générale

Mostefa MOSTEFA*

L'enseignement ne se limite pas à la seule transmission de savoir, mais doit impérativement s'étendre jusqu'à une certaine formation de l'esprit, lui inculquant les concepts de rigueur, de rationalité et de cohérence. Il faut aussi que soit établi le prolongement de ces notions, qui semblent propres au contexte scientifique académique, au contexte, plus vaste, de la culture de l'homme.

Le fait même que, par exemple, le savoir du au "raisonnement spontané" s'érige en obstacle à l'enseignement dérange l'un ou l'autre de ces concepts tant par son contenu, très probablement faux, que par la coexistence de représentations différentes, voire antagonistes

Vouloir aplanir les obstacles liés à l'enseignement nécessite tout d'abord une prise de conscience de leur existence et de leur importance, puis qu'on s'y intéresse plus particulièrement au cours de l'enseignement. La mise en évidence des obstacles et des représentations qui les impliquent, avant tout enseignement concernant le sujet est, à notre avis, d'une importance capitale. Cela permettrait : (i) sans aucun doute d'opérer en douceur le remplacement, par exemple, de la représentation du "savoir spontané" par une autre de type scolaire, la compétition que la coexistence des deux représentations pourrait engendrer dans l'esprit de l'étudiant peut être ainsi atténuée, voire évitée. (ii) procéder au remplacement dans le respect des concepts scientifiques de la rigueur, la rationalité et la cohérence.

Cette manière de faire, d'essayer tout au moins, de ne pas laisser de flou autour de la notion ou du phénomène enseigné constitue une attitude, un acte, hautement scientifique, que doit épouser l'esprit et en faire usage

* Professeur à l'institut de Physique de l'Université d'Oran-Es-Sénia / Chercheur associé au CRASC.

en tant que réflexe. C'est là un élément de fond et de base vers une culture scientifique bien établie.

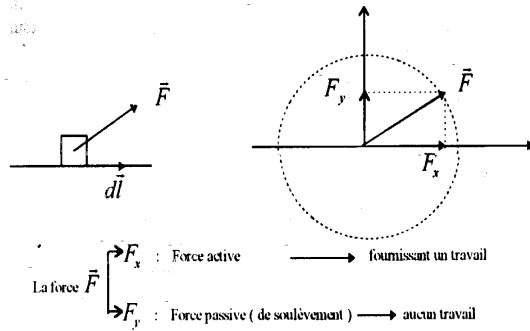
Si la culture peut être définie d'une façon générale comme étant l'ensemble des connaissances acquises, un savoir, et qui permettent à l'esprit de mener un raisonnement tout en développant son jugement, la culture scientifique n'est qu'une forme particulière de ce savoir dans lequel certaines parties ainsi que les relations entre elles se trouvent accentuées : dans la culture scientifique, il ne s'agit pas uniquement de savoir mais surtout de savoir faire. Ce qui impliquerait tout un ensemble de qualités telle que la rigueur, la cohérence, la perspicacité l'observation, l'analyse,... Ainsi, posséder une culture scientifique doit obligatoirement se refléter sur le quotidien par un comportement et des attitudes la mettant en évidence. En résumé, la culture scientifique est, à mon sens, construite à travers un savoir scientifique qui conditionne l'activité de l'homme.

Il s'agit ici de présenter en quoi des concepts définis dans le domaine de la physique seraient des vecteurs de culture scientifique. Dans ce but, nous commencerons par donner la définition du concept en physique puis par des analyses didactique et du langage, nous tenterons de mettre en évidence si ce concept constituerait un élément de base vers une culture scientifique, voire la culture de l'homme. Cette étude est fondée sur quelques exemples de concepts qui m'ont semblé importants à savoir: le travail, l'erreur, la transition de phase, ordre et désordre, inertie, l'effet de taille, l'interaction

Le travail :

La définition la plus complète que l'on puisse donner , en physique, du concept travail est la suivante : “ **le travail d'une force F qui déplacerait un point matériel M d'une distance dl aussi petite soit elle est donnée par le produit scalaire $dW = F \cdot dl$ ”**. Cette définition est évidemment destinée aux spécialistes du domaine.

Du point de vue de la didactique, l'analyse de ce concept s'articule comme suit



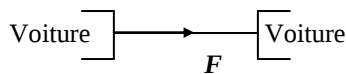
La force est ainsi décomposée en deux autres forces constituantes (ses composantes); l'une de même direction que le déplacement et présentant un rôle actif (productrice de travail), l'autre dans la direction perpendiculaire au déplacement et ayant un rôle passif (non productrice de travail). L'effet de la force appliquée est optimisé lorsque sa composante active est maximale et sa composante passive minimale.

Concrétisons cela sur deux exemples pratiques : le remorquage et l'usage du plan incliné

1. Le remorquage

L'effet de la force appliquée dépend de deux éléments importants: le niveau (hauteur par rapport au sol) des points d'attelage et la longueur de la corde. On distingue ici trois situations :

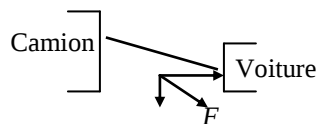
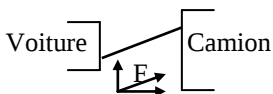
Situation 1 : Remorquage Voiture - Voiture : points d'attelage au même niveau (hauteur)



Dans ce cas de figure la force de traction est intégralement transmise à la voiture attelée: ce remorquage peut être qualifié de parfait en ce sens que toute l'énergie dispensée par la voiture de trait est recueillie par la voiture tractée

Situation 2: Voiture - Camion:

Situation'3 : Camion - Voiture :



points d'attelage situés à des niveaux différents

Dans le premier. de ces cas de figure (situation 2) il apparaît qu 'une partie importante de la force (composante horizontale) est productrice de mouvement alors qu 'une partie beaucoup plus petite (composante verticale) tend à soulever la voiture attelée: elle a alors un effet favorable au mouvement, en réduisant les frottements avec le sol. Dans le deuxième (situation 3), la force productrice de mouvement est toujours la même, par contre la force verticale est maintenant dirigée vers le bas et tend à plaquer au sol la voiture attelée ; elle a donc un effet défavorable au mouvement par augmentation des frottements avec le sol.

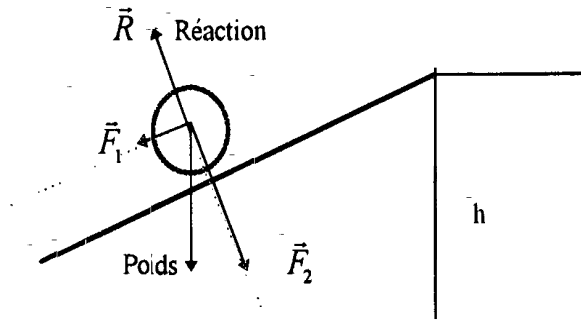
Analysons ces situations en terme de travail. Dans la situation 1 le travail fourni par la force appliquée est entièrement dépensé dans la traction. Dans la situation 2 une part importante du travail fourni par la même force est utilisée dans la traction, le reste semble perdu mais en réalité on pourrait dire qu'il sert à réduire les frottements (la composante verticale de la force soulève la voiture tractée). Dans la situation 3 aussi une grande partie du travail est consommée dans le processus de traction, le reste étant ici très nuisible puisqu'en quelque sorte il augmenterait les frottements (la composante verticale de la force plaque la voiture tractée au sol).

Il en découle alors que c'est la situation 1 qui est la plus favorable au mouvement, viennent ensuite, dans un ordre, d'efficacité, la situation 2 et la situation 3, cette dernière, étant à éviter dans la mesure du possible. En ternie économique, nous dirions que la situation 1 est très rentable, la situation 2 est rentable, la situation 3 est déficitaire.

Où se situe alors la culture scientifique dans ce discours ? Le but de tout apprentissage étant la maîtrise d'un savoir qui se prolongerait d'un savoir faire, nous dirons que la culture scientifique se situe au niveau de l'identification des différentes situations d'application du concept travail et surtout au niveau du choix de celle (celles) qui soit (soient) la (les) plus avantageuse(s) pour le mouvement. De plus, pour que l'on puisse appeler cette identification et ce choix de la culture scientifique il faudrait que leur mise en acte soit consciente et réfléchie. En d'autres termes, *la culture scientifique c'est de consciemment savoir quai faire et comment faire de sorte à bien faire.*

2. L'usage du plan incliné

Il s'agit en général de faire grimper un objet du niveau du sol jusqu'au niveau h situé au dessus.



Dans ce cas du plan incliné, le poids de l'objet est décomposable en deux forces, l'une $\vec{F}_1$ parallèle au plan incliné et l'autre $\vec{F}_2$ est perpendiculaire à celui-ci. Le problème consiste alors à faire monter l'objet jusqu'au niveau h en dépensant le moins possible d'énergie. Ce qui signifie que la force à vaincre $\vec{F}_1$, qui est résistante au mouvement, doit être la plus petite possible. Cette condition est obtenue en réalisant un système de plan incliné à pente douce, soit le plus long possible, de sorte que l'effet du poids soit presque entièrement compensée par l'effet de la réaction $\vec{R}$ du plan.

Ainsi, l'analyse didactique permet la mise en pratique ,dans le quotidien, du concept travail. **Elle est donc productrice de culture scientifique.**

Par ailleurs, une autre analyse, au niveau du langage celle-là, nous semble également non moins utile. Dans ce contexte, le travail est défini comme étant *“l'effort, l'application à faire quelque chose ”*. Il importe alors de noter dans cette définition l'emploi de l'association *effort, application* où le mot application, employé dans le sens de soin, vient préciser le niveau de qualité de cet effort. Il faut donc comprendre de cette association un effort soigné et appliqué, en d'autres termes on peut dire qu'il n'y a de travail que le travail soigné et appliqué. D'ailleurs, dans le quotidien n'utilise- t-on pas couramment l'expression *“ ce n est pas du travail ça ”* lorsque celui-ci nous déplaît. N'est ce pas là un trait culturel ? Ceci démontre **l'importance du sens des termes employés, soit de la langue, dans l'enseignement des sciences physiques.**

L'erreur, l'incertitude et la tolérance

L'examen de ces notions peut se faire à deux échelles différentes, l'échelle macroscopique et l'échelle microscopique.

Lors de la mesure d'une grandeur donnée, le résultat obtenu est toujours

- *L'erreur est l'écart existant entre la valeur exacte recherchée et la valeur mesurée*
- *Elle résulte de la contribution de causes diverses ayant un effet cumulatif global*
- *Elle ne peut être déterminée de façon précise*
- *Elle n'est pas reproductible pour deux mesures successives dans les mêmes conditions*

Il en ressort alors que la valeur exacte recherchée dans une mesure de grandeur ne peut jamais être obtenue, elle est seulement déterminée avec une certaine erreur. Mais celle-ci est elle-même incertaine, on est amené à définir un autre concept, *le concept d'incertitude*, pour palier à ce problème.

L'incertitude sur une mesure est définie comme étant l'erreur maximale commise lors d'une série de mesure d'une grandeur. Elle se caractérise par :

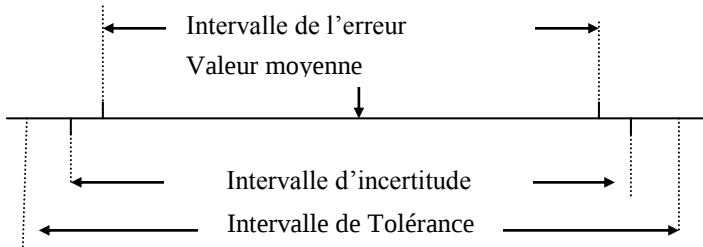
- Elle donne la valeur absolue de l'erreur maximale
- Elle est prise toujours par excès sur cette valeur absolue
- Elle détermine donc l'intervalle de sécurité dans lequel la valeur exacte recherchée se trouverait avec une probabilité maximale.

Il importe de faire remarquer que l'incertitude est déterminée à posteriori et il incombe à l'expérimentateur de la déterminer une fois les mesures réalisées. Mais, il arrive que l'incertitude sur la “ mesure” soit précisée a priori et serve de guide. C'est le cas en technologie, lors de la réalisation d'une pièce en mécanique par exemple, où la précision de réalisation de la pièce est fixée au préalable. Dans ce cas on ne parle plus d'incertitude mais de tolérance qui est définie comme étant l'erreur absolue maximale (incertitude) légalement autorisée, tolérée, acceptée : (i) dans la graduation d'un instrument de mesure (ii) dans la définition géométrique d'un objet fabriqué.

A l'échelle microscopique, le concept d'incertitude, est autrement employé. En effet, l'analyse du comportement d'une particule, en mécanique quantique, montre qu'il est impossible de déterminer, avec précision, en même temps, la position et l'énergie (impulsion) de la particule; ce qui signifie qu'elles ne sont connues qu'avec des marges d'erreur qui sont données par le principe d'incertitude.

Nous constatons une certaine hiérarchie dans ces notions qui se trouvent imbriquées l'une dans l'autre dans le but que *le contenant protège le contenu*. En effet l'erreur étant incertaine elle est remplacée par l'incertitude qui l'englobe largement donnant à l'erreur plus de certitude.

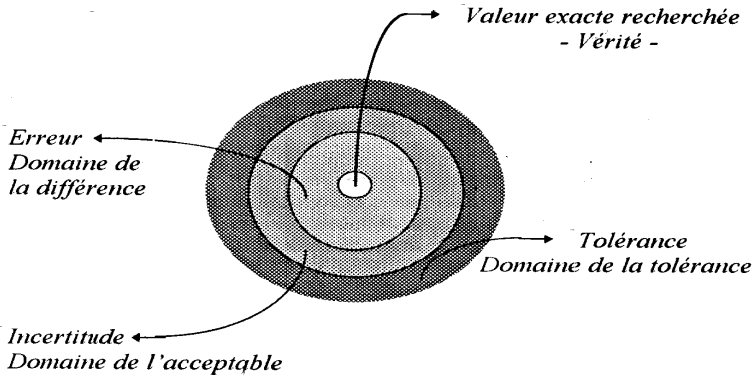
De plus comme l'incertitude dépende de l'opérateur, il est plus sure de fixer l'ordre de grandeur de l'incertitude à tolérer, soit la tolérance. Ce que l'on peut représenter schématiquement par :



La culture scientifique se reconnaît à la manière avec laquelle une opération commune est menée. Si le déroulement de l'opération est articulé de sorte à identifier erreurs et incertitudes en accord avec la tolérance préétablie, nous dirons que le processus émane d'une certaine culture scientifique.

Au niveau de la langue, c'est la notion de tolérance qui nous intéresse, pour son implication sociale. Elle se définit, pour chaque individu, par *le fait d'admettre des idées et des comportements différents des siennes*. Cette différence est donc un écart par rapport à un cas de figure (d'idées et de comportements) pouvant être pris pour référence. Il est alors fort probable que l'esprit perçoive cet écart comme une erreur par rapport à sa conception des choses, donc par rapport à la référence, considérée comme la seule admissible. Cependant, tout ceci se produit de façon inconsciente. Mais dans ce contexte, la réversibilité est de mise; chaque cas de figure peut être considéré comme la *référence*, ce qui veut dire qu'aucun ne l'est réellement tout en l'étant relativement.

Au niveau sociale, certains physiciens (ou scientifiques plus largement) deviennent non tolérants à cause de la confusion suivante Ils ont probablement inconsciemment compris que l'écart en question en tant qu'erreur doit être éradiqué, donc combattu, alors qu'il faudrait comprendre que la grandeur physique (ou vérité au niveau sociale) est, et demeurera, une inconnue ; soit que l'erreur en tant qu'écart par rapport à la vérité (physique ou sociale) doit être tolérée. Ce qui devraient, en principe, faire de tout scientifique un être tolérant. A ce niveau, nous pouvons dire que l'enseignement des sciences physiques n'est pas générateur de culture scientifique seulement, mais également de culture en général.



La transition de phase

On appelle transition de phase *le processus par lequel la matière change de phase* (solide - liquide - solide gaz ;...) On distingue alors deux types de transition :

- Transition de première espèce:

Lorsque dans un changement de phase de la matière les deux phases peuvent être en équilibre à la température de transition, où elles coexistent en proportion quelconques, la transition de phase dite de première espèce (fusion, vaporisation, sublimation).

-Transition de phase de deuxième espèce

Lorsque le changement se produit continûment d'une phase à l'autre sans que les deux phases ne soient en équilibre à la température de transition, celle-ci est dite de deuxième espèce (tous les changements de type ordre-désordre).

- Etat de Chaos

Dans certaines conditions, les transitions de deuxième espèce peuvent conduire à un état de désordre complet où les constituants de la matière ont des comportements (positions et vitesses) t'on corrélés, totalement indépendants et donc aléatoires.

Il importe de remarquer que dans la transition de première espèce le changement se fait sans exclusion de la phase première puisqu'elle est en équilibre avec la phase d'arrivée. Dans la

transition de deuxième espèce le changement se fait avec exclusion mutuelle entre les deux phases.

Au niveau du langage, une transition est un passage d'un état à un autre, sans plus de précision. *Il est alors intéressant de faire ici un parallèle avec un système sociale, sans prétention aucune de tirer de quelconques conclusions définitives ; le but étant uniquement d'initier un début de réflexions sur un sujet qui me semble intéressant.* Considérons le processus de changement de système sociale. L'analyse global permet de dire qu'on peut être confronté à deux éventualités:

La première est que ce changement s'opère lentement, en prenant le temps nécessaire pour permettre la mise en place progressive des éléments dû nouveau système. Ce qui signifie nécessairement la coexistence de deux systèmes durant la période de transition où les deux systèmes subissent les mêmes conditions (la même température): ce qui est *l'analogie sociale d'une transition (le phase physique de première espèce.* De plus, une transition entre deux systèmes sociaux selon ce processus fait intervenir la rationalité au détriment de la subjectivité. Ce processus de changement social qui préserve les paramètres déterminants de la société, à savoir son identité, sa cohésion, son unité, sa langue, et autres constantes est une mutation sociale.

La deuxième éventualité est que le changement se produise rapidement, donc brutalement. La mise en place da nouveau système s'opère de façon brutale en excluant toute coexistence avec tout élément de l'ancien système. En d'autres termes, ce processus de changement exclut le système sociale en place et procède à son remplacement rapide, donc incontrôlable, par un autre système sociale convoité mais certainement non maîtrisé donc inconnu. Comme le système sociale en place était maîtrisé parce que connu, alors malgré tout ce que l'on pourrait reprocher à son efficacité ou dire sur son fonctionnement, il est indéniable qu'il comportait un certain *ordre*. Le système de remplacement étant encore inconnu pour la société est un système de *désordre* puisque ses composantes, nouvelles, sont encore non maîtrisés et donc aléatoires. Ceci est *l'analogie sociale d'une transition de phase physique de deuxième espèce.*

Nous pensons que dans ce *type* de changement la subjectivité est dominante et la rationalité est pratiquement exclue. C'est le cas des révoltes et des révolutions qui, malgré le bien-fondé de leurs motivations, débouchent sur des impasses, puisque la société profondément affectée par la brutalité du changement, ne suit pas.

Un des multiples aspects que peut revêtir la culture scientifique résultante d'une notion donnée ou d'un concept réside dans la mise en évidence de sa dimension sociale.

L'inertie

Lorsqu'un système matériel est soumis à une impulsion quelconque, sa réaction à cette impulsion n'est jamais instantanée il s'écoule toujours un intervalle de temps aussi court soit-il entre l'instant où il reçoit l'impulsion et l'instant auquel il réagit. Ce phénomène est du à une propriété du système qui fait que celui-ci a tendance à demeurer dans l'état où il se trouve, c'est *l'inertie du système*.

Ce phénomène peut se rencontrer dans un système sociale bien que les causes de l'inertie soient différentes, niais étant toujours intrinsèques au système. On pourrait aussi le rencontrer au niveau d'un système formé d'un individu. Lorsque celui-ci reçoit un requête ou une instruction il mettra toujours un certain temps pour y répondre.

Le temps de réponse peut nous servir de paramètre de comparaison:

- temps indéfiniment longtemps

Dans ce cas on pourra dire en ce qui concerne le système matériel que l'impulsion n'est pas suffisante pour provoquer une réaction. Chez l'individu on pourra interpréter cela comme refus ; mais celui-ci n'est-il pas quelque part du à une faiblesse de l'instruction ou de l'argumentation de la requête, donc de l'impulsion. Chez l'individu la lenteur dans la réponse peut être tout simplement lié à sa nature, indiscipliné ou fainéant.

- Temps infiniment court

Dans ce cas la réponse du système matériel est dite instantanée, l'impulsion étant adéquate. En ce qui concerne l'individu l'interprétation pourrait être la requête est persuasive, l'instruction est formelle, l'individu est très discipliné.

Concepts d'ordre et de désordre:

Ces deux concepts sont très importants aussi bien au niveau des sciences fondamentales qu'au niveau des sciences humaines.

En sciences physiques le concepts d'ordre se rencontre pratiquement dans toutes les spécialités et sert à définir, par exemple, l'arrangement des atomes dans la matière ou le mouvement d'ensemble dans un faisceau de particules. Ce qui fait appel aux notions de corrélation, de structure organisée, de structure ordonnée. Il en ressort alors que ce concept permet de définir des systèmes que l'on peut qualifier de maîtrisables, accessibles.

Au niveau sociale, ce même concept est à l'origine de la production, par exemple, d'harmonies musicales ou de fresques artistiques exécutées par un ensemble d'individus. On peut le retrouver également dans l'organisation d'une institution.

Ainsi, on peut dire que le concept d'ordre est lié à un effet constructif aussi bien au niveau des sciences physiques qu'au niveau sociale.

Par opposition le concept de désordre est utilisé pour des systèmes dont les paramètres caractéristiques sont aléatoires, donc pour des systèmes difficilement maîtrisables, contrôlables. Le désordre peut être à l'origine de chaos, de troubles et destruction

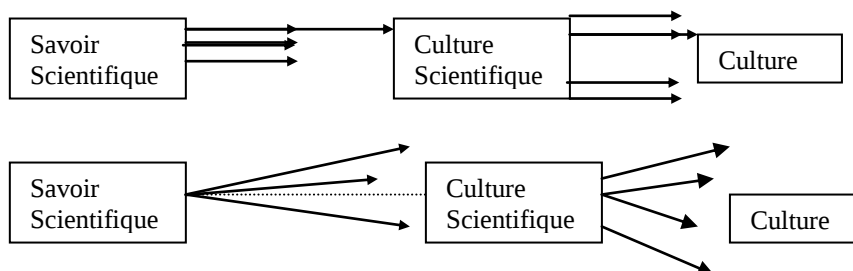
La culture scientifique se présente ici aussi sous un autre aspect. elle consiste à comprendre et traduire les notions d'ordre et de désordre dans le contexte plus vaste que constitue la société.

Conclusion

Dans ce travail nous avons essayé d'infirmer le préjugé largement répandu qui consiste à considérer les sciences physiques comme un domaine fermé et par conséquent presque sans intérêt, autre que technique, pour la société. Les exemples de concepts que nous avons considérés nous ont permis de démontrer que ce préjugé est sans fondement.

La culture scientifique, de par ses différents aspects, est donc multiple. Mais quelque soit le concept, elle constitue non pas les racines mais les différents ramifications intra et interdisciplines que le concept peut soutenir. La culture scientifique se situe au niveau de l'esprit et résulte de l'identification et la classification par ordre d'intérêt de ces ramifications

Il nous semble qu'actuellement, le savoir dispensé est quantitatif mais on n'en tire que très peu profit. L'idéal serait que partant du moindre savoir on puisse en faire des usages multiples.



Bibliographie

Réflexions personnelles

ASTOLFI, I.P. et DEVELAY, H..- La didactique des Sciences .- P.U.F, 3 éd., 1993.

BROUSSEAU, G..- Recherches en didactique des mathématiques. 115-23, (1986) 2,18.

ASTOLFI, J.P..- L'école pour apprendre.- Ed. ESF, 1995.

VERGNAUD. G..- Apprentissages et Didactiques, Où en est-on ?.- Hachetteéduc, 1994.

VIENNOT, L. .- Le Raisonnement Spontané en Dynamique Elémentaire.Hermann, 1979.