

L'enseignement scientifique comme obstacle à la formation de l'esprit scientifique

Kouadio Etienne ALUI, Doctorant en Philosophie,

Histoire des Sciences et Bioéthique

Université Alassane Ouattara de Bouaké

Kouadioalui@gmail.com

Résumé : Le décrochage scientifique est un fait indéniable en Côte d'Ivoire. L'enseignement scientifique, mis ici en cause, s'opère suivant deux doctrines philosophiques radicalement opposées : le positivisme et le rationalisme appliqué, en dehors de tout cadre problématologique. Pour une émulation scientifique et une culture de l'heuristique scientifique, il faut recourir nécessairement à la philosophie qui apprendra, aux savants en formation, l'histoire épistémologique de leur discipline, en leur inculquant l'art du questionnement et de la problématisation.

Mots clés: Ancien/nouvel esprit scientifique- Enseignement scientifique- Obstacle pédagogique-Positivisme-Problématisation-Refoulement.

Abstract: Scientific disengagement is an undeniable fact in Ivory Coast. What is at issue is science education. This is done according to two radically opposed philosophical doctrines: positivism and applied rationalism. It also operates outside any problematic framework. For scientific emulation and a culture of scientific heuristics, it is necessary to have recourse to philosophy, which will teach scientists in training the epistemological history of their discipline by inculcating in them the art of questioning and problematisation.

Keywords: Ancient/New scientific spirit - Science education - Scientific spirit - Educational barrier - Philosophy - Positivism - Problematisation - Problematic repression.

Introduction

Il existe une réelle crise de l'enseignement des sciences physiques. Cela se traduit, en Côte d'Ivoire, par une réduction considérable des classes de sciences et de leurs effectifs. Alors que certains ont fait le vœu de poursuivre leur scolarité en série scientifique et qu'ils sont nombreux à être affectés en 2nde scientifique, la plupart des élèves à profil scientifique initial sont détournés vers d'autres séries, notamment la série D, moins exigeante en sciences fondamentales comme les Mathématiques et les sciences physiques et privilégiant plutôt les SVT. D'autres abandonnent tout simplement leur projet d'études scientifiques en s'orientant en Première littéraire après une Seconde scientifique. Selon Jean-Marie Boilevin (2013), cette désaffection pour les études scientifiques est un phénomène mondial. Mais il prend un accent particulier dans les pays francophones en développement.

De nombreuses causes ont été identifiées : facteurs idéologiques, facteurs socio-économiques, facteurs sociodémographiques, facteurs structurels, facteurs pédagogiques et didactiques. Sans négliger les autres facteurs, les facteurs pédagogiques et didactiques sont objets d'attention. Suivant la synthèse de différents rapports, il s'agit précisément de l'image peu enthousiasmante de la science véhiculée par l'enseignement scolaire, ainsi que des objectifs de l'enseignement des sciences confondant préformation professionnelle pour futurs scientifiques et éducation scientifique pour tous les élèves. À cela se greffent plusieurs autres motifs dont l'inadaptation des programmes d'enseignement et curricula : la science est présentée de manière fragmentée, le décalage entre les contenus et les thèmes scientifiques traités par les médias, le caractère trop abstrait, rigide et déshumanisé de l'enseignement scientifique, le cloisonnement de l'enseignement scientifique, les démarches pédagogiques peu attrayantes, les pratiques pédagogiques trop stéréotypées et trop académiques, les méthodes d'évaluation peu adaptées.

Tous ces facteurs ne doivent pas être négligés. Mais c'est au cœur de l'enseignement des sciences qu'il faut rechercher les causes du désamour pour les sciences. L'enseignement scientifique n'est pas conforme à ce que Gaston Bachelard appelle « *nouvel esprit scientifique* ». Qu'est-ce que ce nouvel esprit scientifique ? Que faut-il entendre par l'idée selon laquelle l'enseignement scientifique ne forme pas au nouvel esprit scientifique ? Et pourquoi l'enseignement scientifique se présente comme un obstacle à l'acquisition de la culture scientifique qu'il est censé inculquer ? Comment la philosophie, à travers l'histoire des sciences et la problématique, peut-elle contribuer à résoudre cette anomalie de l'enseignement des mathématiques et des sciences ?

Cette réflexion tend à démontrer d'abord comment l'enseignement scientifique constitue un frein à la formation à l'esprit scientifique, pour ensuite proposer des voies et moyens pour y remédier. De là l'importance de présenter le concept bachelardien de nouvel esprit scientifique, pour ensuite démontrer comment l'enseignement scientifique fait obstacle à la formation de l'esprit scientifique et, enfin, œuvrer à montrer comment l'enseignement de la philosophie peut contribuer à surmonter cette difficulté.

1. Enseignement scientifique comme obstacle à la formation de l'esprit scientifique

1.1. Qu'est-ce que l'esprit scientifique ?

Le concept d'esprit scientifique est un des apports conceptuels de Bachelard. Deux de ces ouvrages majeurs en portent le titre : *Le nouvel esprit scientifique* et *La formation de l'esprit scientifique*. Mais qu'est-ce que l'esprit scientifique ? Voici la définition que Gérard Durozoi et André Roussel (2009, p.131) en donnent :

1-L'esprit scientifique désigne la déontologie classiquement attendue du savant ou du chercheur scientifique qui, dans l'exercice de sa profession, doit posséder d'une part des qualités morales comme le désintéressement et la probité et d'autre part, des qualités intellectuelles comme la curiosité, esprit critique, esprit de soumission aux faits, sens du problème et croyance aux principes de la science.

2-Mais l'épistémologie contemporaine observe que la rationalité du savant ne consiste pas à respecter, dans l'exercice d'une méthode rigoureuse et universelle, les lois du fonctionnement général de l'esprit indépendamment de tout contexte culturel, car il n'y a pas de raison immuable. Les conditions d'intelligibilité varient d'une époque à l'autre, l'esprit scientifique désigne l'ensemble des catégories mentales ou le corps de concepts, valides à une époque historique donnée, que le chercheur est amené à utiliser dans sa pratique : c'est en ce sens que Bachelard évoque un nouvel esprit scientifique. Le caractère transitoire du corps de concept formant le contenu de l'esprit scientifique du moment est souligné par l'invitation faite au savant de se livrer à un travail négatif de rectification du travail précédent, si bien que le progrès de la connaissance scientifique est lié à la notion de rupture épistémologique.

Il se dégage deux significations du concept d'esprit scientifique. Si, anciennement, avoir un esprit scientifique consiste à respecter la déontologie scientifique et à s'y soumettre, aujourd'hui, jouir d'un esprit scientifique équivaut à rompre avec cette déontologie qui s'avère un obstacle même à l'acquisition de l'esprit scientifique. Ces deux orientations idéologiques sont relatives chacune à une époque de l'évolution de la science : la première est conforme à l'ancien esprit scientifique ; la seconde, au nouvel esprit scientifique. Comment se caractérisent-elles ?

1.1.1. L'ancien esprit scientifique et les mathématiques

L'ancien esprit scientifique est celui en vogue du XVII^{ème} siècle à la fin du XIX^{ème} siècle. Il se caractérise par la prééminence de l'empirisme. Ici, l'objet de la physique est un objet concret, l'objet tel qu'il existe naturellement et tel qu'il nous est livré par nos sens. C'est pourquoi à cette époque, expérimenter, c'était observer, et la preuve scientifique était fournie par l'observation comme l'enseigne Francis Bacon qui soutenait, en substance, qu'en dehors

de l'expérience sensible, il n'y a pas de démonstration à proprement parler. Essentiellement empiriste, la science traditionnelle se fonde sur un matérialisme naïf. La réalité scientifique, pour le savant classique comme pour son homologue antique, est ce qui nous est donné par l'expérience spontanée.

On comprend aussi aisément pourquoi l'ancien esprit scientifique, c'est l'esprit positiviste, esprit méfiant à l'égard des mathématiques. Auguste Comte, en effet, mettait en garde contre le recours aux mathématiques qu'il considérait comme un obstacle à la conquête de la réalité. Voici ce qu'il écrit : « Tenter de faire rentrer la science, dès son origine, dans le domaine du calcul, ce serait vouloir imposer à des théories portant sur des phénomènes effectifs, le caractère de simples procédés logiques, et les priver ainsi de tout ce qui constitue leur corrélation nécessaire avec le monde réel ». (A. Comte, 1975, p. 26.) Pour lui, les mathématiques ne sont rien d'autre que de la logique. Elles sont purement formelles donc sans rapport véritable avec la réalité matérielle que le physicien étudie. Ce faisant, le positivisme a porté un coup sévère à la mathématisation de la physique en cours, depuis Galilée, et développée par Newton avec *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*.

1.1.2. Le nouvel esprit scientifique et les mathématiques

Le nouvel esprit scientifique se caractérise par une systématisation de l'intervention des mathématiques dans les études scientifiques d'où la physique mathématique. Suivant Bachelard, il commence au début du XX^e siècle, et porte la signature d'Albert Einstein. Ici, l'abstraction règne, et il n'y a pas de place pour l'observation et l'empirisme, car l'objet scientifique ne se donne plus à voir, il perd son statut d'objet, il s'agit d'un « *réel caché* » suivant l'expression de D'Espagnat. Et comme tel, il est pensé, il est une réalité abstraite. Mais il ne s'agit pas de n'importe quelle abstraction, il s'agit de l'abstraction mathématique. Seuls les calculs mathématiques peuvent nous y faire accéder. Pour exprimer cette centralité des mathématiques, Bachelard écrit : « L'exigence empiriste qui ramène tout à l'expérience a perdu sa primauté, en ce sens que la force de la découverte est presque entièrement passée à la théorie mathématique » (G. Bachelard, 1970, p.16.). À l'ère du nouvel esprit scientifique, c'est la raison mathématique qui prend les devants. La physique ne se fait plus suivant les principes du positivisme en faisant abstraction des mathématiques. Le succès même de l'expérience physique dépend des mathématiques, non pas une dépendance *a posteriori*, mais une dépendance *a priori* : « Ne faut-il pas que l'expérimentateur se renseigne sur l'aspect théorique des données que le mathématicien estime fortement coordonnées ? », s'interroge

l'épistémologue (G. Bachelard, 2004, p.1). Ceci pour dire que la pensée mathématique constitue la base de l'explication physique.

Mais le rapport mathématiques-physique n'est pas unilatéral. Si la physique dépend des mathématiques, les mathématiques dépendent également de la physique. La pureté mathématique ne peut être saisie et comprise que par le phénomène physique : « les mathématiques pures trouvent dans la physique contemporaine, des applications inattendues ». (G. Bachelard, 1965, p.30.) C'est pourquoi le théoricien doit se renseigner sur toutes les circonstances de l'expérimentation. Cela dit, le nouvel esprit scientifique est le règne de la physique mathématique ou physique théorique. Ici mathématicien et physicien sont dans une coopération franche: « les conditions de la pensée abstraite sont désormais inséparables des conditions de l'expérience scientifique » (G. Bachelard, 2011, p.276.). Comment calculer la cinématique sans connaître les dérivées ? « La physique devient une science géométrique et la géométrie une science physique » (G. Bachelard, 2013, p.49.). En gros, le nouvel esprit scientifique, c'est l'interdisciplinarité Mathématiques-Sciences physiques et Sciences physiques-Mathématiques. Pourtant l'enseignement de ces disciplines fait complètement abstraction de cette corrélation.

2. Enseignement scientifique comme obstacle à l'acquisition du nouvel esprit scientifique

2.1. Un enseignement fondé sur l'empirisme et le positivisme

Comment l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques empêchent la constitution de l'esprit scientifique ? L'enseignement scientifique se fait suivant l'ancien esprit scientifique d'une part, quand il accorde le privilège à l'observation. L'initiation scientifique commence à l'école primaire, puis se poursuit et se transforme en enseignement scientifique à partir du collège. Les professeurs de sciences physiques et de SVT font faire beaucoup d'observations et de manipulations aux élèves à qui ils font comprendre que l'observation est indispensable à la compréhension scientifique des phénomènes. S'il paraît tout à fait normal que l'observation prime au primaire, compte tenu de l'âge des apprenants, cela devient un problème par la suite. En effet, après de nombreuses années passées à faire comprendre aux enfants que la science est fondée sur l'observation empirique des phénomènes naturels, il devient difficile par la suite de leur faire changer de perspective. Et la tâche devient d'autant plus difficile qu'ils n'ont plus

affaire au même enseignant pour rectifier le tir. Cet enseignement empiriste constitue ce que Bachelard appelle « expérience première ».

L'expérience première est, selon Bachelard, le premier obstacle épistémologique contre lequel l'esprit scientifique doit se constituer. Elle désigne l'expérience sensible immédiate. Dans l'enseignement scientifique, l'expérience première est l'enseignement scientifique lui-même, en tant qu'il repose sur l'empirisme et le positivisme. Enseigner suivant l'empirisme et le positivisme finit par constituer ce que Gaston Bachelard appelle « obstacle pédagogique ». La notion d'obstacle pédagogique est le correspondant de la notion d'obstacle épistémologique dans le domaine de l'enseignement. Si les obstacles épistémologiques désignent les fausses représentations et les faux concepts qui entravent de l'intérieur l'acte de connaissance, les obstacles pédagogiques sont, quant à eux, des croyances, pratiques, des attitudes propres à l'enseignant qui empêchent la transmission des connaissances scientifiques et l'acquisition de ces connaissances par les apprenants. Selon Bachelard, l'incompréhension de l'incompréhension en constitue une attitude très sensible. « J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences (...) ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas » s'indigne-t-il dans *La formation de l'esprit scientifique* (G. Bachelard, 2011, p.21). Pour le professeur de science, la compréhension d'une leçon va de soi.

Il ignore que l'élève baigne dans une culture dont il est le produit, et que cette culture repose sur l'empirisme. Il ignore également que pendant plusieurs années, cette culture empiriste a été renforcée par les pratiques enseignantes. Il ignore la psychologie de l'erreur. Il ignore enfin que la compréhension scientifique ne peut être effective que par une destruction de cette culture empiriste, source d'erreur. « Ils n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive dans la classe de Physique avec des connaissances empiriques déjà constituées » (G. Bachelard, 2011, p.21). La conséquence de toutes ces ignorances, c'est qu'elles laissent « se constituer une sorte d'inconscient de l'esprit scientifique qui demandera ensuite une lente et pénible psychanalyse pour être exorcisé ». (G. Bachelard, 2011, p.21)

2.2. Un enseignement sans interdisciplinarité

D'autre part, cet enseignement se fait dans un esprit de cloisonnement disciplinaire. Nous entendons par là qu'il n'y a pas de collaboration entre les professeurs de sciences

physiques et ceux des mathématiques. Chacune de ces disciplines s'enseigne en vase clos, c'est-à-dire sans contact avec l'autre. De temps en temps, le professeur de sciences physiques fait recours à des leçons de mathématiques, mais il le fait de façon lapidaire, de façon stratégique. De son côté, le professeur de mathématiques fait son cours sans aucun égard pour les phénomènes physiques que cela permet de comprendre et d'éclairer. Il n'en fait cas que lorsqu'un élève courageux et curieux lui pose la question de l'utilité pratique de la propriété en question. Au sein des établissements secondaires, les conseils d'enseignement de mathématiques et de science physique s'ignorent et fonctionnent indépendamment les uns des autres. Il ne faut donc pas espérer une coopération des unités pédagogiques. Sans doute, les enseignants perçoivent eux-mêmes la nécessité de l'interdisciplinarité mathématiques-sciences physiques et sciences physiques-mathématiques. Mais faute de formalisation et d'instruction officielles relatives à cette collaboration, ils ne peuvent s'y engager.

Cela dit, c'est dans l'institution pédagogique que s'origine le problème. En d'autres termes, l'absence de collaboration entre ces disciplines n'est que la conséquence d'une absence de collaboration entre les inspections pédagogiques de mathématiques et de sciences physiques. Ce défaut de correspondances, d'interactions et de corrélations se manifeste dans les rapports entre leurs progressions respectives. Même si certains pensent que les programmes sont surchargés, de l'avis général des professeurs de physique et de mathématiques, leurs programmes sont irréprochables. Ils comportent pour chaque niveau, toutes les leçons nécessaires à la formation de l'apprenant. Là où le bât blesse, ce sont les progressions. Une progression est un plan d'étude, établissant des étapes successives dans l'acquisition ou l'élaboration des connaissances. Suivant l'ancien esprit scientifique, il n'est pas nécessaire que les progressions des mathématiques et de physique-chimie s'influencent. Cependant, à l'ère du nouvel esprit scientifique, cette collaboration est une exigence. Les progressions de physique-chimie doivent être élaborées suivant celles de mathématiques, et inversement, de sorte que toute leçon de physique-chimie soit précédée d'une leçon de mathématiques, ou que toute leçon de mathématiques débouche sur une leçon de physique et de chimie qui en sont les applications. Or qu'est-ce qu'il nous est donné de constater ? La plupart des leçons de mathématiques se font sans référence à celles des sciences physiques, et inversement. Ceci a pour inconvénient le fait que de nombreux élèves disent comprendre les leçons de

mathématiques sans comprendre celles de sciences physiques, et d'autres qui disent comprendre les leçons de sciences physiques sans comprendre celles des mathématiques. Ce qui n'est pas normal.

Mais cette tendance à faire croire qu'on peut faire de la physique sans les mathématiques a un autre grave inconvénient. C'est l'incapacité des élèves à comprendre pourquoi leur professeur utilise le langage mathématique pour exprimer des données chimiques, par exemple. Cependant, si d'une façon générale, la numérisation des données physiques ne pose pas problème quand il s'agit de nombres entiers, les problèmes surgissent en chimie quand il faut exprimer numériquement les atomes et les molécules. Compte tenu de leur « petite taille », on ne peut que les exprimer par des fractions et les puissances de 10. Or, de l'avis des collègues de physique-chimie que nous avons rencontrés, les élèves de 5^{ème} sont incapables d'effectuer ces calculs. Leurs déboires persistent durant les classes de 4^{ème} et 3^{ème}. Tout laisse croire qu'ils n'ont pas compris les leçons de mathématiques faites en classe de 5^{ème}. On peut alors s'interroger sur les conditions d'apprentissage. À quel moment de l'année ces leçons sont-elles enseignées, et pendant combien d'heures ? La lecture de la progression de mathématiques en classe de 5^{ème} montre bien que les leçons relatives aux fractions et puissances de 10 sont dispensées en 8 heures, à la mi-février, période à cheval sur les cours et les congés. Ces huit heures sont-elles suffisantes ? Le fait que ces leçons sont dispensées juste avant les congés et après les congés de février ne pose-t-il pas un problème de concentration au niveau des élèves ? Enfin, la base empirico-positiviste de la pédagogie scientifique n'est-elle pas en cause ?

Le décrochage scientifique à partir de la classe de 2^{nde} C peut fournir une réponse. En effet, dès cette classe, les leçons de physique imposent d'elles-mêmes, pour leur compréhension, les leçons de mathématiques. Il ne s'agit plus de simple traduction numérique des résultats. Ici, on ne peut espérer saisir les phénomènes physiques sur lesquels portent ces études sans une base mathématique préalable. En bref, ces leçons de sciences physiques doivent nécessairement être précédées de leçons mathématiques dont elles sont les applications. Ce sont par exemple, les leçons de mécanique relative à la masse, au poids et à la vitesse. Chacune de ces grandeurs est en réalité une relation, un rapport notionnel. La masse d'un corps, par exemple, est le rapport constant de la force qui s'exerce sur ce corps à l'accélération que ce corps lui communique. C'est pourquoi la masse se note $m=g.t$. La vitesse d'un mobile désigne la longueur de son déplacement pendant l'unité de temps. Elle se

note : $V=d/t$, et désigne une grandeur vectorielle permettant de décrire une action mécanique. La détermination de chacune de ces grandeurs nécessite la connaissance du coefficient directeur. Ainsi, si nous connaissons V et t , pour calculer d , il nous faudra appliquer ce qu'il est convenu d'appeler la règle de 3, en posant ceci : $d=V \times T$. Or la plupart des élèves de 2^{nde} C sont incapables d'une telle opération. Ce qui est en cause ici, c'est l'incompréhension ou la non assimilation des leçons de mathématiques sur la résolution des équations et inéquations dans \mathbb{Q} en 4^{ème}, équations et inéquations du 1^{er} degré dans \mathbb{R} et $\mathbb{R} \times \mathbb{R}$, faites en classe de 3^{ème}.

En lisant la progression de mathématiques 3^{ème}, il se trouve que ces leçons interviennent, pour la première en début d'année sous forme de simple rappel, pour la deuxième à mi-février et la dernière, quasiment dans la dernière semaine du mois d'avril. La raison de cette programmation est que la connaissance de la résolution des équations et inéquations permettra à l'élève, une fois arrivé en classe de 2^{nde} C, d'effectuer toutes opérations relatives aux grandeurs physiques et chimiques. Mais cet objectif ne peut être atteint, car la concentration des professeurs et l'attention des élèves baissent à cette période de l'année, étant donné que le mois de mai sonne comme la fin de l'année scolaire dans les collèges et lycées. Cette leçon ne se déroule donc pas dans de bonnes conditions. La conséquence, c'est que cette leçon ne peut être suivie et assimilée. Ce qui complique la tâche au professeur de physique-chimie qui entame sa progression par les leçons de mécanique. Pour bien faire les choses, les leçons sur les équations et inéquations doivent être reprises et non simplement rappelées, en début d'année de 2^{nde} C, par le professeur de mathématiques avant que son collègue de PC n'étudie la mécanique. Or ce n'est pas le cas.

Cela dit en classe de 2^{nde} C, les élèves et les professeurs de sciences physiques rencontrent de nombreux problèmes. Les premières leçons portent sur la mécanique. Ici, l'on étudie la projection des forces. Cela consiste à trouver les coordonnées d'une force dans un repère. Pour ce faire, il faut recourir aux vecteurs et aux propriétés métriques du triangle rectangle que sont le cosinus, le sinus, la tangente, le triangle rectangle, la notion de repère. Or, les élèves n'en sont pas capables, toutes ces notions leur semblent étrangères faute de leurs compréhension et maîtrise en classe de Troisième. Sans doute, les vecteurs sont étudiés de nouveau en 2^{nde} C, mais c'est au mois d'octobre soit pratiquement un mois après les leçons de mécanique. De tels dysfonctionnements sont légions au lycée. Alors que les professeurs de sciences physiques ont besoin de la notion de centre d'inertie, de barycentre des points en 2^{nde}

C, c'est en 1^{ère} C ou D que les professeurs de mathématiques étudient ces notions. En terminale scientifique, l'année physique commence par l'étude de la mécanique. Cette étude porte précisément sur la cinématique du point. Sa compréhension nécessite la compréhension de la dérivation et des primitives des différentes fonctions étudiées en mathématiques. Or, c'est tardivement en décembre et en janvier que ces leçons se déroulent.

2.3. Le refoulement problématologique comme obstacle à la compréhension des leçons et comme facteur d'inhibition heuristique

Autre problème posé par l'enseignement scientifique et qui fait obstacle à l'acquisition de l'esprit scientifique, ce sont les leçons mêmes de physique. Celles-ci portent sur des thèmes. Par exemple, en classe de 6^{ème}, les thèmes sont : l'électricité, les propriétés physiques de la matière, les combustions et les mesures de grandeurs. Les professeurs enseignent ces différents thèmes à travers des leçons ainsi formulées : « Le circuit électrique », « Commande d'un circuit électrique », « Court-circuit et protection des installations électriques », « Solides et liquides », « Les gaz », « Combustion d'un solide et d'un liquide dans l'air », « Combustion d'un gaz dans l'air », « Dangers des combustions », « Volume d'un liquide et d'un solide », « Masse d'un solide et d'un liquide », etc. Comme on peut s'en apercevoir, ces leçons ne se présentent pas comme des problèmes à résoudre. Le déroulement de chacune de ces leçons de physique et de chimie s'effectue suivant la démarche positiviste promue par Claude Bernard. En effet, la représentation positiviste fait commencer la démarche scientifique par l'observation qui se poursuit par l'hypothèse, l'expérimentation, le résultat, l'interprétation, et s'achève par la conclusion ; ce qui donne en abrégé OHERIC. Dans les classes de science, les professeurs adoptent et enseignent cette démarche à leurs élèves. Tels qu'ils se présentent, ces enseignements consistent à n'enseigner que des résultats de recherches en faisant abstraction du contexte de découverte, pour ne privilégier que le contexte de justification. Ce faisant, les professeurs font abstraction des problèmes à la base des recherches qui ont abouti à ces résultats. Or qu'est-ce qu'un enseignement scientifique sans problématisation ?

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Bachelard défend l'idée de la nécessité du problème dans la recherche scientifique :

Avant tout, il faut savoir poser des problèmes [...] C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique.

Comprenons ici que la science ne commence pas par l'observation comme le croient les positivistes. Ce qui impulse la recherche, c'est une incompréhension, une énigme, une controverse, une contradiction. C'est cette contradiction qui suscite des questions chez le chercheur, questions auxquelles ce dernier va chercher réponses en procédant à de nouvelles observations et expérimentations. C'est une situation problématique que vit Galilée à l'apparition d'une nova en 1604 après une autre en 1572. C'est également la situation de Newton observant la chute d'une pomme dans la ferme familiale de Woolsthorpe. Le premier s'interroge : si les étoiles explosent, c'est qu'elles sont soumises au changement comme les phénomènes naturels. Dans ces conditions, y a-t-il du sens à les faire étudier par une physique spéciale ? Y a-t-il une physique céleste différente de la physique terrestre, comme Aristote et ses disciples ont laissé croire ? Quant au second, il se demande ce qui fait qu'une pomme lancée en l'air tombe alors que la lune ne tombe pas ? Cela dit, à la base de la recherche scientifique, il y a un problème, et ce problème est essentiel. C'est pour exprimer cette idée que Michel Fabre, philosophe du problème déclare ceci dans son ouvrage *Bachelard éducateur* : « Toute connaissance scientifique n'a de signification épistémologique que replacée dans un contexte de pensée où elle fonctionne soit comme problème (sens problématique), soit comme solution (sens apocritique) » (M. Fabre, 1995, p.113). En bref, il ne peut y avoir de recherche en science sans problématisation, car au fond, on connaît toujours contre une connaissance antérieure qui s'avère problématique et qu'on se réserve le droit de questionner.

Il en va de même dans l'enseignement scientifique. Si la recherche scientifique commence et recommence dans un contexte problématique, il va sans dire que l'enseignement scientifique doit être problématisé, et non se contenter d'enseigner les résultats de recherches. C'est ce que Michel Fabre s'évertue à faire comprendre en ces lignes : « L'enseignement des résultats scientifiques sans considération des problèmes qu'ils viennent résoudre ou de ceux qu'ils permettent de poser, est donc en rigueur dépourvu de signification épistémologique » (M. Fabre, 1995, p.113). Pour l'enseignant de physique, enseigner une leçon se borne à reproduire un savoir déjà constitué. Ainsi, une leçon de mécanique consiste à enseigner aux élèves les lois et les théories de mécanique, les résultats des recherches de Newton. Il est alors

dans l'ignorance totale que les lois et théories mécaniques ne sont pas, en réalité, des résultats, mais des conclusions, des solutions. Comme telles, elles sont la phase d'aboutissement d'un processus que l'on appelle la problématisation. Dispenser une leçon de science en faisant abstraction du contexte d'émergence des lois et théories, c'est faire la démonstration qu'on ne sait pas vraiment ce qu'on enseigne, c'est démontrer qu'on manque de cette conscience de savoir : « Pour Bachelard, enseigner n'est pas simplement communiquer un savoir déjà là. L'acte d'enseigner s'avère intimement lié à la conscience de savoir, c'est encore la meilleure façon d'apprendre, de s'assurer de son propre savoir. » (M. Fabre, 2017, p.47). Si la conscience est le savoir revenant sur lui-même, la conscience de savoir doit être comprise comme le savoir revenant sur le savoir qui est revenu sur lui-même. La conscience de savoir se présente donc comme une double conscience.

Tout enseignement qui ignore ce principe, tout enseignement incapable de cette double conscience, de cette surveillance de soi, vire en dogmatisme pédagogique. Sans aucun doute, la finalité de la science est d'apporter des réponses aux questions que l'Homme se pose sur le réel, en vue de le comprendre. La science, en tant que réponse, se veut donc apocritique au sens où elle supprime la critique que représente le questionnement. Toutefois, il est du devoir de l'enseignant de science de ressusciter ce questionnement, en suivant le rythme même de la science. À l'origine de la recherche scientifique, il y a un questionnement, un problème à résoudre. En proposant une solution à ce problème, la science supprime ce problème. Mais, elle ne s'arrête pas à cette solution, car la science, ainsi que le défend Bachelard, est recommencement. Elle teste, puis vérifie à nouveau ses acquis, faisant ainsi montre d'une dynamique chaque fois renouvelée comme en philosophie. Dans cette perspective, la philosophie ne doit-elle pas accompagner l'enseignement scientifique, si tant est que « La raison pédagogique se réclame d'un esprit critique ». ? (M. Fabre 2013, p.157).

3-Philosophie et enseignement scientifique

La philosophie se présente comme l'instance qui se charge d'accompagner l'enseignement scientifique dans la quête de son rythme normal. Mais comment ? Par l'enseignement à la science de sa propre histoire d'une part et l'enseignement de la problématologie à la science.

3-1. Nécessité de l'enseignement de l'histoire de la science aux étudiants en sciences

Il faut que la philosophie enseigne à la science sa propre histoire. Il y a, en science (comme dans toutes les autres disciplines), comme un oubli de son essence ; ce qui pourrait donner raison à Heidegger qui niait à la science toute possibilité de penser. Cette essence de la science transparaît dans l'histoire même de la science. L'histoire dont il est question n'est nullement celle relatée par l'historien. Cette histoire ne traduit pas la réalité de la science. Pis, elle déforme le mouvement de la science. En effet, elle présente l'histoire de la science comme une succession tranquille de découvertes. L'histoire de la science serait donc une accumulation de découvertes entretenant entre elles des relations de sympathie.

Du point de vue pédagogique, cette histoire ne porte pas de fruits. Elle est stérile voire dangereuse. D'un point de vue purement pédagogique, parler d'histoire féconde c'est faire allusion à l'histoire épistémologique. Qu'est-ce cette histoire ? C'est celle qui fait la démonstration de ce que le continuisme n'est pas la bonne lecture du rythme de la science. En science, les théories ne se succèdent pas les unes aux autres. Le devenir de la science n'est pas comme un fleuve qui coule tranquillement. Sans doute, il est des moments de tranquillité qui font penser à la « *science normale* » de Thomas Kuhn. Mais ces moments ne caractérisent pas vraiment la science. Ce qui fait la science, ce sont les révolutions de la pensée, ces moments de doute, ces moments où des vérités que l'on croyait indiscutables sont remises en cause et subissent des secousses, le temps où les concepts admis comme clairs et distincts paraissent subitement obscurs et confus. La science, fait remarquer Bachelard, est un recommencement, recommencement à l'égard de l'opinion courante ; mais, également et surtout recommencement à l'égard d'elle-même. C'est en ce sens qu'Einstein déclare que « La physique a commencé réellement par l'invention de la masse, de la force et d'un système d'inertie » (A. Einstein et L. Infeld 1981, p. 275.). La science repose sur une révolution conceptuelle. La science se constitue vraiment, quand elle renonce au sens vulgaire des concepts et la science évolue quand elle reforme ses propres concepts. Dans la conclusion du *Matérialisme rationnel*, Bachelard se veut plus explicite : « Le langage scientifique est, par principe, un néo-langage. Pour être entendu dans la cité scientifique, il faut parler scientifiquement le langage scientifique, en traduisant les termes du langage commun en langage scientifique ». C'est pour cette raison que le savant qui veut étudier la température du noyau devra se départir de la notion ordinaire de température. Il doit se garder de prendre pour point de départ la température du laboratoire, puisqu'il n'y a aucune continuité entre la notion

ordinaire de température et le concept scientifique de température nucléaire. Celle-là est simple et empirique, celui-ci est complexe et technique, donc spirituel.

Cela dit, l'histoire de la science à enseigner est cette histoire qui démontre que le devenir de la science repose sur des discontinuités conceptuelle, technique et méthodologique. Ce faisant, l'épistémologue enseigne les dialectiques au cœur de la science. Georges Canguilhem se propose de nous instruire sur le sens bachelardien de cette dialectique dans son article « Dialectique et philosophie du non chez Gaston Bachelard » : « Ce que Bachelard nomme dialectique c'est le mouvement inductif qui réorganise le savoir en élargissant ses bases, ou la négation des concepts et des axiomes n'est qu'un aspect de leur généralisation » (G. Canguilhem, 1963, pp. 441-452). En d'autres termes, il s'agit d'une rectification des concepts à travers laquelle les anciennes théories loin, d'être rejetées, sont enveloppées dans un cadre plus grand, et relativisées comme des cas particuliers.

Ainsi, les axiomatiques non-euclidiennes dépassent-elles l'axiomatique euclidienne qui apparaît désormais comme un cas particulier. Ainsi, Bouligand fait-il de la pythagoricité du carré, un cas particulier d'une loi plus vaste qui embrasse d'autres figures. Ainsi, la relativité d'Einstein enveloppe-t-elle la théorie de la gravitation universelle de Newton. Suivant Alain, la pensée philosophique s'exprime négativement. Pour Bachelard la science s'exprime négativement : « Une des activités de la science est la recherche de la négation partielle, de la négation fine. Seule la négation fine fait penser » (G. Bachelard, 1965, p.112). La pensée scientifique est une pensée polémique, et cette polémique se manifeste dialectiquement. Enseigner l'histoire de la science, c'est inculquer aux savants en herbe et aux futurs enseignants cette dialectique qui vivifie la science. Mais l'enseignement de l'histoire épistémologique, même si elle est nécessaire, ne suffira pas. Encore faut-il amener les enseignants à tirer toutes les conséquences de cette connaissance de l'histoire épistémologique. Une de ces conséquences est la nécessité problématologique.

3-2. La nécessité problématologique

La problématologie est la théorie du questionnement, des mécanismes fondamentaux de la pensée, qui a vu le jour sous la plume de Michel Meyer. Il s'agit d'une théorie philosophique qui prend comme prémisse le concept du refoulement problématologique, inspiré du refoulement de Freud, mais appliqué au questionnement. Meyer distingue deux types de refoulement : le refoulement problématologique faible qui consiste ainsi en un

refoulement faible des questions et le refoulement problématologique fort caractérisé par un plus grand refus des questions, et qui a cours depuis que, sous la houlette de Galilée et de Newton, la science s'est mathématisée. En effet, les mathématiques, en introduisant et faisant régner partout l'apodicticité, ont institué dans toutes les sciences des certitudes. Ce faisant, le monde de la connaissance est devenu un monde de certitudes, c'est-à-dire un monde sans questions et sans problèmes. Or l'accélération de l'histoire est telle que toutes ces certitudes tremblent. Cette remise en question des certitudes est en réalité une remise en question des questions d'où ont émergé les réponses certaines. De là l'idée de questionner le questionnement lui-même. Questionner le questionnement, c'est donc lutter contre le *refoulement apocritique*, c'est-à-dire le refoulement provoqué par les réponses certaines. Apocritique, en effet vient du grec « *apokrisis* » qui signifie réponse.

Les enjeux pédagogiques de ce refoulement apocritique sont énormes. En effet, l'oubli du questionnement induit par l'apodicticité mathématique dans les sciences a entraîné à son tour un oubli de la question dans l'enseignement, d'une façon générale, et en particulier dans l'enseignement scientifique. Cet enseignement consiste en un savoir des réponses, c'est-à-dire un savoir qui « se présente volontiers « en soi », indépendamment de tout questionnement (...) C'est un savoir de résultat, qui ne répond à aucune question, à aucun problème » (M. Fabre, 2013, 215). L'enseignement scientifique porte essentiellement sur des propositions. Les professeurs de sciences physiques se contentent d'enseigner des propositions logiquement coordonnées entre elles, sans se soucier des questions dont ces propositions sont les réponses. Avec un esprit positiviste, inconsciemment, ils évacuent le contexte de découverte au profit du contexte de justification. Toutes les leçons de physique, de chimie et de S.V.T. consistent à justifier les résultats en les décontextualisant, c'est-à-dire en faisant abstraction du contexte de leur découverte. Les enseignants se contentent alors de montrer « *comment* » tel savant a élaboré sa théorie sans égard pour le « *pourquoi* » il est arrivé à la concevoir. Or ce contexte est le contexte problématique, la situation technique qui a donné naissance au "doute accoucheur", l'état de conscience dialectique où les certitudes laissent (malgré elles) la place aux doutes.

L'impossibilité de prendre conscience de ce contexte de découverte vient de ce déficit de culture philosophique chez les professeurs de sciences. Alors, en quoi consiste cette culture philosophique ? Claude Bernard en apporte une réponse dans son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* :

En effet, au point de vue scientifique, la philosophie représente l'aspiration éternelle de la raison humaine vers la connaissance de l'inconnu. Dès lors, les philosophes se tiennent toujours dans les questions de controverse et dans les régions élevées, limites supérieures des sciences. Par-là, ils communiquent à la pensée scientifique un mouvement qui la vivifie et l'ennoblit ; ils fortifient l'esprit en le développant, par une gymnastique intellectuelle générale, en même temps qu'ils le reportent sans cesse vers la solution inépuisable des grands problèmes ; ils entretiennent ainsi une soif de l'inconnu et le feu sacré de la recherche qui ne doivent jamais s'éteindre chez un savant.

Une culture philosophique fait défaut chez les professeurs de sciences : l'esprit critique, c'est-à-dire, l'esprit de questionnement. Ces professeurs de sciences sont avant tout d'anciens élèves de séries scientifiques (série C, D ou E) qui ont eu à peine deux années de contact avec la philosophie. Qu'ont-ils retenu de l'esprit philosophique ? Certainement et vaguement que l'esprit philosophique est un esprit critique, une attitude qui consiste à remettre en question les opinions prises pour des vérités définitives. Mais alors, comment cet esprit critique se manifeste-t-il dans les disciplines qu'ils ont comme matières de base ? La réponse exige de savoir le sort que les parcours supérieurs réservent à la philosophie.

À l'Université et à l'École Normale Supérieure, l'enseignement de la philosophie disparaît des programmes de formation des futurs enseignants de sciences. Or, c'est à ce niveau de formation qu'il devient nécessaire, au sens où l'étudiant en science doit connaître l'histoire des sciences, mais surtout la trame de cette histoire scientifique. C'est là qu'il faut lui enseigner que l'histoire des sciences est l'histoire d'une problématisation permanente. Il doit savoir que connaître l'histoire des sciences revient à connaître les contextes de découverte des différentes théories et à savoir que ces contextes sont problématologiques. C'est en questionnant les réponses, donc le questionnement aristotélicien, que Galilée établit sa science. C'est également en questionnant le questionnement galiléen que Newton établit sa théorie de la gravitation universelle. Enfin, c'est en questionnant le questionnement newtonien qu'Einstein établit sa théorie de la relativité.

Faute de connaître ces contextes problématologiques, l'enseignant de science ne peut les enseigner à ses élèves. Comment enseigner ce que l'on ignore soi-même ? Comment faire prendre conscience de quelque chose à autrui, si l'on est, soi-même, ignorant de l'existence de cette chose ?

Mais le plus grave n'est pas tant l'impossibilité de transmettre. En fait, l'impossibilité de transmettre n'étant pas conscient mais inconscient, c'est l'ignorance de la question et son

refoulement problématologique que le professeur de science transmet à ses élèves. Car là où la conscience s'absente, l'inconscient se présente. Ce que la conscience abdique, l'inconscient le revendique. La conscience enseignante, en se montrant incapable d'enseigner aux élèves le sens du problème et de la problématologie, laisse son inconscient infiltrer subtilement celui des élèves. Or, ce faisant, il leur transmet ses complexes.

Mais ce refoulement problématologique n'est pas une fatalité. On peut le surmonter. Mais comment ? Premièrement : en reconnaissant que le rejet de la philosophie hors de la cité scientifique a fait du tort à cette dernière. Deuxièmement, en reconnaissant la nécessité de l'enseignement de la philosophie dans la formation scientifique. Cet enseignement n'aura pas pour tâche d'enseigner des doctrines. La tâche de l'enseignant de philosophie sera d'inculquer l'esprit problématologique aux élèves et étudiants en science, leur enseigner le sens et la nécessité du problème en science. Ce sera leur faire comprendre qu'une leçon sans problème est épistémologiquement, sans intérêt, puisque ce ne sont pas les propositions qui fondent la découverte, mais plutôt les questions. Seul le questionnement a une fonction heuristique, c'est-à-dire une fonction de découverte. C'est pourquoi l'enseignement scientifique doit reposer sur le questionnement. Cette nécessité du questionnement est la preuve de la nécessité de la philosophie : « Le questionnement, en philosophie, est essentiel, et même fondamental (...) Philosopher, c'est donc chaque fois questionner » (M. Meyer, 2017, p.7). L'esprit philosophique consiste dans le questionnement, et ce questionnement se veut radical. Mais qu'est-ce qui fait en fait la radicalité ? C'est que le questionnement philosophique porte sur le questionnement lui-même : il est questionnement du questionnement. C'est un sur-questionnement, au sens où Bachelard parle de surrationalisme. Cette capacité du philosophe à questionner le questionnement fonde sa légitimité à lutter contre le refoulement problématologique dont les élèves, étudiants et professeurs de sciences sont victimes.

Conclusion

La pédagogie de l'enseignement scientifique, en Côte d'Ivoire, porte les germes du frein à la formation de l'esprit scientifique. Premièrement, cet enseignement est fondé sur le positivisme, ce qui entretient l'empirisme chez les jeunes apprenants et les y maintient. Deuxièmement, le cloisonnement disciplinaire et le déphasage entre enseignement scientifique et enseignement mathématique au collège empêche l'abstraction qui s'impose dès la première année de lycée. Troisièmement, cet enseignement s'effectue en dehors de toute

problématisation, en se contentant de n'enseigner que des résultats. Tous ces facteurs expliquent pour une bonne part le décrochage scientifique. Pour y remédier, il faut intégrer, dans le parcours scientifique des universités ivoiriennes et de l'ENS, l'enseignement de la philosophie. L'enseignement de l'histoire des sciences, de l'histoire des découvertes et des problématisations scientifiques aux apprenants permettra de les motiver et d'accentuer leur curiosité. Seule une pédagogie fondée sur l'esprit problématisologique peut susciter l'esprit heuristique chez les jeunes.

Bibliographie

BACHELARD Gaston, 2013, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, P.U.F.

BACHELARD Gaston, 2011, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.

BACHELARD Gaston, 1931-1932, « Noumène et microphysique » in *Recherches Philosophiques, I*, Boivin & Cie, p. 55-65.

BACHELARD Gaston, 2004, *Le matérialisme rationnel*, Paris, P.U.F.

BACHELARD Gaston, 1965, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, P.U.F.

BERNARD Claude, 1966, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Flammarion.

BOILEVIN, Jean-Marie, 2013, *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*, Bruxelles, De Boeck, 2013.

CANGUILHEM Georges, 1963, « Dialectique et philosophie du non chez Gaston Bachelard », in *Revue Internationale de Philosophie*, 17, No. 66, p. 441-452.

COMTE Auguste, 1975, *Cours de philosophie positive*, Paris, Hermann.

D'ESPAGNAT Bernard, 1982, *Un atome de sagesse : propos d'un physicien sur le réel voilé*, Paris, Seuil.

DUROZOI Gérard et ROUSSEL André, 2009, *Dictionnaire de philosophie*, Paris, Nathan.

EINSTEIN Albert et INFELD Léopold, 1981, *L'évolution des idées en physique*, trad. Maurice Solovine, Paris, Payot.

FABRE Michel, 2017, *Qu'est-ce que problématiser ?*, Paris, Vrin.

FABRE Michel, 2013, *Philosophie et pédagogie du problème*, Paris, Vrin.

FABRE Michel, 1995, *Bachelard éducateur*, Paris, P.U.F.

MEYER Michel, 2017, *Qu'est-ce que le questionnement?*, Paris, Vrin.

NEWTON Isaac, 1966, *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. É. du Châtelet, Paris, Blanchard.