

## Faire des programmes : le cas de la physique

« Rue de Grenelle, on assassine la littérature ! » : chacun se souvient de cette tribune libre parue dans *Le Monde* en l'an 2000 à propos de la réforme des programmes de français. Derrière l'outrance de l'attaque, au moins le lecteur apprenait-il qu'une réforme était en cours de préparation... Et les autres disciplines ? Imagine-t-on un instant pareil titre s'agissant de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre, des mathématiques, ou de la physique ? La question fait sourire. Les sciences ne faisant toujours pas partie de la culture, comment leur enseignement pourrait-il donner lieu à débats idéologiques ? Il y en a pourtant, comme on va le voir. L'avenir des générations futures ne se joue pas seulement dans le destin de la dissertation de philosophie au baccalauréat...

Car depuis janvier 1999, à la demande de Claude Allègre, reconduite par Jack Lang, l'ensemble du dispositif d'élaboration des programmes de lycée, toutes disciplines confondues, est mobilisé. Nous sommes au milieu du gué. Les nouveaux programmes de la classe de seconde générale et technologique sont en application dans tout le pays depuis la rentrée 2000, les nouveaux programmes de la classe de première sont en application depuis la rentrée 2001, et ceux de la classe de terminale, parus au *Bulletin Officiel* en août 2001, seront applicables à la rentrée 2002. Ainsi, en salle des professeurs, personne pour rassurer celui qui s'inquiète des changements apparaissant dans sa discipline : tout le monde est, d'une façon ou d'une autre, déstabilisé. Certains le prennent bien, d'autres moins bien, mais l'interrogation est commune : qui fait cela, et au nom de quoi ?

Président du groupe chargé de l'élaboration des programmes de physique-chimie du lycée, physicien moi-même, je m'en tiendrai à la discipline que je connais. S'il fallait résumer d'un mot le caractère de la réforme en cours, ce serait en ces termes : *centrage sur les fondamentaux, mise en place d'une pédagogie du questionnement, recherche de convergences entre disciplines.*

Avant d'explicitier plus avant, un mot sur le dispositif.

### **Les institutions.**

Tout part du ministre, tout lui revient. C'est lui qui passe la commande de nouveaux programmes, c'est lui qui signe le bon à imprimer au *Bulletin Officiel*. Les différentes instances d'élaboration mises en place n'ont de valeur que consultative.

Il y a d'abord le Conseil National des Programmes (CNP) et les Groupes d'Experts (GE) des programmes du secondaire. Le CNP est une instance regroupant des spécialistes renommés de chaque discipline, français, philosophie, physique, chimie, technologie, mathématiques, biologie, arts, langues, économie, histoire, géographie, éducation physique et sportive. Il est présidé par le philosophe Luc

Ferry. C'est là que chaque discipline explique aux autres pourquoi et comment elle existe et quels sont ses problèmes de développement. De cette confrontation naissent de grandes orientations communes à plusieurs disciplines, de ces orientations qui marquent l'esprit d'une réforme.

La rédaction proprement dite des programmes est confiée aux groupes d'experts, auxquels le CNP fournit des lettres de cadrage leur indiquant des pistes de travail. Ils comportent chacun une quinzaine de membres, dont une majorité de professeurs du secondaire, et sont tous présidés par des universitaires. Cette combinaison de personnes dont le métier est la production des connaissances avec des professionnels de leur transmission est très heureuse, même si, bien sûr, elle ne garantit pas la réussite : le meilleur comme le pire ne sont inévitables.

Lorsque, à l'issue d'une série d'allers-retours GE-CNP, le processus a convergé, le projet de programme est soumis pour consultation à l'ensemble du corps enseignant (cette procédure a été mise en place par Jack Lang). Après remontée de la consultation et finalisation du projet, le nouveau programme est présenté au Conseil Supérieur de l'Éducation (CSE), constitué essentiellement de représentants des syndicats et des associations de parents d'élèves, qui émet un vote. Ce vote a valeur indicative, le ministre étant toujours libre de signer ou de ne pas signer un programme, quel qu'ait été le résultat du vote du CSE.

Après publication au *Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, un délai de quatorze mois est prévu avant l'entrée en application du nouveau programme, de façon que les éditeurs aient le temps de faire écrire les ouvrages correspondants par des équipes de professeurs.

Le dispositif CNP/GE a été créé en 1989 lorsque Lionel Jospin était à l'Éducation Nationale et que Claude Allègre était son conseiller. Il a été légèrement amendé par Jack Lang, sans toutefois que sa logique soit remise en cause. Avant la réforme de 1989, la rédaction des programmes était confiée à l'Inspection générale. Celle-ci n'a pas toujours bien vécu, et c'est un euphémisme, d'être écartée de cette fonction. Elle a vu, et voit encore parfois l'arrivée des universitaires comme une intrusion intolérable dans une chasse qu'elle gardait bien. C'était pourtant la condition incontournable pour mettre les contenus enseignés en cohérence avec les progrès des disciplines<sup>1</sup>.

### **Qu'est-ce qu'un programme ?**

Un programme résulte de l'action de forces très diverses. Par exemple :

- *La façon dont une discipline se perçoit elle-même.* L'exemple de la biologie est frappant. L'échelle de temps d'évolution des connaissances y est tellement brève qu'à vingt ans d'intervalle la discipline est profondément modifiée. Inévitablement, elle est conduite à ré-interpréter son passé à la lumière du présent, et par conséquent à modifier sa propre transmission. Dans le cas de disciplines bien établies comme la physique ou la chimie, leur type de développement peut induire des regards nouveaux : les progrès récents aux interfaces

---

<sup>1</sup> Il serait intéressant d'opérer ici une distinction entre sciences et humanités : le caractère cumulatif des connaissances ne s'y présente pas de la même façon, non plus que l'idée de consensus.

physique-chimie-biologie, conduisent ainsi à une réflexion de nature différente de celle induite par le couple fondamental-appliqué.

- *La façon dont la société perçoit la discipline, et ce qu'elle lui demande.* Il est certain que les problèmes d'environnement, et plus généralement les problèmes de société dans lesquelles la science est impliquée, doivent avoir une incidence sur l'enseignement (méthodes et contenus) même s'il est évidemment hors de question d'envisager de construire des programmes en lorgnant sur la une des journaux.
- *L'évolution de la population scolaire.* Il n'est pas nécessaire de développer : l'hétérogénéité de la population scolaire qui est résultat de la massification de l'enseignement des trente dernières années constitue, aux dires de tous les enseignants, la cause principale des difficultés d'enseigner.
- *La nature et les traditions du milieu enseignant.* Le milieu enseignant français est, dans son ensemble, très attaché à des programmes définis nationalement.
- *Certains choix d'ordre politique.* La nature de la classe de seconde des lycées généraux et technologiques, comme classe de détermination commune à tous les élèves, en est un exemple. Dans les pays voisins, comme l'Allemagne ou l'Angleterre, on tolère une spécialisation plus précoce. Il n'est pas question ici de soutenir que telle solution est meilleure que telle autre, mais seulement de pointer les différences.

Enfin, ce réseau de forces est interprété par un groupe d'individus particuliers, qui rédige un programme en fonction des personnalités de ses membres. Il est certain qu'un autre groupe d'individus gèrerait différemment un même réseau de forces, et produirait un programme différent mais peut-être tout aussi acceptable, au sens où il tiendrait aussi bien compte des contraintes. L'élaboration d'un programme fait ainsi partie de la classe des problèmes regroupés, en physique ou en mathématiques, sous le terme générique d'*optimisation sous contraintes*, pour des systèmes ayant beaucoup de degrés de liberté. Si les contraintes sont mal respectées, l'optimisation est mal faite et le programme est mauvais. Cela s'est déjà vu. Si les contraintes sont correctement respectées, en général les solutions sont multiples, et de valeur souvent équivalente... De toute façon, ce que l'on est en droit d'attendre du groupe chargé d'un programme, c'est une cohérence locale, et l'explicitation la plus claire de la logique des choix qu'il a faits : c'est la condition pour que ces choix soient compris, discutés, et éventuellement amendés en toute connaissance de cause.

### **La physique en seconde générale et technologique : quelle logique ?**

Comme nous l'avons dit, la seconde est, en France, une classe de *détermination*. C'est seulement au niveau de la première que les élèves choisissent, sur la base de leurs goûts et des résultats qu'ils obtiennent dans les différentes disciplines, une orientation particulière : littéraire, économique, scientifique ou technologique. Les programmes de la classe de seconde, sont enseignés à tous les élèves. Or moins d'un tiers seulement des élèves de seconde choisissent la filière scientifique (S). Pour les autres, la pratique des sciences, pour l'essentiel, s'arrête là.

Si l'on cherche à concevoir un programme, on est donc immédiatement confronté à l'étrange question suivante : *que faut-il enseigner à quelqu'un qui ne continuera pas dans la discipline ?*

Posée en ces termes, cette question a plusieurs implications fortes.

D'une part, elle interdit de laisser l'aval piloter l'amont. Pour caricaturer le propos, disons que dans une *logique constructiviste* de la discipline, ce serait le corpus de connaissances nécessaires en fin de maîtrise universitaire qui déterminerait le programme de la licence, qui déterminerait lui-même le contenu de celui du DEUG, puis de la terminale, de la première et enfin... celui de la seconde (ouf !). Cette logique, qui a sa cohérence, est inadéquate si pour les deux tiers des élèves, l'avenir se joue ailleurs que dans la discipline. Il est donc essentiel que le programme fasse sens *par lui-même*, et non en fonction d'une progression au cours des années suivantes.

Cette logique étant écartée, la tentation est grande d'aborder la discipline *par ses effets* : en l'occurrence, la technologie, et de privilégier ainsi l'objet artificiel au phénomène naturel. Pourquoi, en effet, ne pas chercher à éveiller l'intérêt des élèves à partir de ce qu'il consomme ? C'est le choix qui avait été fait dans le précédent programme, et c'est le type même de la *mauvaise* bonne idée pour structurer un enseignement de physique. Nous y reviendrons.

Une autre approche est possible, qui rejoint une préoccupation d'ordre culturel dépassant le contexte scolaire. Tout physicien est assailli un jour ou l'autre par cette question qui lui vient en marchant dans la rue : cette personne que je croise, là, que voudrais-je qu'elle sache de la vision du monde élaborée par la physique ? Y a-t-il seulement une *vision du monde* propre à la physique ? Si l'on répond par l'affirmative, alors c'est peut-être une des choses les plus importantes à transmettre. Mais comment résumer en quelques phrases opératoires ce qui, dans le champ de la physique, pourrait être considéré comme une culture scientifique commune ?

Considérons les cinq propositions suivantes :

- 1) Le monde observable s'étend de l'infiniment petit à l'infiniment grand.
- 2) Le monde naturel a une histoire.
- 3) Le monde est constitué de particules en interaction.
- 4) La diversité du monde à l'échelle macroscopique où nous l'observons, depuis les structures les plus simples jusqu'aux organismes vivants, résulte de la diversité des formes d'organisation et des comportements des constituants microscopiques.
- 5) Il est à la fois utile et intéressant de comprendre comment l'humanité est parvenue aux quatre premiers points.

Ces différents thèmes peuvent se traiter à tout niveau, du primaire aux études doctorales, en une progression qui s'enrichit de connaissances nouvelles et de formalisations mathématiques plus poussées. Mais quelque soit le niveau, il faut aller à ce qui est l'essence du message de la discipline, et donner d'emblée les clefs d'une certaine compréhension du monde.

Prenons par exemple les deux premiers thèmes. En seconde, ces thèmes seront abordés par une approche descriptive des *échelles de distances et de temps* dans l'Univers observable, appuyée sur des expériences simples. Ceux qui choisiront la filière scientifique reviendront sur ces thèmes et comprendront que cette structuration de la matière renvoie aux caractéristiques des interactions fondamentales, et

qu'aux échelles de distances et de temps correspond également une échelle d'énergie.

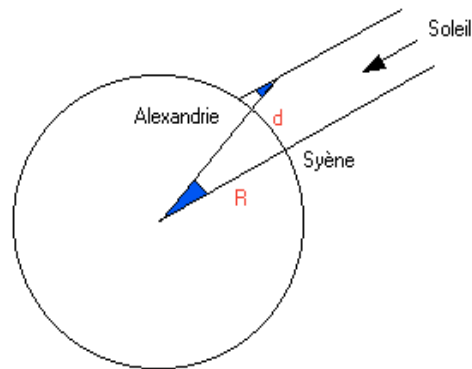
Les deux thèmes suivants mettent en place une double approche du monde, *microscopique* (noyaux, atomes et molécules et leurs interactions) et *macroscopique* (la matière à notre échelle et aux échelles supérieures, planétaire et astronomique). On montre que chaque niveau d'appréhension du monde génère ses propres concepts : une masse de gaz, l'air qui nous entoure, ne se décrit pas avec les mêmes mots aux différents niveaux. Au niveau correspond à un phénomène comme la respiration, on parlera de température et de pression. Au niveau atomique, c'est une agitation incessante de molécules qui rebondissent sur notre peau à des vitesses de l'ordre de 500 mètres par seconde. En chimie, ce zoom avant-arrière produit les mêmes effets : à l'échelle macroscopique, la matière change de couleur, précipite, fait des bulles, brûle, bref, se transforme. Au niveau atomique, aux hasards des chocs, des édifices moléculaires se font et se défont sans cesse : les clefs de la compréhension sont là. Enfin le dernier thème indique que la culture scientifique ne se définit pas seulement en termes de contenus, mais aussi en termes de mode d'élaboration de ces contenus. L'enseignement doit montrer quels sont les *protocoles théoriques et expérimentaux* mis en place par la science au cours de son développement historique pour construire des représentations du monde qui permettent de transformer notre propre environnement avec l'efficacité parfois redoutable que l'on connaît, et en quoi ces protocoles sont spécifiques à la science : on n'établit pas les *lois* de la nature comme on établit des *lois* au Parlement...

Dans ce dernier thème, c'est le *questionnement* qui est central. Tout enseignant sait bien que la difficulté existentielle dans laquelle il se trouve, c'est d'avoir à donner des réponses à des questions que les élèves ne se sont pas posées. Ce qu'écrivait Gaston Bachelard en 1938 à propos de *La formation de l'esprit scientifique* (Vrin, page 14) demeure aussi vivace aujourd'hui :

Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. 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 question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit.

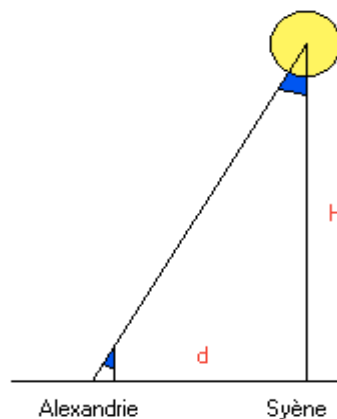
Comment éveiller ce questionnement de l'élève ? Un exemple montrera mieux qu'un long discours l'esprit dans lequel le programme de seconde tente de le faire.

## Reconstruire le réel par la pensée



Eratosthène a été le premier homme, vers 250 avant notre ère, à déterminer le rayon de la Terre. Son raisonnement est de toute beauté. Des voyageurs revenant de la ville de Syène, en haute vallée du Nil (près de l'actuel Assouan) lui avaient appris que le jour du solstice d'été, à midi, le Soleil se trouvait exactement à la verticale, et que par conséquent les objets verticaux n'avaient pas d'ombre portée. Il savait d'autre part que dans le Delta (à l'emplacement de la future Alexandrie), 5000 stades égyptiens (800 km environ) au nord de Syène, le Soleil passait ce même jour à midi à peu près à 7 degrés de la verticale (pour déterminer cet angle, il suffit de planter un bâton verticalement et de mesurer l'ombre minimale : cela correspond au passage du Soleil à sa position la plus haute dans le ciel). Eratosthène attribua cette différence à la rotondité de la Terre. Il pensait également que le Soleil était suffisamment éloigné pour que ses rayons frappent la surface terrestre en faisceaux pratiquement parallèles. Dans ces conditions, l'angle de 7 degrés se retrouve entre les deux demi-droites joignant le centre de la Terre à Syène pour l'une et à Alexandrie pour l'autre (angles en bleu sur la figure). Connaissant la distance  $d$  entre les deux lieux, il put alors calculer le rayon  $R$  de la Terre. Il trouva une valeur d'environ 6500 km, très proche de la valeur adoptée actuellement (6378 km). Superbe ! Tirer autant d'information de la mesure de l'ombre d'un bâton !

Ce calcul se trouve dans beaucoup de livres de seconde comme exercice proposé aux élèves dans le chapitre sur la propagation rectiligne de la lumière. Il est parfois proposé aussi en mathématiques en application de la mesure d'un arc de cercle.



Mais pourtant si l'on s'en tient là, l'essentiel est manqué : ce qu'il est crucial de *questionner*, en effet, c'est l'hypothèse d'Eratosthène qui place le Soleil très loin de la Terre, condition pour que ses rayons soient quasiment parallèles à Syène et à Alexandrie. S'il n'en est pas ainsi, le calcul n'est évidemment plus valable. Or les observations concernant les ombres peuvent très bien s'expliquer autrement. Imaginons en effet que le Soleil soit suffisamment proche de la Terre pour que la rotondité éventuelle de celle-ci soit négligeable. On peut alors expliquer le fait que les rayons soient à la verticale de Syène alors qu'ils font un angle de 7 degrés à Alexandrie selon le schéma représenté ci-dessous. Connaissant la distance des deux lieux et l'angle en bleu, cette fois c'est la distance Terre-Soleil  $H$  que l'on détermine ! Et l'on trouve...6500 km, la même valeur trouvée suivant l'autre schéma pour le rayon de la Terre !

Mais il y a encore mieux : puisqu'on connaît le diamètre apparent du Soleil, c'est-à-dire l'angle sous lequel depuis la Terre on voit le disque solaire, si l'on connaît la distance Terre-Soleil, on peut déterminer la taille du Soleil : on trouve qu'il s'agit d'un disque d'environ 60 km de diamètre.

Le génial et facétieux<sup>2</sup> Georges Gamow, dans son merveilleux petit livre *Une étoile nommée Soleil*, raconte qu'Anaxagore, deux siècles avant Eratosthène, fit ce calcul, et que le résultat ne fut pas apprécié des prêtres de l'époque : accusé de saper les dogmes de la religion, il fut arrêté, puis banni d'Athènes, sa ville natale.

On voit bien, sur cet exemple, comment ancrer du questionnement au cours d'une séquence d'enseignement. Une observation pure est muette, elle ne dit rien de la Nature. Une observation ne devient scientifique, c'est-à-dire productrice de connaissances, que si elle alimente l'élaboration de *représentations mentales* de la réalité observée (les deux figures ci-dessus). Comprendre, c'est toujours *reconstruire le réel par la pensée*, et c'est du reste sur ces représentations que le langage mathématique s'exerce. Mais ces reconstructions ne sont pas toujours justes, comme le montre le petit conte de Gamow ! Sa morale peut s'exprimer en une alternative :

- si la Terre est plate, alors le Soleil est une boule de 60 km de diamètre située à 6500 km de la Terre, mais
- si la Terre est ronde et le Soleil à l'infini, alors c'est le rayon de la

---

<sup>2</sup> *Génial* : G. Gamow fut, en 1928 (il avait 24 ans), le premier à proposer une explication de la radioactivité  $\alpha$  à l'aide de la toute nouvelle mécanique quantique (par effet tunnel). Dans les années 30 et 40, il fit de nombreuses contributions à la physique nucléaire et s'intéressa avec Edward Teller (le père de la bombe H américaine) à la structure et à l'évolution des étoiles. Dans les années 50, il se tourna vers la biologie. Peu après la découverte de la structure de l'ADN, c'est lui qui introduisit la notion de code génétique : il proposa de considérer les quatre bases fondamentales comme les lettres d'un alphabet et la séquence des bases le long de la molécule d'ADN comme un code. Reprenant ses travaux de cosmologie, c'est également lui qui montra que dans un modèle de Big Bang, le « découplage » entre la matière et le rayonnement devait se traduire par l'existence d'un « rayonnement fossile », dont il estima la température actuelle à 6 K. Environ 15 ans plus tard, en 1964, ce rayonnement fut découvert, par hasard. Sa température, mesurée, est de 2,7 K.

*Facétieux* : G. Gamow est l'auteur d'une série de remarquables livres de popularisation de la science, dont certains mettent en scène M. Tompkins, employé de banque curieux de la science et infatigable voyageur de l'infiniment petit et de l'infiniment grand (*M. Tompkins au pays des merveilles*, *M. Tompkins s'explore lui-même*, *Un, deux trois...l'infini*, *La création de l'Univers* etc...).

Terre qui est de 6500 km !

Ce qui est aussi en jeu ici, c'est *la langue naturelle*, la compréhension du raisonnement : *si...alors...* Comment savoir si la Terre est ronde ou plate, comment savoir si le Soleil est à l'infini ou non ? D'autres observations, d'autres reconstructions sont nécessaires pour répondre à ces questions. Certaines de ces observations complémentaires sont d'ailleurs à la portée d'un élève de seconde.

La mesure du rayon de la Terre par la méthode d'Eratosthène est une des expériences proposées dans le nouveau programme de seconde. Point n'est besoin pour cela de faire le voyage d'Égypte. Il suffit que deux établissements coordonnent leur activité sur le sujet, l'un au nord de la France et l'autre au Sud. Chacun observera l'ombre minimale d'un piquet vertical, mais cette ombre n'aura pas la même longueur en chaque lieu. De la différence, on remonte au rayon de la Terre. Le seul instrument de mesure mis en jeu dans cette expérience, c'est ... un double décimètre.

Ce même double décimètre peut servir à déterminer la taille d'une molécule. Il y a deux cents ans, Benjamin Franklin avait remarqué que l'huile contenue dans une cuillère, versée sur un étang, occupait une surface d'une centaine de m<sup>2</sup>. Il pouvait évaluer la surface couverte par le fait qu'elle devient lisse là où se trouve le film d'huile (on observe le même effet lors de marées noires : la présence d'huile sur la mer est clairement visible). Franklin se servait de cette observation pour épater ses amis. A l'occasion d'une promenade, il prenait un peu de distance, et annonçait qu'il allait calmer l'eau agitée de petites vaguelettes par un simple toucher de la surface par sa canne - qu'il avait auparavant enduite d'huile... Cent ans plus tard, Lord Rayleigh mesure l'épaisseur du film : il suffit de diviser le volume versé par la surface de la tache d'huile. Il trouve une épaisseur de quelques nanomètres. C'est la taille d'une molécule d'huile, car le film s'amincit jusqu'à devenir monomoléculaire. Cette expérience peut être faite en classe. On dépose un peu de talc à la surface de l'eau d'une bassine, et l'on verse une toute petite gouttelette d'huile : l'huile, en s'étalant, repousse le talc sur les bords, laissant bien visible la région où le film est présent. Connaissant le volume de la gouttelette, il suffit d'évaluer la surface du film : d'où l'impérieuse nécessité du double décimètre.

Si j'ai développé un peu longuement ces exemples, pris dans le nouveau programme de seconde, c'est parce qu'ils sont illustratifs des efforts que nous avons déployés pour donner à la physique sa dimension culturelle. Des exemples analogues auraient pu être pris dans le programme de terminale scientifique, qui est centré sur *l'évolution temporelle des systèmes*, donc sur *le temps*.

### ***Un certain retour au fondamental***

Le traitement des cinq propositions cherchant à définir une culture scientifique commune dans les nouveaux programmes marque un changement de perspective par rapport aux programmes précédents.

Dans le même souci de *donner du sens* à l'enseignement de la physique, le groupe précédent avait mis l'accent sur deux dimensions :

- La pratique expérimentale,
- L'entrée dans la discipline par les *objets techniques*

Sur le premier point, la démarche de questionnement prônée dans le nouveau programme poursuit la tendance précédemment amorcée, en la renforçant. La mise en place de cette démarche, à partir d'activités ou de situations expérimentales, représente l'un des aspects que nous voudrions les plus novateurs de la réforme, celui qui, à la vérité, exige le plus de la part du professeur. Citons, là aussi, G. Bachelard, toujours dans *La formation de l'esprit scientifique* (Vrin, page 18):

L'adolescent arrive en classe de physique avec des connaissances empiriques déjà constituées : il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale.

Partir des connaissances empiriques des élèves, c'est s'efforcer de *prendre le temps* de les expliciter, donc de faire travailler les élèves en petits groupes, élaborer des protocoles expérimentaux pour tester telle ou telle représentation, anticiper les résultats possibles, et tirer le bilan de la confrontation. Cela implique de ne pas réduire le travail expérimental à la simple manipulation, pas plus que le travail théorique ne s'identifie à la seule résolution d'équations mathématiques. Une situation expérimentale est toujours complexe, au sens où il s'agit d'étudier un phénomène physique à l'aide d'instruments qui, dans leur fonctionnement, font appels à d'autres phénomènes. On peut être tenté de traiter cette complexité par la rédaction de feuilles de travaux pratiques précisant tous les gestes à faire, sans que la clef de leur raison d'être soit jamais accessible aux élèves : la pratique scientifique est alors transformée en pratique magique. Considérer que le choix du protocole fait partie du travail expérimental, de même que le choix de la modélisation fait partie du travail théorique, c'est, pour le professeur, se placer d'abord en personne ressource. En fin de séquence seulement, il résume et structure ce qui a été fait et compris, et le replace éventuellement dans un contexte plus large.

Mais c'est sur *l'entrée par l'objet* qu'une véritable réorientation par rapport au programme précédent est opérée, au profit d'une entrée par les concepts, et ceci pour une raison de fond.

Il est certain que le moindre objet technologique est un concentré de 3 siècles de science. Prenons des objets symboliques des avancées techniques les plus populaires : aujourd'hui c'est le téléphone portable, hier c'était le baladeur. Mécanique, électromagnétisme, thermodynamique, électronique, cristaux liquides, chimie des matériaux, il y a de tout cela dans ces objets, comme dans la plupart des objets techniques modernes, de la balance électronique de salle de bain la plus modeste au réfrigérateur le plus sophistiqué. Cette constatation est intéressante si l'on veut souligner l'omniprésence des produits de l'activité scientifique, au sens large, dans notre environnement quotidien. Mais construire un programme de physique à partir d'un objet technique familier qu'il s'agirait de décortiquer, *parce qu'il est familier* et que l'attention et la curiosité des élèves seraient ainsi acquises d'emblée me semble à la fois illusoire et ne délivrant pas, sur le fond, le bon message.

*Illusoire.* Cette démarche fait apparaître l'objet choisi comme source d'une complexité extrême, puisqu'il faut aborder tous les domaines de la physique pour en comprendre vraiment le fonctionnement. La curiosité initiale éventuelle résiste difficilement à une telle tâche. Un exemple, au

hasard, dans le précédent programme de seconde, qui avait pris le baladeur comme unité sous-jacente du programme de physique : le chapitre « La réception sonore » commence par une description de l'oreille interne, définit ensuite l'intensité acoustique et le décibel (avec un encart sur la fonction logarithme, non introduite à ce niveau en mathématiques), présente l'audiogramme, puis, sans transition, introduit le phénomène de l'induction magnétique (inconnue des élèves) pour expliquer le fonctionnement d'un microphone, en signalant au passage que les alternateurs de l'EDF utilisent aussi ce phénomène. Quelle physique l'élève est-il censé comprendre, apprendre et retenir de ce parcours ?

*Le bon message.* L'activité scientifique procède d'un double mouvement. D'une part, dégager de la diversité du monde un petit nombre de concepts généraux et de lois universelles (« expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple », selon le mot de Jean Perrin<sup>3</sup>), d'autre part concevoir et réaliser des objets complexes (instrumentation, objets technologiques etc.) à partir des lois simples connues. *Rechercher de l'identique dans le divers*, c'est par exemple constater qu'un lac de montagne et l'eau dans le bac à glace du réfrigérateur commencent à geler tous deux *par le dessus* et se demander pourquoi, c'est reconnaître dans la diversité du monde un même morceau de nature qui joue avec nous à changer d'apparence. Voilà le regard qu'il s'agit de développer chez les élèves. *Entrer* dans le cours de physique par l'objet technique est une mauvaise bonne idée, car cela masque le mouvement, essentiel, qui va du concret à l'abstrait, et la puissance de ce mouvement pour la compréhension du monde naturel. C'est succomber à la dictature du concret sans se donner les moyens de le comprendre. En revanche, montrer que tel ou tel aspect d'un objet complexe fait appel à une notion fondamentale connue ou une loi déjà identifiée, *sortir*, en quelque sorte, par l'objet technique est non seulement possible mais souhaitable.

Reprenons l'exemple des échelles de distances. Entre l'échelle du nanomètre, c'est-à-dire le millionième de millimètre, et celle du rayon de la Terre, il y a 15 puissances de 10, qui sont, comme on l'a vu, à portée de main d'un élève de seconde. L'Univers observable, depuis la taille du noyau atomique jusqu'à celle des objets célestes les plus lointains actuellement détectés, en contient 41. À petite échelle, ce sont les interactions nucléaires forte et faible qui gouvernent. À l'échelle humaine, c'est l'interaction électromagnétique. À grande échelle, c'est la gravitation. L'acquisition d'un minimum de familiarité avec les ordres de grandeur n'a pas de valeur que culturelle. Elle permet certes de se repérer dans le monde, au sens le plus général, existentiel (situer les différents niveaux de réalité les uns par rapport aux autres), mais aussi au sens le plus pratique, dans le foisonnement des techniques récentes. Si l'exploration des échelles extrêmes ne peut se faire que dans le cadre des grands organismes de recherche qui disposent de l'instrumentation et des compétences nécessaires (accélérateurs de particules, grands observatoires astronomiques, chercheurs et techniciens), l'industrie au sens large, celle qui modifie continuellement notre environnement immédiat, intervient couramment à toutes les échelles comprises entre le micron et la taille de la Terre : les biotechnologies et l'industrie des composants électroniques se placent à

---

<sup>3</sup> « Les atomes », Champs Flammarion, page 24

un bout de la chaîne, l'industrie des satellites d'observation de la Terre et de télécommunications à l'autre. L'échelle mésoscopique – en gros, du nanomètre au micron – et celle du système solaire relèvent encore du laboratoire, mais leurs enjeux sont régulièrement discutés dans les revues de vulgarisation et dans les journaux quotidiens (augmentation de la puissance des ordinateurs, nano- et bio-technologies, projets de satellites vers Mars). Quant à l'échelle du femtomètre – celle du noyau atomique – il suffit de mentionner que plus de 70% de l'électricité est, en France, d'origine nucléaire pour comprendre que nos conditions de vie dépendent de sa bonne maîtrise. Savoir se repérer dans cette effervescence du monde *artificiel* nécessite de s'appuyer sur une solide compréhension des échelles auxquelles le monde *naturel* est structuré.

Certaines disciplines s'enseignent par l'étude de leurs objets. Un programme de français doit nécessairement s'organiser autour de la connaissance des grandes œuvres de la littérature. Verrait-on à la place une approche purement structuraliste sur la syntaxe et la nature des discours ? En revanche, l'enseignement d'une discipline comme la physique doit viser d'emblée le général, en l'adaptant bien sûr à chaque niveau d'enseignement. La différence tient peut-être à la façon de tendre à l'universel : pour une œuvre littéraire ou artistique, c'est à travers l'authenticité d'une démarche nécessairement *singulière* ; pour une œuvre scientifique, c'est par la recherche forcenée du point de vue d'où les choses *se ressemblent*.

Jacques Treiner

Université Pierre et Marie Curie

[jacques.treiner@noos.fr](mailto:jacques.treiner@noos.fr)