

## Réflexions sur l'enseignement intégré. L'exemple des sciences physiques

par Jacques Bénard

(Président du Comité National de la Chimie)



*Le Président Jacques Bénard, Président du Comité National de la Chimie, avait été invité par la Société de Chimie du Portugal à faire une conférence devant des professeurs réunis à Lisbonne à l'occasion d'un congrès récent consacré à l'enseignement de la chimie. Il a bien voulu nous autoriser à reproduire le texte de cette conférence dans laquelle il tente de clarifier une question qui fait actuellement l'objet de nombreuses discussions.*

### Faut-il reparler d'intégration ?

Le thème de l'enseignement scientifique intégré n'est pas nouveau. Il a fait dans le passé l'objet de congrès, de colloques et de nombreuses publications lui ont été consacrées. Est-il donc nécessaire dans ces conditions de revenir une fois encore sur ce thème au risque de répéter des arguments déjà maintes fois avancés ?

On serait tenté de penser que c'est là une tâche inutile. Néanmoins la lecture de l'abondante littérature consacrée au sujet laisse supposer que les choses ne sont pas aussi simples qu'on pourrait l'imaginer. En effet, au-delà des déclarations d'intentions très générales qui recueillent facilement l'adhésion subsistent bien des incertitudes. Au nombre de ces déclarations on doit rappeler celle donnée par l'UNESCO :

*« L'enseignement intégré des sciences consiste dans un mode de présentation des concepts et des principes scientifiques qui permet d'exprimer l'unité fondamentale de la pensée scientifique et d'éviter de mettre trop ou trop tôt l'accent sur les différences entre les divers domaines scientifiques ».*

Qui oserait rejeter un projet aussi attrayant même persuadé que cette prise de conscience de l'unité fondamentale de la pensée scientifique restera, quoi qu'on fasse, l'apanage d'un petit nombre d'esprits distingués, au terme de longues et savantes études ? Mais comment définir ce qui est trop et quand il est trop tôt ? Car ceux qui enseignent savent que les difficultés commencent au moment où il s'agit de traduire de tels principes en termes concrets.

De multiples expériences pédagogiques ont été réalisées par des maîtres enthousiastes et les résultats de ces expériences ont fait l'objet de nombreuses publications, au sujet desquelles on peut faire trois remarques :

1. Leur quasi-totalité exprime un jugement favorable à l'intégration de l'enseignement des sciences, ce qui pourrait s'expliquer soit parce que cette méthode présente une supériorité écrasante par rapport aux méthodes plus traditionnelles, soit encore parce que personnes n'a voulu courir le risque d'apparaître comme rétrograde en exprimant certaines réserves à son sujet.
2. Bon nombre d'arguments avancés en faveur de l'intégration de l'enseignement des sciences sont fondés sur la comparaison des mérites idéalisés de cet enseignement par rapport aux défauts réels d'un enseignement non intégré réalisé par de mauvais maîtres.
3. La comparaison entre enseignement intégré et enseignement non intégré des sciences est souvent présentée d'une manière manichéenne, alors qu'il existe de nombreuses possibilités intermédiaires adaptables au niveau et à la finalité des enseignements.

### L'intégration et son contexte

Avant d'aborder le thème spécifique de l'intégration de la physique et de la chimie dans l'éducation essayons de préciser l'idée qu'on peut se faire d'une intégration de l'enseignement des sciences en général. Ceci doit évidemment être fait en fonction du contexte dans lequel vivent et surtout vivront demain nos élèves et nos étudiants : contexte scientifique, technologique et sociologique.

Tout d'abord quelques mots du **contexte scientifique**.

L'évolution des disciplines scientifiques : physique, chimie, biologie, sciences de la

terre, manifeste une tendance croissante à l'unification des concepts sur lesquels elles sont fondées. Cette tendance se manifeste également, bien qu'à un moindre degré, dans les méthodes expérimentales utilisées dans la recherche, en particulier en physique et en chimie.

En contrepartie l'attitude de la communauté scientifique évolue dans le sens d'une spécialisation croissante. Cette situation est illustrée par la spécialisation des colloques, des congrès et des revues, par le compartimentage des instances responsables de la sélection des hommes et du financement des programmes de recherche. Il s'agit là d'obstacles à la communication auxquels il faut ajouter l'ésotérisme des langages.

On se trouve donc confronté de nos jours dans le monde scientifique à deux tendances antagonistes, la première de nature synthétique qui se situe au niveau des concepts généraux, la seconde de nature analytique qui résulte de la complexité croissante des problèmes abordés par les chercheurs.

De ces deux tendances contradictoires, il faut reconnaître que la seconde a eu pendant la plus grande partie de ce siècle une influence prépondérante sur l'éducation à tous les niveaux, avec pour conséquence un découpage souvent excessif des unités d'enseignement en compartiments étanches. De là vient, à n'en pas douter, ce désir légitime des partisans de l'intégration de briser ces barrières et de retrouver cette unité profonde

des choses à laquelle se réfère le texte de l'UNESCO.

**Qu'en est-il maintenant sur le plan technologique ?**

La résolution d'un problème technologique se situe dans une toute autre perspective. L'unité ne résulte plus comme en matière scientifique du rapprochement des concepts initiaux, mais de la définition des objectifs. Elle se situe en aval et non plus en amont. Elle est pratiquement imposée par la sanction de la réussite : il faut construire un moteur répondant à telles exigences, un microprocesseur adapté à telle fonction logique, une colonne de distillation capable d'isoler telle coupe pétrolière. Ces objectifs ne peuvent généralement être atteints que grâce à des études convergentes confiées à des experts de divers disciplines. Chacun d'eux, après avoir pris connaissance du but à atteindre, met en œuvre des méthodes propres à sa spécialité et ce n'est qu'ensuite qu'il confronte les solutions particulières auxquelles il a abouti aux solutions proposées par les autres experts afin de réaliser finalement une synthèse répondant à la finalité du projet.

On constate ainsi que la réalisation d'un projet technologique exclut le plus souvent toute idée d'intégration au niveau des concepts, mais exige en contrepartie une collaboration pluridisciplinaire au sein d'un groupe opérationnel. Le technicien pris au sens d'homme engagé dans une réalisation concrète, sera donc efficace dans la mesure

où il saura être à la fois un excellent expert dans sa propre discipline et un homme de dialogue avec les experts des autres disciplines. Il faut ajouter à ces particularités, qui le distinguent de l'homme de science, qu'il doit avoir le sens de la décision, décision qui repose le plus souvent sur l'acceptation d'une solution de compromis.

**Reste à évoquer le rôle du contexte sociologique.**

Il est bien évident que les responsables de l'enseignement des sciences à l'école et à l'université ne peuvent se désintéresser aujourd'hui de ce contexte. Le progrès scientifique a profondément modifié les conditions de vie de l'individu et la structure même des sociétés. La question est souvent posée de savoir si les méthodes d'enseignement encore pratiquées aujourd'hui sont adaptées à cette nouvelle situation et des débats passionnés s'engagent fréquemment à ce sujet. La plupart des maîtres scientifiques n'y participent qu'avec réticence, par crainte d'être entraînés sur un terrain où ils risqueraient de perdre de vue l'objectivité à laquelle ils sont fondamentalement attachés. Cependant pas plus que le professeur ne peut ignorer dans son enseignement les applications techniques des sciences qu'il enseigne, il ne peut se dispenser d'attirer l'attention des élèves sur toutes les conséquences qui en résultent sur le plan économique, social et même parfois éthique. Comme on le voit il s'agit moins d'une véritable intégration que d'une sensibilisation à des données extérieures à la discipline.

## **Intégration, coordination, sensibilisation.**

L'analyse sommaire qui précède montre qu'il faut établir, en matière scientifique, une distinction entre :

**L'intégration** qui se situe au niveau des concepts généraux.

**La pluridisciplinarité coordonnée** qui est requise en particulier lorsqu'il s'agit de réaliser des objectifs concrets.

**La sensibilisation** qui établit des relations occasionnelles entre diverses disciplines.

On peut illustrer cette distinction en citant quelques exemples choisis précisément dans le domaine des sciences physiques :

● Exemples d'intégration au niveau des concepts :

Thermodynamique chimique avec thermodynamique statistique.

Spectroscopie moléculaire avec stéréochimie.

Cristallographie avec propriétés mécaniques des corps solides.

● Exemples de pluridisciplinarité coordonnée au niveau des objectifs :

Conception et réalisation d'une colonne à distiller (physique des transferts, thermodynamique, chimie, science des matériaux).

Conception et réalisation d'un circuit intégré (électronique du solide, cristallographie, chimie-physique, électrochimie, etc...).

Association de la spectrographie de masse et de la chromatographie gazeuse pour des buts analytiques.

● Exemples des sensibilisations occasionnelles.

Innombrables dans tous les secteurs de la chimie et de la physique.

De façon générale seuls les problèmes très simples peuvent être considérés comme

monodisciplinaires. La plupart des problèmes concrets sont en revanche pluridisciplinaires et ce n'est que par une sélection plus ou moins arbitraire des facteurs mis en jeu que l'on peut les considérer en première approximation comme monodisciplinaires. C'est sans doute la raison pour laquelle l'enseignement, qu'il soit secondaire ou supérieur, est souvent accusé d'être étranger à la vie réelle, dans la mesure où sa structure est compartimentée en spécialités traitées d'une manière indépendante. De là à rendre cette situation responsable du manque d'intérêt que manifestent beaucoup de jeunes pour l'école, il n'y a qu'un pas qui est parfois franchi. Que faut-il en penser et peut-on espérer que la substitution progressive d'un enseignement scientifique intégré à l'enseignement traditionnel serait susceptible d'améliorer les choses ? Telle est la question à laquelle il faut maintenant essayer de répondre.

## **Un état d'esprit plus qu'une recette**

Rappelons tout d'abord une remarque faite au début de cette étude : le problème de l'enseignement intégré ne doit pas être posé sous forme d'une alternative dont les deux termes extrêmes seraient : intégration ou non-intégration. Il existe en effet beaucoup de solutions intermédiaires possibles, qui

correspondent à des niveaux d'enseignement différents, à des associations de disciplines différentes, à des finalités de formation différentes. La tendance à l'intégration doit donc être considérée plus comme un état d'esprit que comme une recette applicable à toutes les situations.

Les avantages que l'on peut invoquer en faveur de l'introduction d'un tel état d'esprit sont les suivants :

● Au niveau de l'enseignement secondaire, rapprocher l'enseignement de la réalité concrète, presque toujours complexe, en s'affranchissant des barrières parfois artifi-

cielles qui existent entre les diverses disciplines traditionnelles.

- Au niveau de l'enseignement scientifique supérieur, faire prendre conscience de l'unité fondamentale de la démarche scientifique et éviter la duplication de certains enseignements.

- Au niveau de l'enseignement technique supérieur, entraîner les étudiants à l'élaboration de projets et à la prise de décisions fondées sur la considération de facteurs de nature très diverse.

En contrepartie le principal inconvénient que l'on peut redouter d'une extension excessive de l'enseignement intégré est sans doute d'encourager une tendance latente chez les enfants à la superficialité et à la dispersion de

la pensée. Quoi qu'on fasse on ne peut échapper à la règle qui veut que ce qui est gagné en étendue soit perdu en profondeur. Il ne faut pas oublier que l'un des grands progrès de l'humanité fut d'apprendre à sélectionner dans l'extrême complexité du monde sensible un certain nombre de variables, supposées provisoirement indépendantes. Descartes a résumé cette démarche intellectuelle en quelques phrases historiques et le fait que la plupart de ces variables ne soient pas réellement indépendantes n'enlève rien à sa valeur. Ce qui est par contre inexcusable c'est comme l'ont fait trop de cartésiens, d'en rester à ce stade et d'ignorer l'existence de cette interdépendance, lorsqu'on prétend accéder à un niveau supérieur de la connaissance.

De nos jours l'abondance des informations, principalement visuelles, favorise une formation de type impressionniste, qui intègre de multiples sensations sans les soumettre le plus souvent à une analyse logique.

On pourra objecter que c'est caricaturer l'enseignement intégré que de l'assimiler à de tels errements et l'on aura probablement raison, néanmoins il paraît difficile de nier qu'une intégration poussée des diverses disciplines dans l'enseignement à tous les niveaux, favoriserait cette tendance. Tout est donc finalement question de degré dans l'intégration, le degré dépendant des matières enseignées, du niveau de l'enseignement et de sa finalité.

## Des solutions de compromis

Considérant spécialement le cas des sciences physiques, comment peut être réalisé cette coexistence que nous jugeons souhaitable entre l'enseignement intégré et l'enseignement non intégré ?

Au début de l'enseignement secondaire l'approche des sciences physiques doit être de toute évidence intégrée au maximum. Celui-ci doit en effet prendre comme point de départ une vision globale du monde sensible dans laquelle la sélection des facteurs, supposés en première approximation indépendants, n'a pas encore été réalisée. La différenciation des disciplines apparaît ultérieurement en même temps que la notion de corrélation et se concrétise dans celle de loi physique ainsi que dans la description des espèces et de leurs caractères. Il est aujourd'hui de bon ton, dans certains milieux d'éducateurs, de mépriser tout ce qui est descriptif. Erreur fatale car comment en physique et en chimie échafauder des raisonnements sans connaître ces données de base que sont les propriétés concrètes.

Il va de soi que selon les sujets l'intégration pourra être pratiquée plus ou moins longtemps, mais il est indispensable que, dans les années médianes de l'enseignement secon-

daire, chacune des deux sciences acquière sa personnalité dans l'esprit des élèves. C'est là que les possibilités de compromis entre l'intégration et la non intégration doivent intervenir grâce à ce que nous avons appelé plus haut la *pluridisciplinarité coordonnée et la sensibilisation*. Le compromis est aisé à réaliser si, comme cela a lieu dans un certain nombre de pays, le même professeur enseigne à la fois la physique et la chimie. Encore faut-il toutefois que la formation que celui-ci a reçue à l'université l'ait préparé à cette tâche ce qui n'est pas toujours le cas.

Dans les dernières années de l'enseignement secondaire il paraît nécessaire de prévoir un certain nombre de leçons de synthèse centrées sur des thèmes pluridisciplinaires bien choisis, qui viendraient s'insérer à intervalles réguliers entre les enseignements plus traditionnels. Ainsi les élèves s'exerceraient à appréhender alternativement le monde qui les entoure suivant deux démarches complémentaires, exactement comme peut s'explorer un ensemble de données rassemblées dans un tableau à double entrée.

Les mêmes principes devraient pouvoir être appliqués dans l'enseignement supérieur : présentation largement intégrée dans les

débuts, puis pluridisciplinarité coordonnée dans la période intermédiaire d'approfondissement des connaissances et enfin retour à la synthèse au niveau le plus élevé. Ceci vaut bien entendu pour le *cursus* de formation scientifique général tel que celui destiné aux futurs maîtres de l'enseignement secondaire et des adaptations sont indispensables pour la formation des chercheurs de haut niveau ou celle des ingénieurs.

Des expériences intéressantes ont été faites depuis quelques années dans l'enseignement de certains secteurs de la physique et de la chimie à l'université, en vue d'intégrer des disciplines jusqu'alors professées d'une manière indépendante. Ainsi la redistribution des contenus de la chimie-physique, de la chimie minérale et de la chimie organique traditionnelle en trois nouveaux ensembles qui sont la chimie moléculaire, la chimie des solutions et la chimie de l'état solide. De même le regroupement de la physique et de la chimie des corps solides dans ce qu'on appelle la science des matériaux. Ces novations sont intéressantes dans la mesure où elles constituent une rupture par rapport aux traditions et où elles font apparaître des perspectives nouvelles souvent plus conformes à l'état présent de la science et de la technique.

## Une ébauche de conclusion

Si l'on voulait résumer les réflexions qui précèdent, on serait tenté de dire que les efforts poursuivis par les éducateurs en faveur de l'enseignement intégré, en particulier dans le domaine des sciences physiques, ont été bénéfiques dans la mesure où ils ont attiré l'attention sur certains défauts de l'enseignement traditionnel compartimenté à l'excès en disciplines qui s'ignorent trop souvent.

Toutefois l'intégration poussée de l'ensei-

gnement des sciences, en particulier dans l'enseignement secondaire, paraît utopique à moins qu'elle consiste dans une redistribution des matières traditionnelles suivant de nouvelles têtes de chapitres, ce qui n'aurait pour effet que de créer de nouveaux domaines indépendants les uns des autres.

En contrepartie on prend conscience de l'intérêt d'une voie intermédiaire qui ferait alterner, dans des proportions variables sui-

vant les disciplines, les niveaux et les types de formations, un enseignement monodisciplinaire et un enseignement pluridisciplinaire véritablement intégré. La concrétisation de cette voie, délicate sur le plan pédagogique, ne saurait être limitée au couple physique-chimie et devrait prendre en considération l'ensemble des disciplines y compris les disciplines non scientifiques.