

# L'intégration des TICE dans les pratiques pédagogiques : le cas de la physique-chimie

## Connaissance des enseignants

→ L'emploi des TICE dans l'enseignement de la physique-chimie est apparu vers le milieu des années 80. L'ordinateur-outil de laboratoire est aujourd'hui présent dans tous les lycées, dans une moindre mesure au collège. Près d'un enseignant sur deux y a recours, souvent à l'issue d'un travail collectif de mise au point. Dans le courant des années 90, les usages de l'ordinateur ont eux-mêmes beaucoup évolué et se sont diversifiés autour des pôles informatique et audiovisuel, d'Internet depuis peu. Cette diversification incite désormais à se poser la question de la finalité d'emploi d'une technique dont il convient de s'assurer qu'elle ne permet pas seulement d'enseigner autrement, mais d'enseigner mieux.

Dans le domaine de la physique-chimie, la distinction est essentielle entre le réel et le virtuel : l'écran doit générer un surcroît d'explication de la part de l'enseignant qui est aussi en droit d'attendre davantage de productions de résultats expérimentaux, d'outils paramétrables, de guides d'information... sans négliger un effort renouvelé en ce qui concerne la réflexion pédagogique disciplinaire et la formation des personnels.

Jean-Pierre SARMANT  
Inspecteur général de l'Éducation nationale

## UN BILAN DE LA SITUATION ACTUELLE

### Les équipements

Des ordinateurs sont présents dans les laboratoires de physique-chimie de tous les lycées. Dans les collèges, les ordinateurs propres aux laboratoires sont encore peu nombreux mais il est toujours possible d'avoir accès au matériel non spécialisé. On constate une grande inégalité de la densité de l'équipement en ordinateurs et en salles spécialisées entre les différentes académies d'une part, entre les différents types d'établissements d'autre part, de la modestie de l'équipement de la plupart des collèges à la richesse de celui de la majorité des lycées qui hébergent des classes préparatoires. Il en va de même pour l'équipement en cartes d'acquisition et en logiciels, avec une diversité forte au niveau national et plus faible au niveau académique.

Les ordinateurs dits « multimédias » se sont répandus rapidement au cours des trois dernières années en raison de l'importante diminution de leur coût. Ils sont encore minoritaires mais de nombreux lycées en ont déjà au moins un associé à un dispositif d'observation collective. Les ordinateurs des générations antérieures continuent à être utilisés avec profit en travaux pratiques mais leur obsolescence tend à limiter leurs usages compte tenu de l'évolution des logiciels.

Les laboratoires des lycées se sont équipés de téléviseurs à l'occasion de l'introduction du module « télécommunications » de l'enseignement de spécialité de terminale S (scientifique). Ils disposent également le plus souvent de magnétoscopes permettant de visionner des cassettes au standard

VHS. Les téléviseurs et les magnétoscopes sont également répandus dans les collèges mais sont rarement affectés à l'enseignement de la physique-chimie. Seuls de rares lycées mettent des caméras vidéo à la disposition du laboratoire de physique-chimie.

Malgré la croissance rapide du nombre d'établissements raccordés à Internet, l'accès au réseau dans le cadre du laboratoire de physique est encore rare. En dehors de quelques établissements qui hébergent des classes préparatoires, il faut se rendre au centre de documentation et d'information (CDI) pour disposer des services offerts par Internet.

Les guides d'équipement pour les lycées et les collèges contiennent des recommandations détaillées relatives aux TICE, tant pour la nature des équipements souhaitables que pour leur disposition au laboratoire ou dans les salles de cours ou de travaux pratiques. Ils préconisent également de rendre le signal Internet disponible à partir de points d'accès répartis dans tous les espaces de travail accessibles aux professeurs et aux élèves.

### La formation des personnels

Pour une proportion de professeurs qui approche la moitié, au moins dans les lycées, l'emploi de l'ordinateur au service de l'enseignement de notre discipline est désormais une pratique banalisée, essentiellement pour ce qui concerne l'utilisation de cet appareil en tant qu'outil de laboratoire. Son usage reste en revanche souvent restreint à l'exécution d'un nombre limité de manipulations livrées « clefs en mains » par les fabricants de matériel pédagogique. Cette utilisation permet néanmoins une appropriation des dispositifs et développe souvent un travail collectif pour la mise au point, ce qui permet ensuite des activités plus riches.

Les autres utilisations de l'ordinateur (Cf. note 1) et, plus généralement des TICE, se développent surtout depuis le milieu des années 90. Elles ont fait l'objet de nombreux plans de formation, tant nationaux qu'académiques. Les groupes de travail constitués par la Direction de la technologie sous la responsabilité pédagogique de l'Inspection générale (interlocuteurs académiques, groupes lycée et collège, commission d'expertise des logiciels et des produits, groupe de travail « Internet en physique-chimie ») jouent un rôle moteur pour l'étude des pratiques innovantes et leur diffusion.

### Diversification progressive de la nature des services rendus par l'ordinateur

À partir du milieu des années 80, l'ordinateur a commencé à être mis au service de la physique et de la chimie en tant qu'outil de laboratoire. On a vu ainsi se développer l'emploi au service de notre enseignement de l'ensemble de techniques désigné par l'acronyme ATIDEX (acquisition et traitement informatisé de données expérimentales). Dans cet emploi, l'utilisation de l'ordinateur, en travaux pratiques ou lors d'expériences de cours, permet de tester rapidement des modèles de divers niveaux d'élaboration et renforce le lien entre la théorie et les travaux expérimentaux. Il facilite, pour de jeunes élèves, l'assimilation des nombreuses représentations graphiques utilisées en physique-chimie et par l'affichage en « temps réel » de résultats d'expériences contrôlées par l'élève ou par le binôme.

Un autre type d'activité permis par l'ordinateur est la simulation. Soupçonnée dans les débuts de conduire à l'abandon de l'expérimentation, la pratique de la simulation a été quelque temps délaissée dans le contexte pédagogique. Le développement considérable de la pratique de l'ATIDEX a rendu caduque la crainte de voir l'introduction de l'ordinateur altérer le caractère expérimental de la discipline. Le recours à la simulation se développe depuis le début des années 90. Cette pratique est désormais encouragée par les programmes mais demande encore à être encadrée par une réflexion pédagogique de façon à éviter les abus que constituent des simulations non confrontées aux résultats expérimentaux ou des simulations dont on ignore le modèle constitutif.

Il ne faut enfin pas oublier les emplois bureautiques de l'appareil. La gestion des laboratoires est déjà souvent confiée à un tableur et les professeurs commencent à utiliser les logiciels de traitement de texte pour la rédaction de documents personnels. On observe que ceux qui le font en retirent des avantages notables. Dans les établissements où plusieurs professeurs sont déjà familiers du traitement de texte, cette pratique se révèle particulièrement favorable aux échanges et contribue à la cohésion d'une véritable équipe pédagogique.

### Les techniques audiovisuelles

En raison du rôle majeur joué par l'observation directe d'expériences réalisées par les élèves (travaux pratiques) ou par le professeur (expériences de cours), l'emploi des techniques audiovisuelles a connu en physique-chimie un essor moins rapide que celui qui a pu être observé dans d'autres disciplines.

Visionner une émission télévisée ou une cassette vidéo, utiliser un cédérom, sont des pratiques encore peu répandues dans les classes.

Par ailleurs, les CDI proposent peu de produits destinés à la physique-chimie. Interrogés à ce sujet, les documentalistes font observer qu'ils n'ont pas été sollicités pour des achats par les professeurs de la discipline. À la décharge de ces derniers, on constate que les catalogues des fournisseurs sont encore peu fournis en produits convaincants.

La situation est en train d'évoluer vers une rupture progressive du « cercle vicieux » qui vient d'être décrit. Les récents programmes du collège mettent l'accent de façon très nette sur les activités documentaires, de telle sorte que l'on peut attendre une plus forte demande de la part des enseignants et un effort de la part des éditeurs.

Dans quelques établissements, des dispositifs de prise de vue (caméra vidéo) et de restitution de l'image (téléviseur grand écran) commencent à être mis à profit selon des modalités dont l'intérêt pédagogique est manifeste : visualisation des dispositifs de petites dimensions (montages de chimie, écrans d'appareils de mesure), ou peu visibles de la classe car disposés sur un plan horizontal (électronique), enregistrement de phénomènes rapides suivi du traitement numérique de l'image (mécanique).

### Internet et l'enseignement de la physique-chimie

Sans parler des ressources extérieures à l'institution, la physique-chimie est déjà très présente sur le serveur ministériel (à l'adresse [www.educnet.education.fr/phy](http://www.educnet.education.fr/phy)), tant par la mise en ligne de ressources nationales (programmes, documents d'accompagnement, textes d'orientation de l'Inspection générale, exercices du groupe baccalauréat, listes d'adresses commentées) que par les services physique-chimie qui sont désormais ouverts dans la quasi-totalité des académies.

Les ressources mises directement en ligne par l'institution sont donc déjà considérables. De plus, les pages physique-chimie du serveur national proposent un très grand nombre de liens avec des sites extérieurs à l'Éducation nationale, français ou étrangers, choisis en fonction de leur intérêt pédagogique. De très grandes quantités d'informations pertinentes sont ainsi déjà accessibles ; la question essentielle est celle des modalités de leur emploi.

Pour répondre à la question de l'intérêt pédagogique d'Internet, il convient de distinguer :

- le niveau d'enseignement concerné,
- la nature de l'utilisateur, professeur(s) ou élève(s),

- dans le cas de l'emploi par des élèves : le lieu d'emploi, le cadre horaire, l'effectif concerné,
- l'utilisation de la Toile proprement dite (*Web*) ou celle du courrier électronique,
- le travail en ligne ou hors ligne sur des informations préalablement collectées,
- la réception d'information depuis un site émetteur ou la mise en commun.

Il est bien évident que nous ne disposons pas, compte tenu d'un recul encore très limité, de réponse exhaustive à une question d'une telle complexité. Une enquête nationale sur l'emploi d'Internet en physique-chimie a été réalisée dans le cadre du thème d'étude n° 5 de l'Inspection générale pour l'année scolaire 1998-1999.

Les éléments décevants relevés (rareté de l'emploi pédagogique d'Internet, observation relativement fréquente d'emplois par les élèves jugés peu pertinents) ne doivent ni surprendre ni masquer les grandes potentialités d'Internet en tant que nouvel outil pour la discipline.

La rareté de l'emploi s'explique très largement par le petit nombre de connexions disponibles dans de bonnes conditions ; l'usage en physique-chimie ne pourra être développé de manière significative que quand des connexions seront disponibles systématiquement au laboratoire de physique-chimie ou dans le « pôle scientifique » des collèges <sup>1</sup>.

Là où il commence à se répandre, l'emploi d'Internet par les professeurs a déjà des effets induits très positifs : développement du travail coopératif entre enseignants, comparaison des pratiques pédagogiques, rupture du sentiment d'isolement (collèges ruraux, académies d'outre-mer).

En ce qui concerne l'emploi d'Internet par les élèves, les cas peu pertinents qui ont été observés correspondent à des séquences peu ou mal préparées au cours desquelles les élèves sont confrontés à une recherche non guidée dans un ensemble pléthorique d'informations qui leur sont pour l'essentiel difficilement compréhensibles (niveau de l'exposé, langue utilisée).

De telles situations ne doivent pas étonner dans le stade actuel, tout à fait préliminaire. Sans culpabiliser les professeurs, ce qui conduirait à freiner le développement d'un outil de grand intérêt potentiel, il convient de les aider et de les encourager en leur proposant des formations méthodologiques.

#### NOTE

1. Il sera intéressant à cet égard d'observer et d'encadrer le développement des pratiques dans l'académie de Poitiers où cette condition vient d'être réalisée.

L'emploi d'Internet par les élèves mérite d'être fortement encadré (préparation détaillée de la séquence par le professeur, remise aux élèves d'objectifs précis, contrôle en cours de séquence des activités effectives des élèves, exploitation et évaluation des acquis de la séquence ou des travaux auxquels elle conduit), sous peine de conduire à une dérive ludique.

L'existence d'un nombre déjà important de sites très actifs dédiés à l'enseignement français de la physique-chimie (site national de la discipline sur Educnet, rubriques des sites académiques, de sites d'associations de professeurs) fournit un nombre croissant de services adaptés à l'emploi en classe (textes, illustrations d'expériences ou de simulations, logiciels). L'emploi de ces ressources est facilité par l'existence sur le site national d'un classement thématique ; un moteur de recherche portant sur l'ensemble des ressources nationales en physique-chimie, est mis en ligne depuis mars 1999. La recherche peut s'ouvrir sur le monde extérieur à l'Éducation nationale (sites d'organismes, de sociétés, d'universités, sites étrangers) grâce aux listes commentées de liens présentés sur le site national et sur de nombreux sites académiques.

Cette aide à l'emploi pédagogique d'Internet doit être développée, tant au niveau académique qu'au niveau national, par l'attribution de moyens horaires aux équipes qui assurent la gestion des sites et la validation des informations mises en ligne.

#### → **Modalités d'emploi de la Toile**

En mettant à part le cas des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE), qui se distinguent fortement par la nature du public concerné, et les rares sites qui disposent d'accès à haut débit, les observations font ressortir des avantages du travail hors ligne par rapport au travail en ligne dans les conditions actuellement les plus répandues.

Sans parler du coût des communications :

- le temps d'accès avec une ligne RTC est le plus souvent excessif aux heures disponibles, la navigation aléatoire et très lente, en particulier pour le chargement d'images,
- même après une formation à l'emploi de moteurs de recherche, une recherche non guidée par le professeur donne des résultats décevants (présence de « bruit », difficulté de cerner les documents dont le niveau sera adapté aux élèves),
- la tentation de « surfer », sans but précis ou avec des buts qui ne sont pas ceux souhaités, est extrêmement forte. Sur des groupes d'élèves nombreux, le contrôle rigoureux est difficile.

Ces remarques ne condamnent pas tout travail en ligne (il est en effet important de faire prendre conscience de l'immensité de la Toile et de la diversité de ses sources) mais invitent à limiter le plus souvent celui-ci à des circonstances bien définies, telles qu'une démonstration par le professeur ou un emploi par un groupe de faible effectif piloté directement par celui-ci.

#### → **Quelques exemples d'emploi pertinent d'Internet**

Convenablement guidée, la recherche documentaire sur Internet donne déjà lieu à des emplois satisfaisants, notamment dans le cadre des récents programmes du collège. Un emploi prometteur consiste à faire charger à partir d'un nombre limité de sources (emploi en ligne sur une liste de sites ou emploi hors ligne à partir de sites rapatriés sur un disque dur) des textes adaptés à une étude demandée par le professeur. Il est ensuite demandé aux élèves de sélectionner des passages pertinents et compréhensibles à leur niveau, de les ordonner, de rédiger dans un traitement de texte des phrases de liaison de façon à produire un document personnalisé, cohérent, destiné à être exposé oralement.

Une utilisation de ce type va dans le sens souhaité par les récents programmes du collège dans la mesure où elle met en valeur la contribution de la physique-chimie au développement des capacités d'expression écrite et orale.

L'emploi de la recherche documentaire sur Internet rend déjà des services signalés aux travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE) effectués par les étudiants des classes préparatoires aux grandes écoles, tout particulièrement dans le cadre très ouvert de l'actuel thème « Terre et espace ». Les futurs travaux personnels encadrés (TPE) du cycle terminal des lycées constituent un domaine très prometteur de l'utilisation d'Internet.

Dans la recherche documentaire, la Toile joue le rôle d'une gigantesque bibliothèque à laquelle la liaison téléphonique fournit un accès à des utilisateurs distants, le caractère quasi instantané de la liaison n'est en revanche guère mis en valeur. Il est possible de mettre à profit cette caractéristique dans le cadre de l'enseignement de la physique-chimie en utilisant Internet pour comparer à un instant donné des mesures effectuées en des lieux éloignés. Dans l'« expérience du gnomon », des équipes de lycéens appartenant à des établissements de France métropolitaine et des Territoires d'outre-mer ont procédé à des mesures de la position et de la longueur de l'ombre d'un bâton vertical. L'exploitation des résultats transmis conduit, au niveau de la terminale scientifique,

à une fructueuse activité interdisciplinaire physique-mathématiques et conduit à la détermination de caractéristiques du mouvement orbital de la Terre et de la position de la station de mesure<sup>2</sup>. Dans une version simplifiée où les stations retenues sont situées au voisinage d'un même méridien, les résultats sont exploitables au niveau de la troisième du collège et conduisent à la détermination du rayon terrestre selon le principe de l'expérience historique d'Eratosthène.

Selon le même principe, deux classes de quatrième jumelées<sup>3</sup> échangent par courrier électronique des mesures météorologiques. À l'aide d'un tableur, ils comparent ensuite celles-ci aux données climatiques fournies par un logiciel. Une opération comparable, en cours de mise en place avec l'appui du groupe « Internet et physique-chimie », consiste à étudier la progression d'une perturbation en échangeant des données entre deux établissements présentant dans un même département des conditions climatiques notablement différentes<sup>4</sup>.

On notera l'aspect spontanément pluridisciplinaire des activités qui viennent d'être mentionnées ainsi que le fait qu'elles mettent en œuvre divers emplois des TICE de façon rationnelle et naturelle. Il faut également souligner l'effet stimulant qu'elles ont sur des groupes d'élèves qui ont un sentiment de propriété et de responsabilité à l'égard des documents qu'ils produisent.

### La prise en compte des TICE dans les programmes

Du collège aux classes post-baccalauréat, diverses utilisations des TICE sont explicitement recommandées dans tous les programmes d'enseignement, dans leurs commentaires et dans leurs documents d'accompagnement. Ces textes mentionnent notamment les techniques audiovisuelles ainsi que les divers usages de l'ordinateur recensés ci-dessus, y compris désormais Internet.

### ÉVOLUTIONS EN COURS ET QUESTIONS OUVERTES

Comme nous l'avons vu ci-dessus, l'emploi des TICE en physique-chimie est apparu vers le milieu des années 80 dans le cadre restreint de l'« ordinateur-outil de laboratoire ». Les usages de cet appareil qui a lui-même beaucoup évolué se sont ensuite considérablement diversifiés à tel point qu'il devient difficile, voire arbitraire, de distinguer les pratiques pédagogiques qui relèvent de ce que l'on appelle encore trop

souvent « l'informatique » de celles proprement « audiovisuelles ».

À l'heure actuelle, l'écran de l'ordinateur ou la projection de celui-ci tend à jouer le rôle d'outil de présentation universel. Un même appareil peut aussi bien présenter une expérience en train de se dérouler dans la classe, une expérience montrée en différé, un résultat expérimental extérieur, une simulation informatique ou un schéma. Cette circonstance n'est pas sans poser problème à une discipline dont l'objet est l'étude de la nature et pour qui la distinction entre le réel et le virtuel est particulièrement essentielle ; elle ne condamne pas l'emploi de l'écran mais astreint le professeur à expliciter soigneusement la nature de ce qui est présenté sur l'écran.

À la suite de la diversification des emplois de l'ordinateur et de l'intérêt porté à l'analyse de l'image, l'utilisation occasionnelle de techniques audiovisuelles commence à s'agréger à une culture des professeurs de physique-chimie qui reste naturellement fondée sur l'expérimentation. Cette évolution est freinée par la pauvreté de la production utilisable dans la discipline et par sa fréquente médiocrité.

Il convient d'encourager des productions dont l'intérêt apparaisse aux enseignants comme manifeste. Celles-ci doivent d'abord présenter des phénomènes naturels ou des expériences qui ne sont pas accessibles dans la classe. Pour convaincre, ces produits doivent aussi aller bien au-delà des possibilités offertes par un livre et mettre en valeur le mouvement et, le cas échéant, le son.

La trace laissée dans la mémoire par un document audiovisuel est de nature tout à fait différente de celle que produit un livre. Le support audiovisuel semble mal adapté à l'exposition d'un discours un tant soit peu long mais au contraire idéal pour souligner un nombre limité de points forts. Les produits audiovisuels doivent donc se prêter à un emploi selon des séquences très brèves que le professeur peut faire suivre à sa guise d'un questionnement.

De façon à dépasser la contradiction réel-virtuel mentionnée plus haut, il convient également d'encourager, pour les logiciels aussi bien que pour les produits audiovisuels, des productions dans lesquelles des simulations issues de modèles soient confrontées à des images représentant des résultats expérimentaux. De tels produits doivent être accompagnés de livrets particulièrement soignés, de façon

#### NOTES

2. L'expérience du gnomon a valu à l'équipe du lycée de Manosque qui l'a mise au point le premier prix *ex æquo* des Olympiades de physique 1998.
3. Étaples (Pas-de-Calais) et Laigle (Orne).
4. Les deux extrémités du département du Nord.

notamment à bien préciser dans des termes accessibles à l'élève du niveau visé les lois physiques qui sont au cœur du « moteur » de la simulation présentée.

Il faut également encourager la production d'outils paramétrables par le professeur, par exemple des cédéroms d'auto-apprentissage ou « exercices » dans lesquels le professeur peut intercaler ses propres jeux de questions et de réponses.

Au cours des dix dernières années, on a assisté à une diversification des supports des œuvres (papier, disquettes, cassettes, cédéroms...) On a aussi constaté une augmentation du volume des productions potentiellement intéressantes. Cette augmentation, d'abord progressive, est devenue véritablement explosive à partir de l'apparition d'Internet.

Il convient de guider les enseignants dans cet océan d'informations. La difficulté se trouve accrue par le fait que de nombreuses productions n'ont pas été réalisées spécifiquement pour les besoins de l'Éducation nationale, de telle sorte que leur titre ne suffit pas en général à renseigner sur leur caractère utilisable dans une discipline et à un niveau donnés.

Sans céder à la fascination de la nouveauté, il faut se poser en permanence la question de la finalité de l'emploi d'une technique et s'assurer que celle-ci ne permet pas seulement d'enseigner autrement mais aussi d'enseigner mieux.

Le succès pédagogique dépend de façon déterminante de la bonne articulation que l'on aura su développer entre la technique dite nouvelle et les moyens traditionnels.

Il convient d'accompagner l'arrivée de nouveaux matériels par un effort renouvelé en ce qui concerne la réflexion pédagogique disciplinaire et la formation des personnels.

L'intérêt suscité par les techniques les plus récentes ne doit pas faire oublier la nécessité du développement et de la diffusion de celles qui semblent déjà bien connues.

Internet fascine et ouvre effectivement des perspectives très prometteuses. Il n'en faut pas moins continuer à diffuser dans la communauté des professeurs l'emploi du traitement de texte, technique « classique » mais encore trop peu répandue et dont nous avons souligné l'intérêt.

C'est une bonne chose que d'encourager un recours raisonné à des simulations confrontées à l'expérience mais beaucoup reste encore à faire pour tirer le meilleur profit de la technique dont l'introduction dans la discipline est la plus ancienne, à savoir l'ATIDEX : dans quels buts une expérience est-elle réalisée ? Quelles conclusions peut-on en tirer ? On rejoint ici les préoccupations générales de la discipline ■