

**Technologies de l'information et de la communication
et actualisation des enseignements
scientifiques et technologiques
au lycée d'enseignement général et au collège**

28 septembre 1998

G-L Baron et A Durey

Document de travail, à compléter

Le texte qui suit présente quelques réflexions relatives au thème de l'université d'été. Tout d'abord est présenté un bref panorama des technologies actuelles et de leur place dans la société. Puis une analyse de leur place à l'école et, plus particulièrement, dans les disciplines scientifiques et techniques est menée.

Quelles technologies ?

Le domaine des technologies de l'information et de la communication évolue assez vite et les expressions employées ont varié au cours du temps. Conformément à un usage assez répandu, nous désignerons ici par le terme "technologies" un ensemble des dispositifs techniques allant d'Internet (ensemble mal défini bénéficiant à la date de rédaction de ce texte d'une aura de modernité encore fraîche) jusqu'aux technologies de traitement des images, en passant par les différents dispositifs, environnements, instruments et ressources permettant de traiter de l'information numérisée.

Un élément commun à cet ensemble est l'utilisation de logiciels (notamment multimédias), qui, littéralement, définissent les interactions possibles avec le système technique. Malgré des interfaces avec l'utilisateur reposant sur des principes de manipulation directe et abusivement qualifiées de conviviales, les logiciels actuels restent des systèmes techniques complexes, aux fonctions multiples, le plus souvent dotés de systèmes de programmation permettant à l'utilisateur averti d'adapter le produit à ses besoins en élargissant le jeu des fonctions disponibles.

Ces technologies ont une emprise importante dans la société et leur développement est porteur de changements sociaux, à la fois dans le travail, dans les disciplines universitaires et dans la vie quotidienne.

Dans le monde du travail, il est maintenant largement reconnu que l'utilisation d'outils informatisés conduit à un changement des procédures et de l'organisation traditionnelle. Une partie du savoir professionnel humain est incorporé dans des logiciels et des bases de données et les qualifications nécessaires chez les opérateurs des systèmes informatisés changent pour s'adapter à cet état de fait.

Dans les disciplines universitaires également, les systèmes informatiques sont porteurs de changements potentiellement considérables. Ces derniers concernent non seulement la communication scientifique, bouleversée par le traitement de textes et Internet, mais aussi les traitements de l'information et, même, les méthodes de preuve. Désormais, l'activité scientifique est instrumentée par des dispositifs informatiques.

Enfin, dans la vie quotidienne, le fait le plus marquant de ces dernières années est l'importance grandissante de l'équipement des foyers en ordinateurs multimédias. Il est probable, tout d'abord, que la production de documents est entrée, avec la bureautique personnelle et les logiciels de traitement d'images dans une phase nouvelle. Les jeunes sont concernés au premier chef. Leur univers mental est désormais imprégné par des jeux, avec lesquels leurs parents n'ont pas souvent eux-mêmes joué quand ils étaient jeunes (il n'est pas étonnant qu'ils s'en méfient souvent). De plus, on assiste à la naissance d'un marché de produits multimédias à vocation parascolaire destinés à un usage en autonomie. Si les effets sur l'apprentissage de ces différents types de logiciels restent à étudier, on peut raisonnablement penser qu'ils auront un certain impact dans le domaine éducatif.

TIC et éducation

L'histoire récente montre que les technologies de l'information et de la communication sont arrivées par vagues dans le système éducatif de notre pays, portées par une suite de politiques publiques ambitieuses. Initiées dans les années soixante, ces politiques ont d'abord été nationales avant d'être ensuite relayées par les collectivités territoriales, auxquelles incombent, depuis les lois de décentralisation, des responsabilités importantes.

Ces différentes vagues partagent un certain nombre de caractéristiques. Après un grand intérêt initial et des espoirs rétrospectivement chimériques, on se rend compte que la réalité résiste à l'assaut de ces technologies. Si les innovations et les expérimentations montrent un réel potentiel de renouvellement, à la fois des contenus disciplinaires et des démarches pédagogiques, l'intégration dans l'enseignement d'activités utilisant des TIC apparaît comme un processus long, compliqué, formé de phases séparées par des périodes critiques.

Généralement, la première phase voit le lancement de recherches et d'expérimentations explorant des possibilités et inventant des dispositifs et des usages. Il lui succède une phase d'innovations, où les travaux princeps sont mis à l'épreuve, transformés, réinterprétés par de nouveaux acteurs. Puis, alors que commence un nouveau cycle pour une nouvelle vague technologique, vient le temps des règlements de droit commun et, finalement, de la scolarisation pour un nombre limité de pratiques, qui deviennent alors relativement banales et perdent le caractère de modernité qu'elles avaient dans les périodes précédentes.

En fait, la situation est très complexe, car le système éducatif ne réagit pas de façon homogène à l'arrivée des technologies. Des différences considérables existent entre les disciplines et les niveaux scolaires, où les traditions de recours à des machines et des instruments ne sont pas les mêmes et qui ne manifestent pas la même perméabilité par rapport à ces derniers.

De plus, il existe non pas *une* utilisation générique des technologies, mais un vaste spectre d'usages, qui ne se prêtent pas aux mêmes modes d'intégration.

Ainsi, on peut, en première approximation, distinguer quatre *attracteurs principaux* par rapport auxquels s'inscrivent les usages des TIC.

Le premier est relatif à la production de documents multimédias (ce qu'on a un temps appelé la "bureautique professorale"). Les logiciels associés (logiciels encore dits "de traitement de texte", bien qu'ils permettent aussi de traiter des dessins et d'incorporer des images) sont en voie progressive d'intégration, surtout à l'école élémentaire, sans pour autant changer le rapport à l'apprentissage et à l'éducation.

Le deuxième attracteur est constitué *d'outils et d'instruments logiciels* conçus pour aider des activités disciplinaires (lexicographie, dessin assisté par ordinateur, expérimentation assistée par ordinateur, calcul formel, systèmes d'information géographique, logiciels de simulation de modélisation...). Ces instruments permettent effectivement de changer les procédures de

résolution de problèmes et de focaliser différemment l'activité. Leur processus d'intégration varie selon les disciplines.

Le troisième est constitué par ce qu'on pourrait appeler la "technologie éducative", où un système technique vient en aide à l'enseignant pour organiser des apprentissages, gérer localement la communication pédagogique, proposer à l'élève des ressources diverses. La figure la plus connue de cet attracteur est l'enseignement assisté par ordinateur, apparu dans les années soixante dans le sillage des théories béhavioristes de l'apprentissage, et qui semble connaître actuellement un renouveau de faveur certain. Les produits multimédias éducatifs actuellement présents sur le marché parascolaire ont des interfaces modernes avec l'utilisateur, mais reposent encore souvent sur des idées éducatives plus anciennes. Cela est d'ailleurs somme toute normal, puisque les idées pédagogiques évoluent lentement, en tout cas moins vite que les matériels. Les expériences qui ont été menées avec ces produits semblent indiquer qu'ils peuvent trouver une place en éducation, pourvu que les enseignants qui les utilisent soient favorables à l'idée de programmation didactique.

Reste enfin tout ce qui procède des technologies de communication, qui servent à favoriser la recherche de l'information ou la communication entre humains. Il est indéniable que les produits récemment apparus dans la mouvance d'Internet représentent une certaine rupture par rapport à ce qui existait auparavant, du moins en ce qui concerne la recherche à distance d'information multimédia (les utilisations éducatives d'instruments de communication interpersonnelle se rattachent en revanche à un courant plus ancien, exploré par des pédagogues depuis bien longtemps).

Nul besoin, sans doute, d'insister sur le fait que ce qui finit par s'intégrer n'est généralement pas une transposition simple de ce qui avait été inventé des années avant, mais le produit d'une série d'héritages et de retraductions (Baron et Bruillard, 1996). Ceux-ci sont moins le fait d'individus isolés qu'un processus social piloté par la profession enseignante dans son ensemble, ou du moins par des segments de celle-ci. Ainsi, l'enjeu est-il de permettre que le potentiel de rénovation manifesté par un ensemble d'outils et d'instruments puisse se traduire au mieux en bénéfices éducatifs. De ce point de vue, les disciplines techniques et scientifiques sont particulièrement intéressantes à étudier.

Les enseignements scientifiques et techniques au collège et au lycée

L'effort en France comme d'ailleurs dans la plupart des pays européens a porté sur la définition et l'organisation de programmes nationaux, sur la mise au point et l'évaluation de contenus innovants d'enseignement dans des classes et sur l'équipement. Concernant les contenus d'enseignement, le choix est fait très tôt de distinguer la discipline informatique, qui aura principalement un statut d'option dans l'enseignement obligatoire et l'utilisation de l'informatique dans les disciplines. Les différentes disciplines sont ainsi sollicitées pour intégrer l'informatique dans leur sein. C'est donc aux disciplines et à ceux qui les définissent que revient la lourde tâche de piloter et de provoquer cette intégration. D'une façon générale, on peut distinguer une utilisation visant à moderniser les méthodes d'enseignement et d'apprentissage en gardant les mêmes contenus et une intégration qui amène une évolution des contenus mêmes de la discipline. Il est peu douteux que les enseignements scientifiques et techniques présentent entre eux des différences considérables, tenant aux contraintes et aux traditions propres aux disciplines, aux rapports différents entretenus par rapport aux machines, à la modélisation, à l'expérimentation, à la production. Plusieurs ensembles distincts apparaissent d'emblée : les mathématiques, les

sciences expérimentales, les disciplines techniques (sciences et techniques industrielles, économie et gestion, technologie).

Dans tous les cas, on a mis en évidence des possibilités de renouveau, variables selon les secteurs disciplinaires. Voici une première analyse de celles-ci.

En mathématiques

L'enseignement de second degré des mathématiques dispose depuis moins d'une dizaine d'années d'instruments logiciels non encore intégrés dans les pratiques, mais dont on sait qu'ils sont porteurs de renouvellement.

Ces logiciels sont principalement de deux types :

- Des *constructeurs*, permettant d'étudier de manière dynamique des problèmes géométriques et donc de modéliser des situations relevant de la physique ou de la mécanique (le plus connu étant sans doute CABRI)
- Des résolveurs, permettant de résoudre des problèmes numériques ou symboliques. Leur spectre est assez large, allant des calculettes quatre opérations, jusqu'aux systèmes de calcul algébrique, en passant par les tableurs.

Ces nouveaux instruments conduisent, on le sait, à changer les méthodes de résolution et à focaliser différemment l'attention. Permettant, en outre, de traiter de nouveaux contenus, leur utilisation pratique se heurte à des difficultés.

En sciences expérimentales (sciences physiques et sciences de la vie et de la nature)

Les recherches entamées au tout début de la décennie 1980 sur l'expérimentation assistée par ordinateur ont permis d'étayer la construction d'instruments et de dispositifs permettant d'acquérir et de traiter des données expérimentales, de les visualiser, de modéliser des phénomènes, de traiter des données issues du monde scientifique (comme par exemple en biologie moléculaire). Ces instruments, qui permettent d'accéder, comme le disait J Hebenstreit, à des "niveaux intermédiaires d'abstraction", se prêtent à des démarches réellement nouvelles, dont la mise en œuvre pratique pose des problèmes particuliers, dont certains sont abordés dans les actes.

En sciences expérimentales une option forte se dégage depuis le début des années 80, c'est celle que l'on peut regrouper sous le terme d "ordinateur outil de laboratoire". Cette orientation s'est définie en partie par opposition et en réaction aux logiciels d'enseignement assisté par ordinateur. L'effort de production et d'expérimentation dans cette voie a été soutenu par un programme ministériel d'actions de recherches et d'innovations. Dans cette perspective outil de laboratoire on peut distinguer deux orientations principales, les activités qui relèvent de l'acquisition de données et pilotage d'expériences et les activités de modélisation. Globalement ces travaux tentent pour construire des activités scolaires, de se référer à l'utilisation de l'ordinateur comme outil utilisé dans les laboratoires de physique et de chimie. C'est autour et à partir de systèmes d'acquisition adaptés à l'enseignement qu'ont été développés des exemples d'activités scolaires. Ces dispositifs ont entraîné des propositions innovantes qui ont déplacés les contenus d'enseignement . Par exemple, les questions d'échantillonnage, de numérisation, se substituent aux questions de parallaxe, de classe des appareils, etc. L'automatisation de l'acquisition permet de travailler sur des ensembles importants de données et le temps dégagé de faire faire aux élèves plus de traitement de données et de mise en relation avec les modèles. Il s'agit par exemple de la mise en forme mathématique de données expérimentales afin de décrire de façon parlante, un ensemble de données brutes, qui se présentent le plus souvent sous la forme de tableaux de valeurs numériques sans formes et sans structures apparentes. Cette mise en forme,

utilise des principalement des visualisations graphiques, des traitements statistiques, et des anamorphoses. Ces activités déplacent les contenus d'enseignement vers des activités de recherche de représentations formelles des phénomènes, de mise au point de modèles "empiriques", d'évaluations statistiques de grandeurs.

La deuxième grande option qui s'est dégagée plus tardivement mais qui risque de prendre une grande importance dans l'avenir compte tenu de son rôle dans les pratiques sociales extérieures à l'école c'est la simulation. On peut simuler des expériences de laboratoire (titrage en chimie) des processus industriels (métallurgie). On peut simuler des phénomènes trop dangereux (explosions), trop lents (Échanges thermiques), trop rapides (électronique), trop petits (diffusion de particules), trop grands (mouvement des planètes). On peut simuler des situations extrêmes ou limites (chocs élastiques, frottements nuls...) ou des modèles parfaits ou idéaux (gaz parfait...). On peut enfin simuler des objets idéaux des sciences physiques(exemple en mécanique des ressorts, des amortisseurs, des poulies, des fils, des liaisons, des solides...). Les avantages de la simulation sont nombreux. Tout d'abord le prix de revient d'une simulation par rapport à une expérience de laboratoire, le temps de simulation peut être beaucoup plus court et ainsi permettre un grand nombre d'expériences. La sécurité pour certaines expériences qui seraient trop dangereuses pour les élèves. Le contrôle d'un plus grand nombre de paramètres qui ne seraient pas manipulables autrement. Il y a aussi quelques écueils à éviter. Le fait de pouvoir ainsi accéder à un grand nombre de variables peut laisser supposer aux élèves qu'elles sont facilement accessibles et contrôlables dans la réalité. Les modèles internes ne sont pas bricolables et toutes les investigations sont ainsi limitées au modèle interne. Rien n'est su de ce modèle : comment il a été fait, sur quelles données, quels sont ses limites de validité, son champ de réalité. Ainsi un des risques majeurs de la simulation est de confondre le monde du micro-ordinateur, de son clavier et de son écran avec le monde réel. Ces écueils peuvent être évités par la façon de faire travailler les élèves avec ces simulations en leur donnant le plus d'informations possible avec les modèles utilisés, les données qui ont permis de les élaborer en questionnant les résultats qu'ils produisent. En fait la encore les possibilités offertes par la simulation déplacent les contenus d'enseignement vers des éléments qui ne peuvent pas être enseignés autrement. Tout d'abord la manipulation, l'observation et la découverte de modèles dans un but de familiarisation, puis la découverte active et raisonnée des paramètres et de leur influence dans le modèle pour une élaboration des représentations mentales associées au modèle et enfin la production avec le modèle de solutions à des problèmes dans le but de mettre en application les savoirs.

Dans les disciplines techniques

Les disciplines techniques présentent un certain nombre de singularités. Il s'agit sans doute du seul domaine disciplinaire à avoir intégré de manière significative les technologies. Ceci s'explique en partie par l'importance des bouleversements que ces technologies ont introduit dans les pratiques socio-techniques qui correspondent à ces secteurs d'enseignement. L'inscription dans le curriculum de l'usage d'instruments logiciels est déjà réalisée ; les technologies y sont aussi un objet d'enseignement ; la dimension "projet" y est très présente et est favorisée, l'enseignement se fait essentiellement par les travaux pratiques. Le plus souvent ce sont les outils logiciels de l'industrie ou des versions didactisées qui sont introduites dans les enseignements. Ces outils importent avec eux beaucoup plus, puisque ce sont des nouvelles manières de représenter, de fabriquer, de concevoir ce sont aussi de nouveaux objets, de nouveaux modèles et au total des nouvelles technicités, qui sont ainsi importées dans l'enseignement. Outre les outils de bureautique classiques, ces produits relèvent, en première analyse, de trois domaines : le dessin assisté par ordinateur et la conception-fabrication assistée par ordinateur ; la gestion de banques et bases de données, l'acquisition et le traitement de données en temps réel. De plus, ces disciplines sont sans doute un des secteurs de l'enseignement de second degré où la réflexion sur la pédagogie de projet est la plus avancée .

Des points communs

Chaque secteur disciplinaire a une histoire et des traditions qui lui sont propres. Chacun assigne aux élèves des objectifs de formation réfractés par ces traditions et cette histoire, en prenant en compte les évolutions du domaine de référence qui est le sien. Cependant, s'agissant des technologies de l'information et de la communication, des points communs sont repérables entre les enseignements scientifiques et techniques au collège et au lycée d'enseignement général.

Dans tous les cas, il y a eu intégration précoce de l'informatique dans les disciplines universitaires et les pratiques socio techniques de référence d'instruments de traitement de l'information à spectre relativement large, qui peuvent être utilisés dans plusieurs des disciplines scolaires correspondantes.

La diffusion des technologies de l'information et de la communication remet en cause des procédures traditionnelles et invite à une réflexion sur les potentialités non uniquement disciplinaires de la prise en compte d'outils et d'instruments logiciels.

Ces derniers, qui permettent de poser et d'aider à résoudre des problèmes ayant du sens pour les apprenants, sont compatibles avec la mise en œuvre de pédagogies de projet. Ils peuvent favoriser l'appropriation par la pratique d'un certain nombre de notions et de concepts que l'on retrouve dans ces différentes disciplines sous des formes proches et peuvent faciliter la mise en évidence de similitudes d'approches entre champs aux frontières souvent étanche dans l'esprit des élèves.

Ces remarques, qui sont à l'origine de l'organisation de cette université d'été, invitent à s'interroger sur les apports et les impacts des TIC en terme de formation des élèves, en essayant d'articuler les rapports et les apports réciproques entre les différents secteurs disciplinaires qui y concourent.

Il a été choisi de partir de l'étude de cas concrets, en aiguillant la réflexion sur trois axes principaux : les nouvelles compétences pour les élèves, les nouvelles compétences pour les enseignants, les changements de contenus d'enseignement.