

Atelier

**Enseigner
La géométrie
Avec l'ordinateur
au collège**

Claude MATTIUSI

Responsable du groupe de recherche
Pédagogie Informatique en Math au Collège
à l'IREM de TOULOUSE

Il serait illusoire de vouloir retranscrire l'ensemble de l'atelier avec ses présentations et ses exemples d'animations de géométrie dynamique (encore une fois la particularité d'une activité informatique est qu'il n'est pas possible pour la connaître d'échapper à cette impérieuse contrainte qu'il faille nécessairement la parcourir dans son ensemble, à son rythme et dans son intégralité). Comme compte rendu, je me bornerais donc à présenter un certain nombre d'approches théoriques qui sont à la base des activités présentées, extraits d'un ouvrage à paraître. Si le logiciel doit se pratiquer pour être connu, sa théorie peut se lire et se comprendre. Quant aux activités présentées, elles pourront avantageusement être parcourues à partie d'un cédérom qui est en cours d'édition.

Deux besoins essentiels

Avoir recours à l'ordinateur pour profiter de ses immenses possibilités, mais pour quoi faire exactement ? C'est la question simple, première que va se poser tout enseignant motivé. Ce qui suppose que l'on sache parfaitement ce que l'on fait quand on enseigne les mathématiques. Un sujet sur lequel se sont penchés les didacticiens depuis plus d'un quart de siècle. Leurs travaux nous éclairent et apportent des renseignements précieux. Pour faire simple, la didactique, qui imprègne depuis 1985 l'esprit des nouveaux programmes, distingue dans la transposition des savoirs à l'école et leurs contextualisations au moins trois phases dans la mise en œuvre de la transmission des connaissances inspirée par le social constructivisme¹:

La phase première de l'expérimentation : à partir d'une situation problème des activités de découverte des propriétés du sujet d'étude doit permettre la formulation de conjectures, de définitions plus ou moins élaborées et de preuves plus ou moins complètes. C'est la phase active, déterminante de l'apprentissage depuis qu'ont été abandonnées les méthodes scolastiques. Différents degrés et formes de dévolution sont accordés aux élèves.

La deuxième phase de la synthèse : qui partant des conjectures, formulations et propositions de la première phase doit déboucher sur l'institutionnalisation du savoir. Une étape délicate, qui, par le jeu de la confrontation des conjectures et des formulations partielles avec la logique et les connaissances établies, doit distinguer par le raisonnement le vrai du faux et apporter la preuve incontestable de la vérité de la notion nouvelle qui est alors dûment consacrée et authentifiée.

La troisième phase de l'application et de l'évaluation de cette nouvelle connaissance : au travers d'une batterie d'exercices divers et gradués, d'entraînement et de transfert, débouchant sur un contrôle de la maîtrise de cette acquisition pouvant amener une remédiation pour les élèves qui sont en échec. Une aide et un soutien qui s'apparente à une action récurrente qui va parcourir autrement les trois phases du cours initial.

Comme dans toutes activités humaines, le besoin naît des difficultés à mener à bien son action. C'est la règle d'or de l'essor de toute nouvelle technologie : son développement découle de l'impérieux besoin de faire mieux, d'être plus efficace, plus performant.

Précisément, où, dans quel travail, dans quelle action les enseignants éprouvent-ils des difficultés ou aspirent-ils à de meilleurs résultats ?

Dans ces trois phases ou actions fondamentales de l'enseignement, dans quel cas peut-on éprouver le besoin de recourir à l'ordinateur ? Dans quelle activité précise un besoin avéré se fait-il sentir ?

Dans la deuxième phase de la synthèse ?

La phase décisive de l'élaboration scolaire du savoir qui se joue dans le cadre d'une discussion collective sous la direction de l'enseignant. Une pédagogie étudiée depuis longtemps avec Platon, Rousseau, etc. La plupart des enseignants en maîtrisent bien la maïeutique et la dialectique. C'est la partie la plus vivante du cours, la plus appréciée, celle qui donne le plus de satisfactions. Ce n'est pas dans cette phase que les professeurs ont besoin d'aide. L'ordinateur ne serait pas d'un grand secours dans ce débat vivant, critique, qui peut être confus, tortueux, imprévisible, où la majorité a rarement raison. Malgré les progrès de l'intelligence artificielle et de la compréhension des langages naturels, cette machine est parfaitement incapable de jouer un rôle décisif dans ce jeu intellectuel complexe du dégagement collectif de la vérité. Il n'est pas à la hauteur des exigences sémantiques d'un tel

¹ Social constructivisme : pédagogie qui vise à la reconstruction collective du savoir par les apprenants

travail de synthèse Donc, dans cette phase, l'ordinateur ne peut d'une manière générale nous être utile autrement que comme générateur de conjectures ou vérificateur d'hypothèses.

Dans la première phase de découverte ?

Dans cette phase de la découverte la demande pédagogique s'avère la plus pressante quelque soit la pédagogie pratiquée, qu'elle soit plus ou moins active ou constructiviste.

Dans cette activité de recherche, l'ordinateur apparaît comme un facteur nouveau et puissant d'expérimentation. Là où l'enseignement traditionnel n'apporte qu'un nombre limité d'exemples, qu'une ou deux illustrations avant d'extrapoler et de généraliser trop vite (ce que seuls les bons élèves sont capables de faire aisément), l'ordinateur peut les multiplier par cinq, dix ou cent fois. Il est un *intensificateur* d'expériences. Mais surtout, on l'a dit, comme puissant moyen de transposition, par la simulation ou la concrétisation, il peut présenter la notion à étudier, qui fait problème, comme une *réalité pseudo-concrète* qui se prête à son étude *expérimentale*. Et par le biais de son interactivité, l'ordinateur permet d'intervenir sur cet objet d'étude, de le modifier, de le transformer. L'action est la source de la connaissance. Par l'autonomisation du travail, il respecte les rythmes et les démarches singulières et assure une meilleure participation à l'expérimentation de chacun. De plus, il peut fournir, au cas par cas, de l'aide à la demande.

Cet apport supérieur à toute pratique traditionnelle, inégalable, a pu être vérifié par exemple dans l'enseignement des transformations en géométrie au collège où des apprenticiels ont fait leurs preuves. Ou encore dans l'étude du théorème de Pythagore où un apprenticiel qui reprend à sa façon une démarche traditionnelle de sa découverte apporte un gain de temps et d'efficacité incontestable.

Mais toutes les notions de mathématiques ne se prêtent pas à la découverte en pédagogie active et à l'aide d'apprenticiels. Par exemple, l'étude de la réciproque du théorème de Pythagore. L'expérience a montré que les tentatives de dévolution et de reconstruction de cette notion délicate échouent. Les élèves n'arrivent pas à réinventer ce raisonnement réciproque dont la logique les dépasse. D'ailleurs il est remarquable de constater que les manuels de quatrième sont très discrets sur cette question difficile, et, fait notable et révélateur, ils ne proposent aucune activité traditionnelle ou autre. Dans ce cas, le professeur pourra utiliser l'ordinateur en pédagogie magistrale à l'aide d'imagiciels appropriés. Ce recours simple et pratique peut s'avérer très performant.

Dans la dernière phase d'application et d'évaluation ?

Dans cette étape, il y a un besoin pressant et énorme, celui des contrôles et de leurs corrections, véritable tâche écrasante des professeurs. Si l'ordinateur était capable de poser et surtout de corriger les contrôles, il est sûr que 95% d'entre eux y recourraient ! Mais évidemment, pour les raisons données plus haut (pour la phase de synthèse), il en est tout à fait incapable. Sauf à concevoir un enseignement au rabais du type QCM sans réponses ouvertes. Ce qui n'est pas le cas pour le moment en France, les IREM nous en garde !

Plus sérieusement, pour accomplir l'indispensable entraînement à la maîtrise des notions apprises, l'ordinateur peut-il nous aider et nous fournir un ensemble d'exercices autocorrectifs ? Assurément, il l'a beaucoup fait et même trop avec un bonheur inégal puisque c'était le contenu de la valise du plan IPT en 1985. L'expérience a montré que ces exercices assistés par ordinateur étaient d'une efficacité variable et souvent faible. En concurrence avec l'exercice traditionnel corrigé en classe trois faiblesses s'ont apparues qui ont relégué un temps ce recours aux oubliettes :

Une perte de temps : traditionnellement les exercices sont pour l'essentiel donnés à faire à la maison. L'élève peut y passer, à tête reposée (c'est à dire dans le calme, à son rythme et sans la pression du professeur et du groupe classe) un temps variable avec certes un succès inégal

(qui dépend beaucoup de l'aide qu'il peut recevoir à la maison). Si tous les exercices sont faits en classe, ils vont manger un temps précieux au détriment des activités de recherche et de synthèse du cours proprement dit. Et l'on reviendrait à un enseignement trop transmissif ou scolastique.

Une faiblesse méthodologique : traditionnellement donc seules les corrections des exercices sont faites en classes, occasion de revenir et d'insister sur les méthodes et sur les erreurs typiques commises. C'est justement, dans leur conception behaviouriste², le point faible de la plupart des logiciels d'exercices qui se bornent à corriger de manière globale le seul résultat sans suivre ni corriger la démarche et les erreurs classiques. Il faut espérer que les logiciels d'exercices évolueront à l'avenir pour devenir plus intelligents, qu'ils deviendront méthodologiques. Certains éditeurs y travailleraient.

Une lourdeur organisationnelle : Ces exercices sont conçus pour être pratiqués en pédagogie active et autonome en salle informatique. L'organisation matérielle n'est pas toujours simple. La salle n'est pas toujours libre. Le nombre de machine est limité. Les déplacements dispersent et font perdre du temps.

Cependant il est un recours qui grandit au fur et mesure que les établissements s'équipent de vidéo projecteurs (dont les prix ont beaucoup baissé), c'est l'utilisation magistrale de l'ordinateur pour corriger les exercices en classe. Dans ce travail, l'ordinateur peut apporter une aide intéressante par le biais d'imagiciels qui permettent de corriger les figures de géométrie au moyen du super rétroprojecteur qu'il représente, fournissant toutes les ressources de la géométrie dynamique ou de la géométrie dans l'espace sans oublier les représentations graphiques en statistiques.

Dans la remédiation et l'aide :

A la fin de l'étude et de ses trois phases peut s'enclencher, suivant la nécessité et la possibilité, l'action récurrente de la remédiation. Mais seulement si le nombre d'élèves en échec est trop ou suffisamment important ou si les horaires en fonction du programme d'enseignement le permettent (par exemple ce n'est guère possible en classe de 4^e et 3^e).

Ces actions d'aide et soutien aux élèves sont lourdes à organiser pour l'enseignant qui se voit confronter à un deuxième travail laborieux et malaisé. Dans ce domaine, le besoin d'aide est considérable, à la mesure des difficultés de sa mise en œuvre.

C'est le recours informatique le plus répandu qui répond au besoin le plus aigu, le plus ressenti. Ses formes d'actions et d'organisation varient en fonction des besoins et des instructions qui ont beaucoup évolué depuis vingt ans. Il se présente en général sous deux formes :

- Un soutien ponctuel limité dans le temps : l'aide ou le soutien concerne un groupe de besoin qui rassemble un certain nombre d'élèves d'une ou plusieurs classes ayant des difficultés sur une même notion.
- Un soutien systématique sur une heure année qui intéresse une classe ou un ensemble d'élèves présentant approximativement le même profil.

Si le soutien ponctuel est assez facile à mettre sur pied, il en va autrement du soutien systématique. La plupart des enseignants éprouvent de réelles difficultés à l'organiser. Pour plusieurs raisons.

Ils pratiquent essentiellement une pédagogie magistrale et n'ont pas été formés à ce type d'activité qui fait appel à une pédagogie différente : méthodes actives, individualisation du travail, suivi et évaluation formative,...

Ensuite, l'organisation de ce type de soutien individualisé demande pour être efficace un investissement considérable en temps de préparation et en gestion des résultats (préparation d'un arsenal d'activités spécialisées, corrections supplémentaires et suivi

² Seul compte le résultat sans s'intéresser à la démarche.

individualisé des performances). En fait un véritable deuxième travail. L'enseignant n'a souvent ni la capacité ni le temps matériel de consentir à ce nouvel effort qui se rajoute à sa charge de travail «ordinaire».

Dans ces conditions, la qualité du soutien ne peut que s'en ressentir en devenant souvent un rabâchage du cours qui ne satisfait ni les élèves ni le professeur. Ce phénomène explique que, malgré de fortes incitations officielles, le soutien demeure le parent pauvre de l'enseignement et que son essor soit limité. De là les doutes sur son efficacité et sa pérennité.

Les expériences menées au cours des années quatre-vingts et quatre-vingt dix et développées dans la dernière période l'attestent : le recours informatique dans le soutien aux élèves en difficulté apporte incontestablement une aide appréciable. Son efficacité et sa performance découlent d'un certain nombre d'avantages spécifiques, irremplaçables, hors d'atteinte des méthodes traditionnelles, à la condition de respecter les règles usuelles de la pédagogie informatique.

Les règles de la pédagogie informatique

Il serait pourtant illusoire de croire que les avantages du recours informatique pourraient s'obtenir spontanément, avec facilité. Comme pour toute utilisation de technologie nouvelle d'enseignement, ils sont le fruit de quelques complications.

Dans la pratique concrète de la classe, pour conduire une activité de recherche avec un apprenticiel comme pour mener une action de remédiation avec un logiciel adapté, le recours informatique ne peut être ni immédiat, ni improvisé. Au delà de quelques acquis pragmatiques, l'expérience accumulée depuis une vingtaine d'années a dégagé un ensemble de principes opérationnels, formant une *théorie* de la pédagogie informatique. La réussite d'une pédagogie informatique exige la connaissance et le respect de ces règles fondamentales qui agissent comme autant de variables didactiques.

L'intégration :

L'activité informatique doit parfaitement s'insérer dans le cadre et les objectifs du travail de la classe. Une activité informatique donnée, fournie par un éditeur ou par un site, a ceci de dérangeant qu'elle se présente en soi comme *une activité autonome, indépendante et globale, ayant une démarche inhérente et des objectifs propres implicites*. Un recours aveugle, inconscient ou inconséquent amènerait fatalement à l'échec. Par exemple dans le cas d'une improvisation irréfléchie ou d'une utilisation d'un logiciel inadapté, ou encore par le biais d'une activité gratuite, hors programme, hors normes, le recours apparaîtrait comme inconsistant et futile et amènerait à la rupture du contrat didactique et donc à l'échec, à l'abandon. Nombre de fiascos proviennent de cette erreur de débutant ou de ce défaut de compréhension. Le recours informatique ne vaut que s'il est pleinement intégré dans la démarche générale de l'enseignant. Il doit s'insérer dans le scénario pédagogique général de l'étude d'une notion, bien situé et articulé dans le processus de l'apprentissage.

Comprenons qu'il en est du choix de l'activité informatique comme du choix d'une activité traditionnelle proposée par un manuel. Certaines nous "plaisent" et d'autres non. En fait derrière cette acception courante, se manifeste tout un ensemble de conceptions profondes et complexes touchant à la fois au contenu et à la méthode qui ont présidé à l'élaboration de l'activité. Celles-ci sont inscrites dans la substance de l'exercice comme une idéologie trame un discours politique. Et au cours de son application, elles se révèlent comme autant de structures et d'efficaces. De la même manière, il ne faut pas se tromper dans le choix d'une

activité informatique. Par delà son fatras technique qui pourrait faire écran et qui peut impressionner les néophytes, il faut en sonder l'âme et en apprécier l'essence avec tout le sens critique que l'on exerce habituellement. Une activité informatique ne s'impose pas plus à nous qu'une activité traditionnelle. Il faut savoir en faire l'exégèse et choisir celle qui nous conviennent et rejeter celles qui ne nous correspondent pas. De toutes façons, même de manière inconsciente, l'expérience prouve que les activités qui répondent aux attentes des professeurs prospèrent et se développent alors que les autres de fait reculent et disparaissent. La vie fait le tri.

Prenons par exemple les réalisations et les productions de l'équipe de Cabri de Grenoble. Ce groupe d'éminents collègues adhère de fait à une conception constructiviste du savoir centré sur l'élève manipulant la géométrie dynamique s'apparentant aux principes de l'école nouvelle spontanéiste. Plus de dix ans plus tard, leurs travaux pourtant largement édités n'ont été ni très convaincants ni très pratiqués. Ils ont du mal à s'insérer dans le contrat didactique institutionnel de l'enseignement des maths. Leurs activités entraînent beaucoup de perte de temps aboutissant à l'oubli des objectifs du programme, pour des résultats contestables. Les activités proposées pèchent par un excès de dévolution et s'intègrent mal dans le déroulement ordinaire de l'étude d'une notion de géométrie. Au lieu de *refaire* la géométrie avec Cabri, il vaut mieux *faire* de la géométrie avec Cabri. Cette géométrie dynamique Cabri peut parfaitement s'insérer dans le contrat standard comme instrument puissant de transposition des savoirs géométriques. Bien conçue et articulée, elle permet, ce qui est nouveau et intéressant, une *expérimentation* de la géométrie pour atteindre les objectifs du programme dans le respect de l'économie du temps et des rythmes d'apprentissage. Par des figures pertinentes, animées, sur laquelle on peut agir, Cabri permet d'inventer une nouvelle méthodologie de l'enseignement de la géométrie. Les notions et propriétés élémentaires peuvent être *mises en scène et instrumentalisées*, dans le respect de leur logiques cognitives, permettant un *apprentissage expérimental* de la géométrie. Ainsi procèdent nos apprenticiels de géométrie.

La pertinence :

Tout recours informatique doit être *judicieux* et décidé après comparaison avec d'autres artifices didactiques. Vouloir faire sur ordinateur un exercice qui marche très bien sur papier, plus rapidement et plus simplement, est une erreur grossière. Assurément dérisoire, le tout informatique est à bannir.

Il faut ensuite apprécier finement le *degré d'adéquation* de l'activité proposée avec les objectifs terminaux et intermédiaires visés, avec les conceptions et la démarche suivie. Enfin il faut examiner la *cohérence* de la démarche pédagogique avec le logiciel choisi. Car tout logiciel procède d'une démarche et activité spécifique : un apprenticiel de découverte n'est pas un imagiciel, ni un didacticiel un logiciel d'exercices. Faire réviser une leçon (avec un didacticiel) n'est pas la même chose que de s'entraîner à faire des exercices (logiciel d'exercices). Découvrir expérimentalement une notion par une approche interactive de manière autonome et par écrit (avec un apprenticiel) n'est pas identique à faire découvrir cette même notion à une classe par un jeu de questions orales sur une figure animée (un imagiciel). Avec les différents logiciels on ne peut pas faire la même chose ni les intégrer dans la même phase didactique.

Résumons. Une activité intéressante peut très bien ne pas s'intégrer dans le déroulement général d'un cours. Et réciproquement une activité qui pourrait parfaitement s'intégrer dans la démarche suivie peut ne pas être très efficace. Prenons un exemple. Le logiciel Tigre est un bon didacticiel pour l'aide à la démonstration en 4^e. Sa conception en trois parties, lire, démontrer et rédiger est tout à fait intéressante et correspond parfaitement

aux exigences méthodologiques de ce type de raisonnement. Mais c'est un logiciel d'exercice. En tant que tel sa fonction n'est pas de découvrir ce savoir faire mais de l'appliquer. Son intégration dans un cours sur la démonstration ne va pas de soi. Son utilisation en salle informatique est lourde et longue et ne peut convenir qu'à des travaux dirigés ou de remédiation. En revanche, il est parfait pour les aider les élèves dans leur travail personnel à la maison. Et comme logiciel gratuit, il a l'avantage de pouvoir être donné aux élèves. Mais pour l'intégrer en classe, il faut l'articuler en le mettant en scène dans un cours magistral par exemple comme support de la correction collective commentée et méthodique d'un problème posé à la classe.

En matière de soutien, la pertinence du recours informatique est une exigence et une difficulté d'autant plus délicates que les cas de remédiations sont plus variés et nombreux. Plus cette indispensable adéquation aux objectifs de la remédiation sera forte et fine et meilleur sera le recours informatique. L'enseignant se doit de mettre en oeuvre un didacticiel parfaitement adapté au besoin de l'élève. Les approximations et les faux-semblants ne pourraient que compromettre la qualité de l'opération. Particulièrement dans le cas d'une action ponctuelle, il doit être choisi à bon escient. Pour une activité systématique, c'est l'ensemble du système logiciel qu'il convient de considérer par rapport aux objectifs visés, avec ses forces et ses faiblesses. L'appréciation de l'ensemble est plus complexe et demande de l'expérience pour une bonne appropriation. Il n'est pas sûr qu'il faille se laisser aller à la facilité du programme d'activités proposé. Celui-ci pourra gagner à être modifié. Mais il faut du temps pour en acquérir la maîtrise, pour en augmenter les facteurs d'intégration et d'adéquation capable d'en élever l'efficacité générale.

La performance :

C'est maintenant une vérité admise par tous les didacticiens que l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement complexifie la tâche de l'enseignant. Ce médium technologique présente une complexité technique et une lourdeur organisationnelle et matérielle inévitables. En regard de ce passif, la mise en place d'une action informatique doit faire la preuve non seulement de son efficacité mais encore et surtout de sa *supériorité*. Elle doit apporter un avantage incontestable. Sinon à quoi bon se compliquer la vie. Son rendement final doit être meilleur que toute action traditionnelle. Une technologie nouvelle d'enseignement doit apporter une *performance supérieure* ou elle n'a aucun intérêt. En informatique, être performant ou ne pas être, voilà la question ; faire mieux ou disparaître.

Ce principe est vrai pour toute technologie nouvelle. Si l'on prend l'exemple de la voiture pour se déplacer, si elle n'allait pas tellement plus vite que la marche à pied, elle aurait été abandonnée depuis longtemps au regard de ce qu'elle coûte et de ses contraintes.

La maîtrise

Quand bien même ces trois principes de base seraient-ils respectés pour l'activité idéale, la prestation serait compromise si le professeur n'avait pas la maîtrise du processus, à la fois la maîtrise technique et la maîtrise pédagogique.

3.4.1. La maîtrise technique :

Il doit être capable de dominer la machine, d'en connaître les rudiments indispensables pour la conduite d'un ordinateur de bureau ou d'une salle informatique. Nul besoin d'être un ingénieur système. En règle générale, le professeur ne devra rien installer ni paramétrer, son gestionnaire de réseau fera le nécessaire à sa demande. En cas de difficultés, il doit pouvoir recourir à l'aide de l'administrateur informatique de son établissement. En fait, il lui faut

maîtriser les compétences de base en matière de logiciel et de système, avoir l'équivalent du "permis de conduire" de l'ordinateur tout comme il a celui d'une voiture. Et comme en tout, cette capacité s'accroîtra avec l'expérience.

3.4.2. La maîtrise pédagogique :

Il est assez facile d'acquérir une compétence technique, la maîtrise pédagogique est moins rapide. Elle doit s'acquérir par la formation initiale ou continue qui nous semble indispensable dans la conduite d'un processus d'enseignement plus complexe que le tableau et la craie. Et elle se consolidera et se développera par l'expérience. Il en est de la pédagogie informatique comme de la pédagogie tout cours : il est bon d'en être instruit, il est utile d'être guidé, mais rien ne remplace l'expérience personnelle et son propre apprentissage. Les sciences de l'éducation sont loin d'avoir percé tous les mystères de l'enseignement. Le savoir faire s'acquiert par la pratique dans le temps, par le retour répété sur la même séquence, par la correction des erreurs et des insuffisances et la progression par essais-rectifications. Et le rythme, dans l'enseignement est lent. Il est annuel. On n'enseigne une notion qu'une fois par an. L'apport théorique n'a que plus d'importance et de valeur.

Le temps

Une des contraintes des plus sévères est celle du temps. Le recours informatique ne doit pas faire perdre de temps. Il doit s'inscrire dans la durée consacrée à l'étude d'une notion en respectant le planning de l'accomplissement du programme. Une activité géniale qui occuperait trop de temps perdrait beaucoup en crédibilité et serait remise en cause. Le rapport efficacité/durée, c'est-à-dire le rendement, doit être favorable, voire bénéfique. Ou pour le moins, le recours informatique doit rester économique.

Nouvelles pratiques, nouvelles techniques

Comme pour tout acte d'enseignement, le choix est ouvert entre deux formes fondamentales de pédagogie : une pédagogie essentiellement *magistrale* et une pédagogie essentiellement *active* et autonome. Il en est de même en informatique, le même choix se pose. Avec un paradoxe cependant. Si dans l'enseignement courant, on pense plutôt à une pédagogie magistrale qui est la plus pratiquée dans les classes, en informatique, spontanément on pense au contraire à une activité en salle informatique, c'est-à-dire à une pédagogie active et autonome ! C'est ainsi que les décideurs ont pensé cette nouvelle technologie d'enseignement depuis le plan IPT en équipant des salles informatiques, en fournissant les infrastructures objectives d'un recours à une pédagogie active. Ce n'est pas la moindre des contradictions. Alors que les professeurs enseignent de manière magistrale, on leur a donné des ordinateurs pour faire de la pédagogie active ! Dans leur volontarisme moderniste, les décideurs y ont-ils pensé un instant ? Il est vrai qu'à l'époque, les matériels informatiques magistraux n'existaient encore. On comprend les déceptions et la lenteur désespérante de l'utilisation du parc informatique, objet de toutes les incitations et de multiples enquêtes.

Le recours magistral :

C'est pourtant lui le plus facile. Avec un vidéo projecteur, l'ordinateur est utilisé en classe comme un rétroprojecteur, avec la même aisance pédagogique, même si la technique est plus exigeante.

Le professeur est maître de la situation et contrôle par *empathie* le bon déroulement de la séquence, jugeant de son impact, dirigeant par le jeu des questions réponses les élèves vers l'objectif visé. Au pire, dans le cas d'un échec partiel ou total, il peut abandonner sa prestation et recommencer autrement de manière traditionnelle. Il travaille dans les mêmes conditions que dans son cours habituel.

La seule contrainte supplémentaire est de maîtriser la technique informatique et de prévoir une roue de secours en cas de problème majeur comme une panne, un plantage sévère ou un bug rédhibitoire, en prévoyant une activité traditionnelle de remplacement.

Le recours actif en salle informatique :

Il en va tout autrement en salle informatique où l'on se trouve de fait en situation de *pédagogie active et autonome* : chaque élève, seul ou par petit groupe, travaille de manière autonome sur un ordinateur. La situation pédagogique est beaucoup plus complexe. Ici, impossible d'improviser, de diriger et de contrôler en direct le travail des élèves, de modifier, de changer quelque chose. Quand les élèves sont sur les machines, inutile de s'époumoner et de se démener, ils échappent au professeur et s'investissent dans leur dialogue avec leur machine. Comme dans toute pédagogie active et autonome, tout doit être prévu à l'avance comme du papier musique.

La continuité :

Tout travail en salle informatique doit être conçu en *continuité* du travail de la classe. Il y a forcément un avant et un après. Il doit parfaitement s'intégrer dans le scénario général de l'étude de la notion. Si c'est un apprenticiel, au début de la leçon, si c'est un soutien ou une aide après le contrôle.

L'accompagnement et la mémorisation :

Il est faux de croire que la seule activité logicielle, clavier, souris et écran, puisse suffire à la validation du travail sur ordinateur. Il ne faut pas oublier que, dès que l'application est fermée ou que la machine est éteinte, le travail a disparu. Le travail informatique est ainsi, *volatil*. C'est pourquoi il faut l'enregistrer ou l'imprimer. Mais son enregistrement n'est pas plus accessible à moins de tout relancer. Quand à l'impression sur papier, elle est pratiquement impossible. Les élèves achèvent leur travail vers la fin de la séquence quasiment en même temps. S'ils imprimaient alors leurs travaux, à raison de deux minutes d'impression par poste, il faudrait au moins dix minutes (pour cinq postes par imprimante) pour obtenir les imprimés. L'heure serait dépassée et il faut penser au cours suivant. Dans les faits les impressions sont donc invisibles.

Mais ne pas mémoriser par écrit le travail sur ordinateur reviendrait à la même chose que de faire cours sans trace écrite des élèves. Sa conservation est tout à fait indispensable pour son exploitation ultérieure ou son évaluation. Elle est absolument nécessaire à la valorisation du travail informatique. La solution est d'accompagner tout travail sur ordinateur d'une fiche *-la fiche d'accompagnement-* sur laquelle pourront être retranscrites les informations essentielles, les résultats intéressants, les conjectures et formulations trouvées par l'élève et éventuellement les scores éventuels donnés par l'application.

Dans le cas du soutien informatique, la trace écrite ou imprimée est tout aussi utile et vitale surtout dans le cas d'une action systématique. D'autant que le décalage de cette activité avec la leçon ou le contrôle correspondant est souvent grand. Sa mémorisation matérielle, ce vecteur temporel, est indispensable pour aider la mémoire de l'élève, pour retrouver et réactiver les acquisitions.

L'évaluation :

Si les activités traditionnelles sont évaluées (travaux de recherches, devoir, contrôles) de manière formative ou sommative, le travail informatique doit l'être aussi de la même manière. Ne pas l'évaluer le dévalue et le relègue à un mode mineur, péjorativement décalé ou ludique, qui pourrait à terme remettre en cause le contrat didactique.

Dans le cas d'un apprenticiel, pendant la séquence, il est impossible de savoir ce qu'ont fait les élèves, ce qu'ils ont et ce qu'ils n'ont pas trouvé. On ne peut pas être derrière chacun. Pour connaître ce qu'il ont effectivement accompli il faut donc relever leurs fiches d'accompagnement et les évaluer évidemment de manière formative pour pouvoir ensuite engager la synthèse en tenant compte de ces résultats constatés.

Le soutien informatique n'échappe pas à la règle. Rien ne serait plus dévalorisant que de développer des activités informatiques de remédiation certes intéressantes mais gratuites ou inconséquentes. L'évaluation de ce travail informatique est indispensable. Elle est la preuve, en tant que telle, de la qualité de l'intégration et de la pertinence du recours informatique.

Dans le cas du soutien, l'évaluation est toujours double. D'une part les travaux de remédiation sont appréciés ou corrigés sur le champ par le logiciel sous la forme d'une évaluation immédiate, directe, de type formatif. D'autre part, il est intéressant de juger la qualité de cette remédiation sous la forme d'une évaluation différée de type sommatif, lors d'un contrôle ultérieur en classe.

La situation ne sera pas la même suivant qu'il s'agit d'une activité ponctuelle ou d'une action systématique. Si dans le cas d'une opération de soutien ponctuelle la sanction de l'exercice pourra intervenir lors d'un contrôle suivant, à brève échéance, il ne peut en être de même dans le cas d'une action systématique et régulière de soutien. Comment concilier et lier l'évaluation formative systématique donnée par le logiciel avec l'évaluation sommative faite en classe lors des contrôles? Cette dernière peut-être en effet beaucoup trop différée dans le temps ou décalée dans la progression pour être validante. A mon sens, à condition que cette activité soit justement et correctement intégrée et adaptée, elle doit-être évaluée sommativement en tant que telle comme un contrôle, d'une valeur égale.

Par exemple, dans le cas de l'ensemble logiciel SMAO de Chrysis qui gère très correctement les résultats des travaux des élèves sous la forme d'une évaluation de type formatif, le problème s'est posé de lui donner une évaluation sommative dans le cas d'une utilisation systématique sous la forme d'une heure année dans une classe spécialisée ou lors d'un Itinéraire de Découverte. La meilleure solution a été de donner à cette activité de soutien une note sur 20 équivalent à un contrôle par trimestre ou à la note de l'IDD pour le semestre. Voici, à titre d'exemple, une formule un peu compliquée mais qui tient compte à la fois du volume du travail, de sa qualité et de sa réussite (propre à SMAO), qui a permis de fournir l'équivalence :

$$\text{note}/20 = T\%MSR : 10 + \frac{\text{NEXE}}{\text{NMEXC}} \times 10$$

NEXE : nombre d'exercices effectués par l'élève dans la période considérée,

NMEXC : nombre maximum d'exercices effectués dans le groupe dans la même période,

T%MSR : taux du pourcentage moyen des scores de réussite réalisés par l'élève pour les NEXE exercices,

En règle générale, les résultats d'un tel calcul se sont révélés concluants et cohérents. Ils correspondent aux appréciations qualitatives tirées de l'observation du travail des élèves.

L'organisation :

En pédagogie informatique active impossible d'improviser, tout doit-être organisé à l'avance dans le cadre d'un véritable *scénario pédagogique* qui peut être écrit, fourni avec l'application (ce qui est rare chez les éditeurs) ou implicite. Depuis le choix du logiciel, de son installation, avec l'édition et la duplication des fiches d'accompagnement, la réservation de la salle à l'avance en fonction de l'avancement du programme, la formation des groupes d'élève, l'attribution des postes de travail, puis l'évaluation, la gestion de la durée et du suivi comme de l'exploitation éventuelle ultérieure à court terme de travaux ou à long terme, tout doit-être pensé rigoureusement, en tenant compte des conditions matérielles, du nombre de postes informatiques, de l'architecture de la salle informatique suivant qu'elle dispose ou pas d'une salle d'accueil équipée d'un poste magistral, etc.

Le succès vient de la bonne gestion, la plus exacte et la plus complète, des contraintes d'une telle opération. L'impréparation conduit au désastre.

Dans le cas du soutien, le professeur doit s'occuper en plus de l'ordonnancement des séances, du choix des activités pertinentes et de leur articulation avec le travail de la classe.

Dans certains cas limites, avec des classes difficiles, il peut être sage de s'abstenir. Le recours informatique demande un minimum d'adhésion, de participation positive. Face à une classe déstructurée, il peut être préférable de renoncer à un apprenticiel, qui reste une activité intellectuelle de réflexion exigeante. En revanche, il sera toujours opportun et heureux d'organiser du soutien informatique qui est plus adapté. Pour les raisons déjà données, le soutien peut marcher même dans les cas désespérés.

La durée :

Dans le temps imparti, la quantité de travail demandé doit être réaliste et sa densité rester acceptable pour un élève moyen tout en étant variable pour les élèves forts et faibles. Un certain volume de travail sera décrété obligatoire même si les élèves en difficulté auront du mal à le finir. Et les forts pourront s'attaquer à des exercices supplémentaires.

Le choix des activités ou leur organisation doit donc tenir compte du temps effectif mis à disposition des élèves. Un apprenticiel, par exemple, ne doit pas durer plus de 45 minutes compte tenu du temps d'installation et des consignes dans l'heure de l'emploi du temps (en fait 55 minutes). Ses travaux ne doivent pas dépasser cette durée pour un élève standard moyen. On prévoit aussi les rythmes différents de travail des élèves. Les rapides auront fini le travail obligatoire en avance. Il est indispensable de les occuper pour qu'ils ne perturbent pas ni ne gênent les autres grâce à des activités complémentaires *d'attente*. Et il faudra encourager et aider les élèves lents à avancer. Souvent ils s'attardent bêtement sur les premiers exercices ou jouent avec la souris ou les fonctionnalités du logiciel au lieu de répondre aux questions ; c'est typique alors que les bons élèves anticipent. En salle informatique, le professeur doit être le maître du temps.

Le suivi, la synthèse :

Le passage d'une activité informatique active à la synthèse ultérieure le cours suivant est une vraie difficulté.

Quand on a recours à un apprenticiel, on se heurte à une impossibilité pratique de pouvoir faire la synthèse et d'institutionnaliser *au fur et à mesure* chaque partie significative de l'apprentissage, en faisant la navette à chaque fois entre la salle informatique et la classe. Ce n'est possible que dans un recours magistral. Du coup apparaît une difficulté sensible entre la séquence informatique et la phase de synthèse qui suit : le décalage dans le temps.

L'étape de la synthèse doit à la fois exploiter des apports et acquis de la phase de recherche, assurer la transition entre la recherche active terminée et le cours magistral suivant pour réussir l'institutionnalisation du savoir.

La difficulté de passer de la séquence informatique en pédagogie active à la synthèse magistrale est due à plusieurs facteurs combinés de degrés et d'importances variables :

- La répétition d'un travail sur le même thème
- La poursuite d'un travail inachevé et interrompu
- Le décalage dans le temps du travail de découverte et son exploitation (un jour)
- Le passage d'une pédagogie active à une pédagogie magistrale
- Le passage d'un travail individualisé de l'élève à un travail collectif en classe entière
- Le passage d'une expérimentation individuelle à une élaboration collective
- Le passage du subjectif individuel à l'objectif collectif
- Le passage d'un enseignement autonome à un enseignement dirigé
- Le passage d'un enseignement programmé à un enseignement vivant
- Le passage d'un travail séquentiel intensif à un enseignement aléatoire extensif
- Le passage d'un travail de réflexion écrit à un travail d'expression orale
- Un travail considéré comme accompli par l'élève et incomplet et provisoire par le professeur
- Le décalage entre les élèves : les meilleurs ont pratiquement tout compris, ce qui n'est pas le cas de la majorité des autres élèves
- Le passage de la conjecture à la preuve.

Autant de décalages et de contradictions à résoudre finement, concrètement en fonction des réalités et des capacités de la classe.

Pour surmonter cette difficulté réelle, il convient de considérer la synthèse comme une activité *différente* et *nouvelle* qui ne doit pas répéter en moins bien la première séance de découverte. En dehors de retours nécessaires sur quelques erreurs et déficits répandus, cette phase doit véritablement être une activité collective et individuelle différente au travers d'exercices nouveaux qui mettent en oeuvre les acquis dûment évalués de la séquence informatique. Il faut s'appuyer sur les idées force qui ont été comprises et les développer pour les structurer et les mettre en oeuvre. Les retours opportuns sur les activités accomplies doivent être vues comme des évocations ou des apports utiles mais seulement quand ils sont indispensables. Les meilleurs élèves qui estiment avoir compris ne jouent plus forcément leur rôle moteur. Il peut être stimulant de les associer activement au déroulement de la séance d'institutionnalisation.

La part entre le retour sur le travail accompli par les élèves et celle des activités nouvelles de synthèse doit être estimé avec justesse et discernement par le professeur. Un dosage délicat qui ne doit ni lasser par la répétition stérile ni décontenancer par trop d'abstraction, n'être ni trop spontanéiste ni trop transmissif. Un équilibre qui dépend des qualités et défauts de la classe et du niveau qualitatif atteint lors de la phase de découverte précisément évalué à partir des fiches d'accompagnement relevées à l'issue de la séquence informatique.

Si l'on donne une note chiffrée sur 20 du score de réussite atteint lors de cette phase, on obtient en général, en se référant à notre expérience, une moyenne de l'ordre de 12 pour une mauvaise classe à 15 pour une bonne classe. Une appréciation qui repose sur le barème suivant : les quatre ou cinq activités obligatoires de l'apprenticiel sont notées sur 16 et les activités complémentaires (d'attente pour les plus rapides) sur 4.

En général, on peut s'apercevoir que les classes atteignent en moyenne les $\frac{3}{4}$ des objectifs cognitifs avec une proportion variable de 10 à 30% d'élèves qui obtiennent 100%. Cependant quelques élèves en difficulté n'arrivent pas à la moyenne. Dans la phase de

synthèse il faudra donc prévoir un apport magistral pour combler ces déficits tout en tenant compte de l'inégalité des résultats.

Une démarche intéressante et efficace pour la synthèse consiste à partir des objectifs cognitifs. Parvenir aux définitions générales et abstraites fixées comme objectifs à partir des apports expérimentaux des élèves. Par exemple pour l'étude d'une transformation géométrique, ses caractéristiques, sa définition, sa construction, ses propriétés peuvent être raffinées en interrogeant la classe sur leurs contenus. Les élèves, en s'appuyant sur leurs découvertes effectuées au moyen de l'apprenticiel et consignées sur leurs fiches d'accompagnement qui leur ont été restituées (surtout sans aucune correction), contribuent en éliminant les propositions fausses et en retenant les vraies, en affinant les formulations et en définissant le vocabulaire adéquat sous la direction bienveillante mais décisive du professeur qui pourra compenser en cas de défaillance ou d'incertitude.

La révolution de l'aide

Le recours informatique pour le soutien aux élèves en difficulté ou en échec sous la forme de séances organisées en salle informatique de manière systématique ou ponctuelle est une pratique répandue qui a fait depuis longtemps la preuve de son utilité, de son efficacité et de sa supériorité. En utilisant des logiciels du type SMAO, il est possible de combiner judicieusement et à la carte un apprenticiel de redécouverte de la notion, un tutoriel de révision du cours, une batterie d'exercices de remédiation évalués de manière formative par une score sous la forme d'un pourcentage de réussite (plus de 75%), et des jeux cognitifs d'attente pour les plus rapides. Au fil des nouvelles versions, ces activités se sont améliorées et affinées et sont devenues plus pertinentes.

Mais désormais, l'essor du réseau des réseaux, Internet, depuis deux ans, avec l'équipement des établissements et des familles en accès haut débit, la disponibilité de serveurs et de sites associatifs libres et gratuits, inaugure une nouvelle façon de faire travailler et d'aider les élèves. Il est maintenant possible d'envisager la continuité du travail informatique de l'élève dans l'établissement et à son domicile.

D'ores et déjà, on peut organiser avec des logiciels en ligne comme Mathenpoche de l'association Sésamath des devoirs maison en ligne sur une série d'exercices ou de problèmes judicieusement choisis à effectuer pendant une période donnée, avec une date butoir, à faire à la maison pour ceux qui sont équipés ou en salle informatique pour les autres lors de séances spéciales en dehors des cours sous la surveillance d'un adulte. Le devoir maison y gagne tous les avantages du recours informatique : interactivité, aide, correction immédiate, évaluation et gestion des résultats. Plus quelques autres : travail depuis n'importe quel point d'accès, n'importe quand et à son rythme. A partir de la base de données des résultats, le professeur n'a plus qu'à donner l'évaluation à sa convenance, par exemple sous la forme d'une note comme pour tout devoir maison.

Il est envisageable également, de la même façon, d'organiser un soutien individualisé, particulier pour des élèves en difficulté, en leur donnant tout au long de l'année des séries d'exercices de remédiation appropriés, suivis, évalués de la même manière.

Ainsi, peut-on aussi inscrire ses élèves sur le site de L'ASP de la MAIF qui donne un accès gratuit au site « Rue des écoles » pour pouvoir bénéficier d'une aide à la révision des cours et surtout une assistance à la résolution des exercices de tous les manuels de mathématiques. Une aide intéressante mais qui reste limitée au élèves de niveau moyen.

La valeur du recours informatique

Une technologie nouvelle d'enseignement, avec la complexité et la lourdeur de sa mise en œuvre particulièrement sensible en ce qui concerne l'informatique, ne peut s'imposer que si son utilisation apporte un avantage incontestable et appréciable. A cette condition seulement est consenti l'effort nécessaire d'apprendre cette technique et de l'appliquer. L'informatique pédagogique obéit à cette loi universelle.

L'intérêt du recours informatique dépend de la confrontation de facteurs favorables et défavorables. La formule suivante permet d'en donner une idée réaliste :

$$\text{Valeur du recours informatique} = \frac{\text{Performance} \times \text{Pertinence} \times \text{Maîtrise}}{\text{Complexité} + \text{Lourdeur} + \text{Temps}}$$

Performance : qualités intrinsèques du logiciel

Pertinence : degré d'adéquation du logiciel par rapport au besoin à satisfaire

Maîtrise : compétences technique et pédagogique du professeur

Complexité : complications propres à l'utilisation du logiciel ou de l'ordinateur

Lourdeur : somme des contraintes matérielles et organisationnelles de la séquence informatique

Temps : durée de l'accomplissement de l'activité / temps normalement consacré

Comme l'indique le produit de cette formule, les trois facteurs favorables, performance, pertinence et maîtrise sont dépendants entre eux. Si l'un des facteurs est nul, la valeur du recours le sera aussi. Par exemple, si une activité performante tout à fait pertinente se déroule sans aucune maîtrise technique ni pédagogique, l'exercice sera très périlleux et au moindre problème, ce sera la catastrophe. Une bonne activité bien maîtrisée mais inopportune, décalée et à côté de la plaque, tombera dans la futilité. Enfin une activité adaptée et maîtrisée mais peu efficace sera sans intérêt.

Au diviseur, les contraintes inévitables qui sont autant d'éléments défavorables qui hypothèquent, contrarient, amoindrissent le rendement général. Si la complexité de l'application est trop grande, elle sera abandonnée à terme ou remplacée par une autre plus simple. Si la lourdeur de l'organisation est excessive, quelque soit la valeur de l'activité, passée la période de l'expérimentation et de l'acharnement, elle ne sera pas renouvelée. Enfin, si la durée de l'activité est trop longue, sa valeur sera diminuée d'autant. Plus elle sera proche du temps normalement consenti, meilleure sera-t-elle. Car en pédagogie informatique, on peut distinguer trois périodes dans la mise en œuvre d'une activité :

Première période : l'essai expérimental pour se rendre compte, pour lequel on est prêt à beaucoup d'efforts, d'empressements, de complaisance et de perte de temps.

Deuxième période : celle de l'acharnement, quand on insiste et qu'on renouvelle l'expérience, même contre vents et marée, même si sa valeur est douteuse.

Troisième période : la période normale, ordinaire, durable, où l'effort reste mesuré, limité et repose sur cette loi universelle, un investissement minimum pour un rendement maximum.

La réponse indicative donnée par la formule donnera à terme la valeur opérationnelle d'une activité informatique qui pourra dépendre des qualités et de l'abnégation de chacun, mais qui, en moyenne, dans l'ensemble, fera qu'une application connaîtra le succès alors que d'autres disparaîtront de la scène.