

RÉFLEXION SUR LES APPORTS DIDACTIQUES, MÉTHODOLOGIQUES ET PÉDAGOGIQUES DE L'EXPÉRIMENTATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR EN SITUATION DE CLASSE

Jean-Paul LEMAITRE

L'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) commence à être une réalité dans l'enseignement de la Biologie au lycée et on peut maintenant se faire une idée assez précise des apports de ce nouvel outil pédagogique. Dans les lignes qui suivent, nous envisagerons la situation favorable où le laboratoire de Sciences Naturelles est parvenu à se doter (ou à se faire doter) d'un minimum de 4 chaînes de manipulation complètes (6 postes effectifs étant évidemment préférable) mis à la disposition d'un groupe d'élèves en séance de travaux pratiques, ce qui représente un système d'expérimentation pour 3-4 élèves environ ; c'est en effet dans cette configuration que l'apport de l'ExAO est le plus formateur, même s'il ne faut pas négliger un certain nombre de séances de travaux pratiques où des postes de manipulation tournants mettent en parallèle une activité traditionnelle et une activité d'ExAO.

1. APPORTS DIDACTIQUES

Le point le plus intéressant réside dans la possibilité de faire réaliser, par les élèves, un certain nombre de documents indispensables à l'étude de sujets qui jusqu'alors n'étaient pas ou difficilement accessibles dans le cadre des lycées. Citons par exemple (cette liste n'est évidemment pas exhaustive) :

- Une approche concrète de l'exploration électrophysiologique chez l'Homme avec la possibilité de réaliser des électrocardiogrammes ou des électromyogrammes de qualité, et ce en un temps limité
- Une étude de quelques tests de médecine sportive tels que le test de Ruffier-Dickson, la mesure de la capacité vitale (et de ses diverses composantes) ou du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS), et ceci sur l'ensemble des élèves d'une classe

- Une approche de la notion de métabolisme énergétique avec la visualisation de l'augmentation de la consommation d'oxygène en fonction de l'activité musculaire et une prise de conscience aisée de la notion de dette d'oxygène au cours de l'effort (ou d'une apnée prolongée)
- Une étude, certes délicate mais envisageable, de l'étude du message nerveux au niveau de nerfs d'Invertébrés tel que le Crabe ainsi qu'une approche des caractéristiques d'un centre nerveux avec l'étude de la variation d'un message le long de la chaîne nerveuse d'Insectes (Blatte)
- Une approche de l'étude de certains comportements animaux (comportement du Grillon) avec une possibilité d'enregistrement du chant, d'analyse des caractéristiques du chant et d'une simulation de chants de synthèse
- Un accès à l'étude de certaines réactions biochimiques au niveau cellulaire (avec la Levure de bière) et intracellulaire (expérience de Hill sur des extraits cellulaires contenant des chloroplastes, travail sur la chaîne respiratoire de mitochondries isolées)
- Une étude possible de certaines réactions biochimiques au niveau moléculaire (réactions enzymatiques avec variations de la densité optique du mélange)
- Une analyse fine et précise des spectres d'absorption de pigments isolés (chlorophylles a et b, xanthophylles) à partir de solutions pigmentaires brutes de divers végétaux - voir la technique préconisée dans le bulletin Echanges n°4 (Juin 91) du CRDP de l'académie de Versailles.

Toutes ces expérimentations sont réalisées par les élèves dès lors qu'ils ont acquis une certaine maîtrise du matériel. Les matériels proposés par les constructeurs ainsi que les logiciels disponibles sur le marché sont actuellement bien conçus, aisés d'accès et l'expérience prouve qu'en une séance, les élèves du second cycle sont capables de développer une indépendance suffisante vis à vis du matériel. La fiabilité et la qualité des résultats obtenus dépend et dépendra toujours de la capacité de chaque groupe à manipuler correctement et proprement.

2. APPORTS MÉTHODOLOGIQUES

2.1. L'une des caractéristiques intéressantes de l'expérimentation assistée par ordinateur est la rapidité avec laquelle les données sont collectées. Cette rapidité d'acquisition des données (une expérimentation dépasse rarement un quart d'heure) permet d'envisager plusieurs mesures, éventuellement dans des conditions différentes, en une seule séance.

2.2. Chaque résultat peut être immédiatement sauvegardé ; des comparaisons au sein du même groupe, mais surtout entre des groupes différents (par transferts de fichiers de valeurs) sont possibles. La mise en réseau du laboratoire de Sciences Naturelles facilitera et donc banalisera, dans un avenir proche, cette pratique des échanges de résultats entre postes informatisés.

Par ailleurs, les capacités de mémoire des disques durs autorisent la création de vastes banques de données (une bibliothèque des résultats propres au laboratoire) réalisées par les élèves :

- Par exemple, définir la consommation en oxygène de sujets au repos et partant, de définir par une approche statistique la dépense énergétique moyenne d'adolescents de même âge, de même sexe, de même stature ...
- Ou encore comparer la consommation en oxygène d'un même animal utilisé par toutes les classes d'un lycée pour les manipulations sur la respiration en fonction des conditions thermiques du milieu ...

Cette initiation à l'approche statistique d'un phénomène biologique ou physiologique redonne toute sa signification à la collecte de mesures en Biologie. Le cas particulier est fondu dans l'ensemble des mesures effectuées. Par ailleurs, cette bibliothèque de résultats, toujours disponible, reste accessible au cours de séances de travaux pratiques mais aussi pendant les cours qui peuvent alors s'organiser autour des données "construites" par les élèves.

2.3. Par ailleurs, l'utilisation fréquente de l'ordinateur dans le cadre de la collecte de données, certes, mais surtout dans le traitement de ces données, permet de situer l'appareil à sa juste place vis à vis de l'expérimentateur, vis à vis du futur citoyen qu'est l'élève. Quelque soit la qualité des manipulateurs, le logiciel utilise les données recueillies et fournit une réponse ; le constat de certains résultats aberrants affichés

par l'appareil stimule le bon sens de l'élève et lui permet de prendre le recul indispensable quant à "l'infaillibilité" de l'ordinateur.

2.4. De plus, la nécessité d'avoir à choisir les graduations des axes des graphes envisagés, la possibilité (et souvent la nécessité) de modifier ces valeurs pour que le graphe enregistré soit significatif font que l'élève s'approprie efficacement et définitivement la représentation graphique.

2.5. Enfin, il est relativement aisé d'amener l'élève à établir un parallélisme entre une chaîne d'ExAO et certains dispositifs d'imagerie médicale. Ceci est nettement valorisant... pour le corps enseignant !

3. APPORTS PÉDAGOGIQUES

Nous ne faisons que commencer à découvrir ce type de matériel, mais déjà de nombreux points positifs se dégagent.

3.1. Un élève qui sort d'une section scientifique doit être un expérimentateur aussi compétent que possible. Il doit dominer la démarche expérimentale, ce qui implique qu'un apprentissage effectif et efficace soit réalisé dans notre enseignement. Les moyens offerts par l'ExAO facilitent grandement l'atteinte de cet objectif.

Comme l'initiation à la manipulation de la chaîne d'ExAO est aisée et rapide, l'élève acquiert facilement l'indépendance souhaitée ; cette indépendance l'oblige à pratiquer une démarche expérimentale d'autant plus rigoureuse que le professeur limite peu à peu son intervention et le conduit progressivement de la conception partielle de l'expérience jusqu'à l'exploitation de ses résultats ; une autonomie de l'élève s'instaure peu à peu et l'on constate qu'assez rapidement une divergence des groupes de TP s'installe : il est rare que tous les groupes aboutissent un même protocole lorsqu'on les place devant un même problème. Cette indépendance oblige à une attention plus constante, développe une forme d'autodiscipline et d'entraide dans le groupe, incite à l'esprit d'initiative.

3.2. Mais c'est probablement dans la relation professeur-élève que les changements sont les plus visibles.

Il est d'abord évident que l'intérêt de l'élève, et partant son attention, est avivé par l'ExAO :

- de part la compétence de certains de nos élèves pour ce qui touche à l'informatique, il se crée des situations nouvelles, souvent valorisantes pour le lycéen : si le professeur maîtrise le domaine scientifique abordé, l'élève est souvent capable de résoudre certains

problèmes de "machine". Cette coopération professeur-élève modifie profondément le climat des classes en favorisant la mise en place d'un dialogue nouveau.

- surtout, grâce à la rapidité déjà évoquée de la prise de données, le droit à l'erreur est restauré avec toute son efficacité formative : on identifie l'erreur, on tente d'y remédier et on a la possibilité (car on a le temps nécessaire) de recommencer.
- la constitution de banques de données, la possibilité d'avoir accès à une bibliothèque de mesures enregistrées font que l'obtention de résultats directement exploitables n'est pas un objectif prioritaire de ces séances. L'élève peut donc travailler à son rythme, accéder à des résultats considérés comme convenables pour identifier ses causes d'échecs, résultats qui resteront de toute façon disponibles ; il n'hésite pas à recommencer une manipulation.
- durant le déroulement d'une expérience, la saisie automatique des mesures libère l'élève de la collecte des données (l'évolution en direct des résultats, sous forme graphique, ne mobilise plus l'attention à des tâches annexes) et, loin de le laisser passif, stimule sa réflexion ; l'observation des variations du paramètre étudié génère la naissance de questions, fait réfléchir sur la pertinence du protocole adopté, favorise la recherche d'expériences voisines ou connexes. L'attente de l'élève s'apparente à celle du chercheur qui attend une confirmation ou une infirmation de l'hypothèse testée. Une fois la saisie des mesures effectuée, des comparaisons peuvent s'établir avec les groupes voisins, des critiques sont formulées... la démarche expérimentale est pleinement en marche.

4. L'OPINION DES INTÉRESSÉS

Pour terminer, donnons la parole aux intéressés : à la suite d'une enquête réalisée auprès d'élèves de plusieurs classes de 1^{ere} S ayant manipulé de manière régulière des chaînes d'ExAO, voici quelques unes des remarques collectées qui permettent de sentir les profondes modifications pédagogiques qui sont introduites par ces pratiques :

- L'ordinateur ¹ rend "vivantes" les séances de travaux pratiques

¹ Les élèves emploient le mot ordinateur pour parler de la chaîne d'acquisition informatisée ; c'est une réduction fréquente contre laquelle il convient de lutter.

- L'ordinateur permet de faire des mesures précises, de voir sur le champ l'évolution du phénomène étudié : c'est passionnant!
- L'ordinateur concrétise des expériences qui étaient étudiées jusqu'ici sur des documents des livres ; il est plus intéressant de faire un document plutôt que de le trouver dans un livre
- On fait des expériences sur soi et on peut disposer de son propre graphique, de ses propres résultats
- C'est nous qui faisons nos propres documents, on peut les emporter avec soi et ils sont aussi bons que dans les livres!
- L'ordinateur nous oblige à ne pas faire d'erreurs
- On comprend mieux les enregistrements graphiques car on les voit se faire (remarque : de nombreux élèves "s'approprient" réellement la représentation graphique au cours de ces séances)
- L'ordinateur permet de faire rapidement des calculs compliqués sur de nombreuses données (ex. calcul de la dépense énergétique)
- L'ordinateur réalise de manière amusante des expériences complexes, difficiles à comprendre au premier abord ; ça facilite la compréhension
- L'ordinateur permet de faire des cours d'une manière différente, plus intéressante.

5. BILAN

L'intérêt suscité auprès des élèves par ce nouvel outil valorisant l'enseignement expérimental est une incitation à le généraliser. A l'évidence, l'expérimentation assistée par ordinateur responsabilise davantage l'élève, favorise son autonomie, développe son esprit d'initiative et son esprit critique, valorise ses possibilités. Avec l'utilisation d'une chaîne informatisée de collecte des données en Biologie, l'élève participe activement à la construction de son savoir et en prend conscience.

Jean-Paul LEMAITRE
 Professeur au Lycée Hoche
 Point Pilote en ExAO
 CRDP de Versailles