HANAT François
LII Physique parcours Chimie

M.O.E. 2
Mme Riquet

L'INFORMATIQUE en SCIENCES PHYSIQUES

Pôle Scientifique
Saint Leu

2004/2005
U.P.J.V

SOMMAIRE

Page…

⇒ Introduction ---------- 1

I. Introduction de l'ordinateur dans l'éducation ---------- 2

1. Historique ---------- 2

2. Usage de l'informatique ---------- 2

II. L'ordinateur dans la pédagogie ---------- 4

1. Rôle du professeur ---------- 4

a. L'informatique, un choix ---------- 4
b. L'apprentissage de ces nouvelles technologies ---------- 4
c. Le travail de préparation ---------- 4

2. Intégrer l'ordinateur dans sa pratique pédagogique ---------- 5

a. Convaincre l'élève que l'ordinateur est son outil ---------- 5
b. Apprendre à l'élève à utiliser l'ordinateur ---------- 6
c. Entre modernité et tradition ---------- 7

3. Atouts pour l'enseignement des Sciences Physiques ---------- 8

a. Refléter la réalité des sciences ---------- 8
b. S'affranchir des barrières mathématiques ---------- 8
c. Centrer la réflexion sur la physique ---------- 9

III. L'Expérimentation Assistée par Ordinateur ---------- 11

1. La démarche expérimentale par l'ordinateur ---------- 11

2. Un poste EXAO ---------- 12

a. Les capteurs ---------- 13
b. L'interface ---------- 14
c. Les logiciels ---------- 14
d. Communication ---------- 14

3. Les grandes étapes de l'EXAO ---------- 15

a. Acquisition ---------- 15
b. Traitement ---------- 16

⇒ Conclusions ---------- 18

⇒ Bibliographie ---------- 19

⇒ Annexes

1. Le lycée d'Hirson ---------- 21
2. L'option MPI ---------- 22
3. TP Informatisé ---------- 23
4. L'énergie mécanique grâce à l'ordinateur ---------- 24

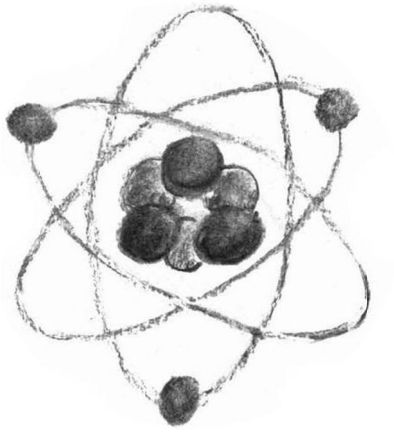
INTRODUCTION

Depuis quelques années, on trouve dans les laboratoires de sciences physiques des lycées, entre des bobines de Helmholtz et des éprouvettes graduées, des ordinateurs. Et contrairement à d'autres matériels, ils ne sont pas recouverts de poussières, signe d'une utilisation plutôt fréquente ! On trouve même des « salles informatiques » dans les bâtiments, dont certaines sont réservées exclusivement à l'enseignement des sciences physiques. Les élèves voient souvent que leur énoncé de travaux pratiques fait appel à l'utilisation de l'ordinateur, parfois sans toucher au traditionnel voltmètre ou à un simple thermomètre au mercure.

Comment l'ordinateur a-t-il pu pénétrer dans un lycée ? Pourquoi et comment un professeur peut-il l'intégrer dans sa pratique pédagogique ? Quels atouts l'informatique peut-elle apporter à l'enseignement des sciences physiques, et donc aux élèves ? En pratique, comment utiliser l'ordinateur pour réaliser des expériences ?

Ces questions sont légitimes, puisque partout en France, les lycées dotent de plus en plus les Sciences Physiques de matériel informatique. Mes stages de MOE 2 ont donc été effectués en suivant ces interrogations, dans le lycée Joliot-Curie d'Hirson (*annexe 1*). En effet, ce lycée propose aux élèves une option appelée MPI (Mesures Physiques et Informatiques, *annexe 2*), disposant pour ce faire d'une salle informatique totalement orientée vers l'utilisation de l'ordinateur dans l'étude de la Physique et de la Chimie. De plus, j'y ai été lycéen, alors que les premiers élèves étaient accueillis dans cette salle. Il avait donc toutes les raisons pour m'attirer en vue d'apprécier le rôle de l'informatique dans les Sciences Physiques.

La thématique de mes stages a elle été choisie en suivant mes goûts respectifs pour l'informatique en tant qu'outil et pour les sciences physiques. De plus, je voulais réfléchir à l'avance sur la manière d'intégrer l'ordinateur dans mon enseignement, puisque le conseil régional s'est engagé à nous fournir un ordinateur lorsque nous intègrerons l'IUFM.



I. Introduction de l'ordinateur dans l'éducation

1. Historique

Au début des années 1980, l'ordinateur commençait à apparaître ici où là dans les écoles. Le gouvernement socialiste de l'époque accéléra le mouvement, en lançant en janvier 1985 le plan « informatique pour tous ». Les objectifs étaient triples :

- Ø Initier tous les élèves à l'informatique, en permettant à chacun d'accéder à un ordinateur dans sa commune, pour l'égalité des chances,
- Ø Etendre cet accès à tous les citoyens,
- Ø Former correctement tous les acteurs de l'enseignement.

Un autre objectif de ce plan, moins officiel, était de redynamiser l'industrie informatique française. Ainsi, tout le matériel fut acheté à des groupes français (notamment Thomson).

Avec 2 milliards de francs de budget, ce plan d'envergure nationale était ambitieux pour l'époque. Avec le recul, on le considère aujourd'hui comme un échec. De la formation mal gérée des enseignants au manque de logiciels éducatifs, il ne s'ensuivit globalement qu'une accumulation de poussières sur les machines dans les écoles.

Même Thomson ne bénéficia pas réellement de ce plan, puisqu'il se retira de l'informatique quelques années plus tard…

Le changement de gouvernement fut fatal au plan IPT, et la réduction des moyens accordés à l'éducation conséquente.

La lente prise en compte de l'importance des Technologies de l'Information et de la Communication (TICE) au cours des années 1990 fut appuyée par les collectivités territoriales. La décentralisation rendit possible une introduction disparate mais conséquente de l'ordinateur à l'école.

En ce qui concerne les sciences physiques, des pôles d'excellence dans l'informatique pédagogique se construisirent. On y trouva des enseignants qui ont intégrèrent l'ordinateur dans leur pédagogie très tôt, et qui travaillèrent à utiliser l'ordinateur dans le plus de domaines possible de la discipline. Leur rayonnement s'étendit peu à peu, et grâce à des partenariats avec des sociétés informatiques privées (Apple, etc), des logiciels pédagogiques adaptés virent le jour.

En 1993, le recours à l'ordinateur fit son entrée dans les programmes d'enseignement.

Les Fournisseurs de l'Education Nationale, Pierron et Jeulin, comprirent l'enjeu du marché, et se sont centrèrent sur les produits informatiques. A des prix toujours aussi élevés, ils proposèrent des solutions néanmoins utiles dans l'informatique scientifique. Les laboratoires des lycées durent et doivent encore passer quasi-exclusivement vers ces entreprises pour se fournir en matériel d'expérimentation par ordinateur, les enseignants devant donc remuer ciel et terre pour disposer de l'argent nécessaire à l'achat de matériel.

2. Usage de l'informatique

L'ordinateur est aujourd'hui un outil quotidien dans les établissements scolaires.

Tout est informatisé. Un fichier informatique des élèves permet la gestion des absences, des examens. Les emplois du temps sont préparés grâce à des logiciels dédiés, les notes des élèves sont entrés dans la base de données de l'établissement, qui permet de sortir les bulletins de notes des élèves, de tracer des courbes statistiques pour chaque élève pour cerner ses difficultés.

Dans les salles de cours, certains enseignants utilisent la vidéo-projection numérique de cours qu'ils ont préalablement préparés sur ordinateur : tous les médias sont permis (image, son, vidéo).

Désormais, beaucoup d'établissements disposent d'une salle informatique, connectée à Internet, pour faire passer le B2I (Brevet Informatique et Internet) et le C2I (Certificat Informatique et Internet) aux élèves.

Les Centres de Pédagogie mettent désormais à disposition des ressources informatiques. Sur Internet, le portail Educnet fait référence en matière de ressources informatiques pour l'éducation.

De nos jours, on prête même des ordinateurs portables à des élèves !

L'informatique est bien une réalité dans l'éducation. Mais attachons-nous à la spécificité de son utilisation en Sciences-Physiques.

II. L'ordinateur dans la pédagogie

1. Rôle du professeur

Lors de mes stages, la question de l'investissement personnel de l'enseignant dans l'informatisation de la discipline m'est venue à l'esprit. Il apparaît qu'intégrer l'ordinateur en sciences physiques est difficile, la charge de travail ainsi que tous les problèmes engendrés sont significatifs. De plus, le choix de l'ordinateur n'est pas général, tous les enseignants ne l'utilisent pas couramment dans leur enseignement.

a. L'informatique, un choix

A la lecture des textes officiels, un début de réponse nous est donné quant à la disparité du choix de l'ordinateur. Bien que les objectifs pédagogiques soient identiques pour tous les élèves, les choix des méthodes et des démarches pédagogiques relèvent de l'initiative et de la responsabilité de l'enseignant. Cette instruction d'ordre général dans l'éducation a pour cause la diversité des situations d'enseignement. Diversité des enseignants et des élèves, diversités des situations et des savoirs à transmettre ; cette variété de cas implique de donner aux enseignants leur liberté d'action. Ainsi, on ne peut obliger un enseignant à utiliser l'ordinateur tant que ce n'est pas inscrit dans le programme. S'il le choisit, il en sera de sa responsabilité, à lui de l'exploiter au mieux pour la qualité de son enseignement dispensé aux élèves.

Bien que les programmes proposent d'utiliser l'informatique, l'éducation nationale parie plus sur l'enseignant. Le support informatique n'est pas jugé comme un outil bon ou mauvais, car sa valeur éducative dépend de sa mise en œuvre et de son exploitation par le professeur. Elles doivent être raisonnées, sans quoi l'élève n'en retirerait aucun avantage par rapport à un apprentissage classique. Cela ne veut pas dire qu'il faut limiter l'utilisation à des situations ponctuelles, mais qu'il doit y avoir un travail préalable de préparation et d'explication à l'élève. Nous y reviendrons dans la partie suivante.

b. L'apprentissage de ces nouvelles technologies

La liberté de choix lui étant offerte, il faut à l'enseignant s'armer de courage et de patience. Bien que les solutions achetées par les laboratoires soient désormais livrées « clef en main », les enseignants doivent s'approprier ces systèmes. Mode d'emploi, essais préalables par difficulté croissante,… Dans une matière ou l'expérience est reine, voilà des occasions aux professeurs d'appliquer ce qu'ils enseignent ! Les enseignants qui se sont engagés dans cette voie l'assument complètement, et savent que les heures passées à apprendre à utiliser les logiciels et matériels sont payantes.

Il est clair que ce support est d'autant plus facile à intégrer que l'on maîtrise personnellement l'informatique. L'utilisation courante de l'ordinateur pour la frappe de documents, le surf sur Internet sont déjà fort utiles. Mais des savoirs matériels peuvent également être très utiles ! Pour compléter ces compétences, les enseignants peuvent également choisir des stages dans le domaine de l'expérimentation assistée par ordinateur, pour apprendre comment utiliser l'ordinateur dans d'autres domaines des sciences physiques.

c. Le travail de préparation

Le travail de préparation est commun à toute autre situation d'enseignement, comme un cours ou une séance d'exercice. Préparer pour avoir une vision globale de futur travail de l'élève, pour imaginer tout problème auquel l'élève pourrait être confronté, pour anticiper

toute réactivation de connaissance que l'élève aurait oubliée, bref, ce travail est essentiel, et convient tout autant pour des séances informatisées.

Le matériel est nouveau, l'enseignant doit se l'approprier. Le temps à passer pour informatiser un TP peut être assez conséquent. Durant mes stages, on m'a proposé de m'en rendre compte par moi-même en informatisant une manipulation de chimie (*annexe 3*). Quatre heures me furent nécessaires pour y parvenir. De l'élaboration des solutions au dosage (détermination des concentrations des solutions préparées), en passant par l'informatisation de l'acquisition, le travail nécessaire pour l'enseignant est important.

Les principaux problèmes, auxquels l'enseignant est confronté, sont d'ordre technique. Faire que le capteur soit bien utilisé, faire que les informations données soient cohérentes et exploitables. Tous ces réglages sont difficiles et parfois fastidieux, la patience est indispensable !

Bien sûr, le temps mis pour préparer un TP est de plus en plus court. Les enseignants apprenant à utiliser de manière efficace le matériel, et usant de leur expérience pour aller droit au but, il vaut mieux pour les enseignants débutants qu'ils y soient préparés dans leur formation. Mes stages m'aideront sûrement sur ce point à l'avenir !

2. Intégrer l'ordinateur dans sa pratique pédagogique

Toutes les brochures diffusées par les Centres Nationaux de Documentation Pédagogique (CNDP) ne donnent des informations que sur les expériences réalisables par ordinateur, mais rien sur la manière de gérer au quotidien l'ordinateur pour les sciences. Cependant, il n'est pas si simple de savoir présenter l'ordinateur à ses élèves, savoir comment apprendre à l'élève à l'utiliser, et comment savoir appréhender l'ordinateur vis-à-vis du matériel classique. Voici ce que mes stages m'ont appris.

a. Convaincre l'élève que l'ordinateur est son outil

Face à l'ordinateur, les élèves ont des comportements particuliers. Entre timides et intrépides, le professeur peut quand même compter sur l'attrait que l'ordinateur exerce sur la majorité ! Les appréhensions des élèves sont plus souvent dues à la physique qu'à l'informatique. Mais l'ordinateur peut aider à lutter contre ce dégoût pour la matière. Faire de la physique avec un outil qui est de leur génération a deux avantages :

- il est plus facile et plus plaisant pour l'élève de le manier et de résoudre des problèmes avec son aide,
- la discipline peut retirer de l'informatique une nouvelle image moderne et positive.

Ainsi, il faut savoir présenter l'ordinateur dans cette optique, c'est-à-dire comme un outil, un outil que les élèves peuvent maîtriser et comprendre, pour résoudre leurs problèmes de physique. Les élèves de seconde MPI eurent d'ailleurs une grosse surprise de voir leur enseignant manipuler vigoureusement certaines pièces, comme un disque dur, une carte d'acquisition ou encore une webcam. Stupeur dans les rangs. « Pourquoi prend il si peu de précaution, ce doit être si fragile ! ». L'enseignant ne voulait évidemment pas dire qu'il ne fallait pas faire attention au matériel ! Il voulait en les choquant leur apprendre deux choses :

- l'élève est maître de son matériel, il a le pouvoir sur son ordinateur,
- l'ordinateur n'est pas une boîte précieuse et mystérieuse.

Il veut ainsi habituer les élèves à ne pas être bridés par le matériel, à oser le manipuler pour travailler. Il faut que l'élève soit confiant et entrepreneur à sa paillasse, dans une discipline où l'expérience est reine, et où les problèmes sont légions ; garder une aura autour d'un matériel serait des plus anti-productifs pour l'apprenant.

Ne pas rebuter l'élève avec l'ordinateur est donc chose faite, reste à attirer l'élève vers la machine ! Le discours des enseignants aux élèves est à ce sujet très clair. Ils gagneront en qualité de (re)présentation, ils seront soulagés de tâches rébarbatives (mesures, tracés à répétition), et parfois même en temps ! Nous détaillerons ces points dans l'étude de l'EXAO.

b. Apprendre à l'élève à utiliser l'ordinateur

Les élèves ont rarement un parcours similaire. D'un établissement à l'autre, l'accès à l'informatique aura été plus ou moins été possible, décentralisation oblige. Sans parler de fracture numérique, il existe toutefois des disparités qui nécessitent d'apprendre à tous les élèves à utiliser l'ordinateur. Il faut à la fois réparer le passé et préparer l'avenir de l'élève.

Est-il possible de mettre tous les élèves au même niveau dans ce domaine ? L'ampleur de la tâche paraît importante, puisque le recours à l'ordinateur n'est pas une obligation ; au sein d'un même établissement, des différences pourront donc exister. Même si l'ordinateur n'est pas encore globalement accepté, la solution est peut être celle-ci.

L'arrivée d'un appareil dans l'enseignement des sciences physiques il y a quelques années fit beaucoup de bruit. L'oscilloscope, un monstre dans l'étude de l'électricité, était admis dans les pratiques de tous. Quand on regarde aujourd'hui l'apprentissage de son utilisation, on remarque que des séances de travaux pratiques (TP) sont entièrement consacrées au maniement de ses multiples boutons.

Pourquoi ne pas faire de même avec l'ordinateur ? Tout comme l'oscilloscope en son temps, l'ordinateur a révolutionné les pratiques scientifiques et industrielles. La qualité de la formation de l'élève peut donc à juste titre demander de telles initiatives. Des « TP ordi » s'ils faisaient leur apparition rendraient les mêmes services que les « TP oscillo », et le gain de temps lors des séances suivantes serait non négligeable.

Reste le problème du programme. On aura toujours une bonne raison de dire que l'on n'a pas le temps d'accorder une séance complète à l'ordinateur. Soyons pragmatiques. Si le temps ne le permet pas, faisons ainsi : on donne un T.P informatisé aux élèves, avec dessus un protocole très détaillé sur le réglage de l'ordinateur pour l'acquisition. Ainsi, l'élève aura utilisé la machine, et même si elle n'aura pas une vision aussi globale que s'il avait effectué ce « TP ordi », il l'aura tout de même utilisé. Gageons que la répétition de ce mode de travail aura le même effet sur le long terme !

Le problème de temps est bien réel. Ainsi, pour des élèves qui utiliseront l'ordinateur pendant tout leur cursus au lycée en sciences physiques (Baccalauréats Scientifiques), il faut qu'ils aient toujours le même support, la même base de travail. Précisément, il faut utiliser le même logiciel d'acquisition sur les trois niveaux du lycée. En effet, ce logiciel est la plaque tournante de toute l'acquisition. Souvent compliqué, il est indispensable pour régler les paramètres d'entrée et exploiter les valeurs expérimentales. Utiliser des logiciels différents entraînerait des pertes de temps pour différentes raisons :

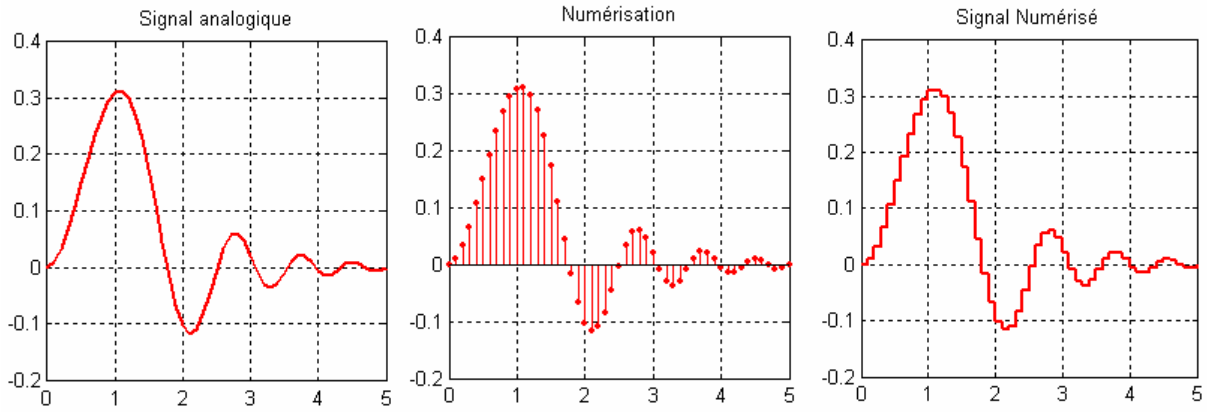
- Ø des explications et des rappels seraient nécessaires à chaque changement,
- Ø la diversité empêcherait d'avoir des connaissances moins pointues sur les fonctionnalités du logiciel de la part des enseignants.

En assistant aux séances de TP informatisées, une difficulté des professeurs était flagrante. Les élèves oublient beaucoup de techniques déjà utilisées. De plus, même un bref rappel ne leur permet pas de réactiver ce qu'ils ont appris ! Lors de mes stages, des élèves de 2nde MPI ne se rappelaient plus de l'exécution de la régression linéaire sous Excel, méthode qu'ils avaient déjà appliquée le trimestre précédent. Mais en leur remontrant la démarche, aucun ne sembla s'en souvenir !

Face à cela, comment faire ? Dans la mesure où ces actions ne sont pas marginales, où elles sont régulièrement sollicitées dans un TP, on peut imaginer de créer un fascicule regroupant toutes ces techniques. Sa consultation serait libre, on ferait ainsi appel à la

propre initiative de l'élève, dans le cadre de résolution d'un problème. De plus, on aiderait l'élève à travailler en toute autonomie ! Tous les professeurs pourraient participer à l'élaboration de ce fascicule, pour aboutir à un document complet.

On peut envisager d'expliquer un aspect du fonctionnement de l'ordinateur. Pour passer d'un signal analogique à un signal numérique, le CAN (Convertisseur Analogique-Numérique) entre en jeu. Cette étape fondamentale a peut-être sa place dans l'explication de l'ordinateur. La fin étant de sensibiliser l'élève aux problèmes de la fréquence d'échantillonnage qu'il peut rencontrer. Par exemple, l'étude d'un signal d'une fréquence de 1000 Hertz avec une fréquence d'échantillonnage de moins de 2000 Hertz posera problème. Néanmoins, ce cas extrême est très peu fréquent au lycée, il conviendra donc de n'en parler que si le problème apparaît effectivement ! L'explication pourra donc se borner à ce type de schéma :



Ainsi, l'élève comprendra qu'il ne manipule pas une infinité de valeurs, mais plutôt une suite de valeurs discrètes, définition du numérique.

c. Entre modernité et tradition

Quelle est la limite à l'informatisation ? A trop vouloir moderniser les techniques d'apprentissage, ne risque-t-on pas de négliger les savoir-faire techniques fondamentaux ?

Il est vrai qu'à terme, l'ordinateur et son interface remplaceront les oscilloscopes numériques, par exemple. Mais l'équipement restera un système lourd, tandis que les classiques multimètres, rapides et portables continueront à rendre service. De plus, ils font partie du savoir-faire scientifique fondamental à transmettre. Ces appareils traditionnels doivent être connus des élèves, et même si l'ordinateur sait en faire autant et même plus, ils doivent savoir les manipuler.

De même, il faut continuer à enseigner aux élèves des techniques graphiques de base. Savoir tracer une courbe à partir de mesures expérimentales, savoir en tirer l'équation de droite, déterminer graphiquement le point d'équivalence sur une courbe de dosage en chimie,… Si l'on pourra lui faire faire par la suite sur machine, l'élève doit avoir une expérience « manuelle » de ces opérations que l'ordinateur connaît. Le but est de comprendre ce que l'ordinateur obtient, et de donner à l'élève une idée de la manière dont sa machine travaille pour lui. On apprendra toujours aux élèves à écrire avec un stylo !

Il faut voir l'ordinateur comme une étape dans la progression de l'élève. Il est un moyen d'avancer encore plus loin en évitant de centrer son travail sur des tâches qu'il maîtrise depuis longtemps. Ainsi, on utilise le socle de connaissances de l'élève pour le construire davantage.

3. Atouts pour l'enseignement des Sciences Physiques

a. Refléter la réalité des sciences

Pour l'élève, apprendre et comprendre une discipline dont les méthodes sont ancrées dans le présent et tournées vers l'avenir, motive et enrichit. C'est une question de crédibilité, les enseignants devant déjà supporter les a priori sur la discipline jugée trop complexe, trop mathématique, et parfois même inutile !

L'arme de l'ordinateur est donc là pour refléter une évidence. Que ce soit dans les laboratoires ou dans les industries, les scientifiques, techniciens et ingénieurs ont apprivoisé cet outil, qui a permis d'énormes avancées. Les verres progressifs dans l'industrie optique sont par exemple une invention qui n'aurait été possible sans la puissance informatique. Les chercheurs l'utilisent pour synchroniser leurs instruments et en acquérir toutes les données afin d'approfondir leurs études. Bref, le monde scientifique l'a d'ores et déjà adopté, pourquoi ne pas faire de même avec l'enseignement des sciences physiques ?

L'intégration de l'informatique a en quelque sorte un double avantage. Pour l'enseignant, elle est gratifiante, puisqu'elle permet de faire évoluer son enseignement, en le gardant actualisé, durant sa carrière. Pour l'élève, la dimension « utile » aide à éveiller son intérêt pour une discipline qui pourrait paraître bien poussiéreuse si elle était mal abordée.

b. S'affranchir des barrières mathématiques

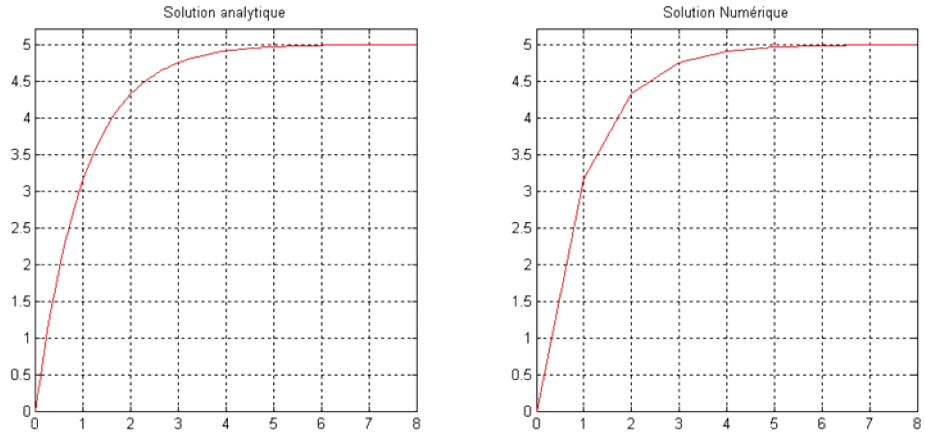
Quel intérêt à ne pas faire faire de mathématiques à l'élève ? Peut on faire des sciences sans maîtriser ce langage ? Soyons clairs. Le but n'est pas de tirer un trait sur les mathématiques. Dans le cadre de leurs expériences et des lois de la physique, les élèves auraient besoin de connaître beaucoup de notions mathématiques, des méthodes de résolution analytique, souvent hors de portée au niveau du lycée. L'enseignant possède en l'outil informatique un moyen très intéressant pour tenter des approches de ces problèmes.

Sans savoir les solutions analytiques (mathématiques) des équations, il est possible d'avoir des solutions dites numériques, c'est-à-dire des valeurs réelles calculées directement avec quelque peu de réflexion et d'artifices. Or l'ordinateur est une grosse machine à calculer, qui peut fournir ces solutions. Alors qu'habituellement on donne une allure très vague de la solution, l'informatique permet de représenter au mieux la solution du problème.

L'exemple pratique le plus courant concerne la résolution d'équations différentielles, fréquentes dans de nombreux domaines de la discipline. Savoir les résoudre analytiquement requiert un certain niveau en mathématiques. Si l'enseignant impose à l'élève la solution générale, puis l'aide à déterminer les inconnues, l'élève n'en tirera que peu d'intérêt lors d'une séance de travaux pratiques. L'enseignant, s'il utilise l'ordinateur avec un tableur, frappera plus l'élève, pour plusieurs raisons :

- La méthode est simple,
- L'élève programme lui-même l'ordinateur pour le calcul des différentes valeurs,
- La courbe solution sera aussitôt disponible (et de suite comparable aux valeurs expérimentales),
- Le rôle de chaque constante est visible par simple changement de données,
- Les techniques informatiques apprises pourront être très facilement réinvesties, et pas seulement en physique-chimie.

Voici le genre de solution que l'on obtient :



S'il faut tout de même faire quelques mathématiques à l'élève, enseigner la technique est bref. Mais on ne fait qu'utiliser des savoirs de l'élève ! Le travail de l'élève peut se faire immédiatement. De plus, cela permet de montrer la discipline comme tournée vers la solution de problèmes complexes, processus que l'on fait appliquer en temps réel à l'élève !

c. Centrer la réflexion sur la physique

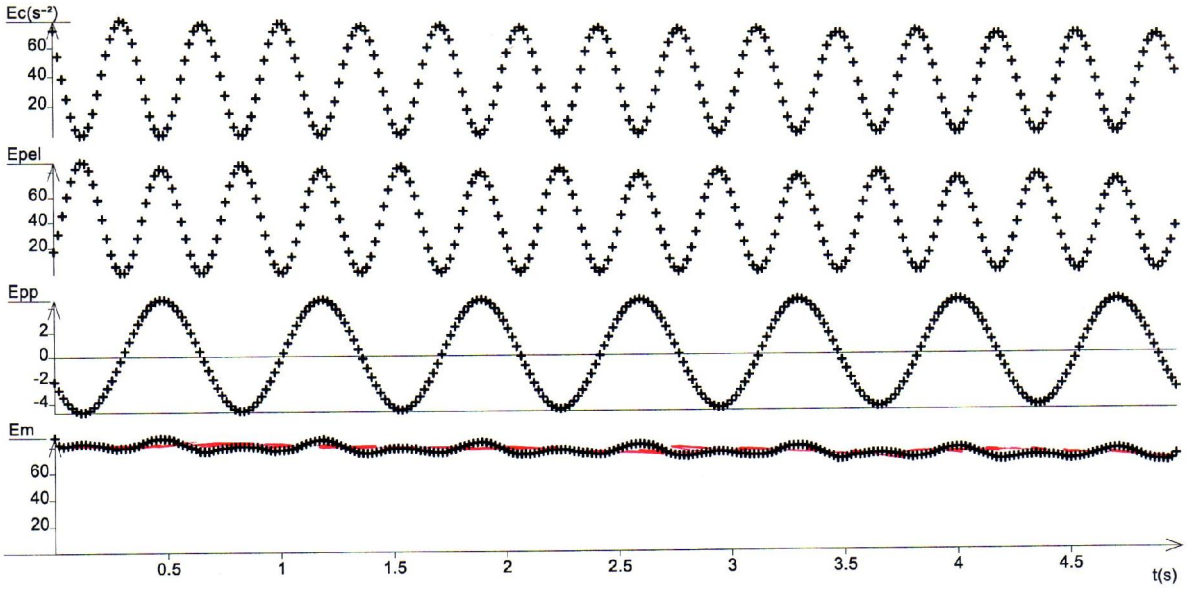
Savoir si l'ordinateur permet de mieux comprendre la physique est une question que l'on peut se poser. On a déjà vu qu'il permettait d'aller plus loin dans l'étude des phénomènes même si l'on n'a pas les mathématiques nécessaires. Accepter d'intégrer cet outil avec tout ce qu'il nécessite n'est possible que s'il apporte plus que ce qui était possible avec l'ancien matériel.

De toutes ces facultés nouvelles, les enseignants en exploitent principalement deux : la puissance de calcul, ainsi que les possibilités de représentations graphiques. En effet, il permet une grande souplesse dans l'exécution de ces tâches. Nous en discuterons plus précisément dans l'EXAO, mais voyons tout de suite ce qui est intéressant pour l'étude de la discipline.

En plus d'aborder des thèmes complexes tels que la mécanique de Newton et ses équations différentielles, il est possible d'aborder la discipline sous l'aspect énergétique. Toutes les formes d'énergie sont dérivées de grandeurs telles que la vitesse, l'altitude… Faire les calculs pour chacune des positions serait long et fastidieux, c'est d'ailleurs pourquoi on aborde que par des théorèmes mathématiques l'énergie en physique. Mais avec l'ordinateur, on peut faire réellement sentir à l'élève qu'il y a « quelque chose » qui reste constant, qui se transforme, et qui peut se dissiper…

Voici un exemple de représentation obtenue avec un ordinateur convenablement équipé. L'expérience est réalisée en étudiant une masse suspendue à un ressort, et oscillant verticalement. Il est très difficile de réaliser cela à la main étant donnée la fréquence d'oscillation !

De l'expérience, on peut arriver à montrer un des concepts les plus fondamentaux en physique, la conservation de l'énergie. L'Energie Cinétique, l'énergie Potentielle Elastique et l'Energie Potentielle de Pesanteur additionnées donnent une grandeur qui est constante dans le temps, l'énergie mécanique.



En plus d'aborder des concepts fondamentaux, l'ordinateur, par ses possibilités graphiques, permet d'exercer l'élève à tirer des conclusions sur le comportement d'objets physiques. Il est possible de comprendre le comportement d'un composant, d'un système mécanique, d'une réaction chimique grâce à une acquisition suivie d'une représentation judicieuse. Cette faculté de compréhension des comportements de la nature est essentielle en physique-chimie, et l'ordinateur permet à l'élève de travailler efficacement cette faculté !

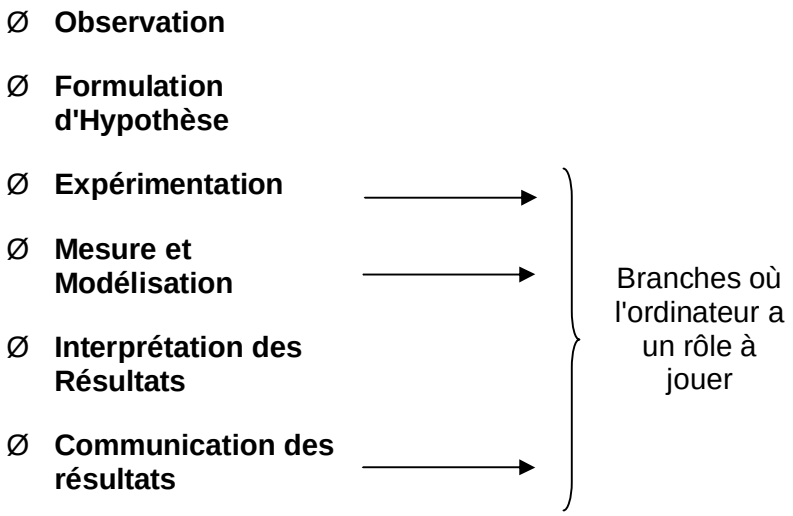
III. L'expérimentation Assistée par Ordinateur

1. La démarche expérimentale par l'ordinateur

L'aide à l'expérimentation constitue le rôle principal de l'ordinateur en Sciences Physiques. Les Travaux Pratiques (TP) ont leurs objectifs : aborder les concepts, utiliser le matériel à des fins scientifiques et cognitives. En ce sens, des groupes de travail de l'Education Nationale ont réfléchi au rôle que pourrait jouer l'informatique dans les TP de cette discipline. L'un d'entre eux, le Groupe Recherche Action Formation a particulièrement contribué à la démocratisation de l'ordinateur dans les laboratoires des collèges et lycées, depuis 1995.

L'ordinateur peut jouer selon lui un rôle important dans l'apprentissage de la démarche expérimentale en sciences, et plus généralement, de la méthode scientifique. Il peut l'assurer en étant un triple outil pour l'élève : un instrument de mesure, de traitement et de communication.

Détaillons le point de vue du G.R.A.F. Si l'on décompose la méthode scientifique, on peut déjà voir le rôle que peut jouer l'ordinateur :



Il ne peut d'ailleurs faire plus, puisque les autres branches font appel à la propre réflexion de l'élève ! Dans les parties concernées, l'élève trouvera en l'ordinateur un compagnon idéal pour gagner en temps, en qualité de mesure et de présentation.

Dans le cadre plus spécifique des travaux pratiques, nous pouvons effectuer la même décomposition de la démarche expérimentale, et voir quelle est l'utilité de l'ordinateur pour l'élève-expérimentateur.

Phases de la démarche expérimentale	Possibilités offertes par l'ordinateur
Analyse de la situation expérimentale	Choix divers de sonde, nombreuses grandeurs mesurables et de façons multiples.
Réalisation du montage Expérimental	Souplesse de branchements Branchements « habituels » (comme le matériel traditionnel) Logique dans les connections
Mesures	Mode Automatique Mode Manuel
Interprétation des résultats	Traitement puissant (calcul de grandeurs dérivées des valeurs expérimentales) Possibilités graphiques Production claire du compte-rendu

Ainsi, il est théoriquement possible d'utiliser uniquement l'ordinateur pour une expérience, dans la mesure où l'on dispose des capteurs adéquats ! Dans la pratique, on tend réellement vers ce modèle, mais il subsiste quelquefois des problèmes dont la résolution passe par une vérification du montage avec un multimètre traditionnel.

Un des enseignants de Terminale Scientifique a réussi à informatiser la quasi-totalité des travaux pratiques qu'il propose à ses élèves. Il apprend donc à ses élèves à s'appuyer de bout en bout sur l'ordinateur, amenant ainsi son enseignement expérimental à la pointe des nouvelles technologies. Même s'il subsiste quelques accrocs sur certaines manipulations, il semble clair que savoir utiliser l'ordinateur à des fins non ludiques sera utile à tous, et pas uniquement aux élèves qui continueront leurs études dans les sciences physiques.

L'EXAO est donc un support complet pour le professeur dans l'enseignement de la démarche expérimentale aux élèves. Un seul outil pour les phases de mesure, de modélisation et de communication des résultats, voilà qui fait de l'ordinateur un outil « tout-en-un », qui en plus d'être 100% utile, est performant dans tout ce qu'il fait.

2. Un poste EXAO

Nous allons ici voir concrètement ce dont doit disposer un élève lors d'une séance d'EXAO. Cette présentation fut faite par tous les enseignants de l'option MPI en début d'année scolaire, afin d'apprendre aux élèves le nom et le rôle du matériel.

Voici la « chaîne EXAO » :

a. Les Capteurs

Ce sont les yeux de l'ordinateur. L'élève doit savoir les choisir selon la mesure qu'il désire effectuer, ainsi que les connecter. Leur rôle est de transformer une grandeur physique en une grandeur électrique mesurable. Il en existe de nombreuses sortes, permettant ainsi de rendre l'ordinateur polyvalent.

Domaine	***Type de Capteur***	***Application***
Chimie	pHmétrie, conductimétrie	Analyse de solutions
Mécanique	Déformation, accéléromètre, capacitif, optique	Etude des mouvements (chute, oscillation,...)
Thermodynamique	Thermorésistance, diode	Mesure de température
Electricité/ Magnétisme	Ampéremètre, sonde à effet Hall	Etudes de circuits, de champs magnétiques
Optique	Photopile, photodiode	Intensité, lumineuse

Alors que certains capteurs sont vendus conditionnés, d'autres ont besoin parfois d'être créés ! Un bricolage peu commun, mais efficace ! Les courbes d'études énergétiques vues précédemment ont été obtenues avec des fils de cuivre disposés en anneau dans un bocal de cornichons, au milieu desquels oscillait une tige reliée à un ressort ! Pour ces capteurs artisanaux, il convient de procéder à leur étalonnage, c'est à dire corréler leur position ou leur propriété à la grandeur physique que l'on veut étudier.

b. L'Interface

Il s'agit d'un boîtier électronique muni de nombreuses prises, destinées à connecter les sondes, et d'un fil qui le relie à l'ordinateur. Elle est caractérisée par ses tensions d'entrée (0:+5V, -10V:+10V,...), sa fréquence d'échantillonnage (40kHz), et sa précision (8 bits, 12 bits,...). Il peut être intéressant de parler de ces caractéristiques à l'élève, car elles vont conditionner les manipulations, aussi bien sur les branchements que sur l'acquisition.

L'interface transforme les grandeurs électriques des capteurs en valeurs numériques interprétables par l'ordinateur.

c. Les Logiciels

Dans la lignée des capteurs et de l'interface, on trouve le logiciel d'acquisition. Complet, il permet de piloter l'interface, de lire la valeur qu'elle émet, de l'enregistrer, d'effectuer des calculs précis sur ces valeurs, d'afficher les courbes, et de procéder à la modélisation. La difficulté pour l'élève est de savoir manipuler le logiciel en exploitant toutes ses fonctions pour résoudre son problème.

On utilise également un tableur (type Excel) pour la représentation de données saisies manuellement. Ses possibilités graphiques sont certaines, et il dispose également de fonctions de modélisation.

Enfin, l'élève doit disposer d'un traitement de texte, pour produire son compte-rendu, dans lequel il importe valeurs et graphiques obtenus.

d. Communication

Il convient de mettre en place des solutions de communication des résultats.

L'une d'entre elle est plutôt traditionnelle, il s'agit d'une imprimante, connectée à chaque ordinateur. Le professeur a donc un support papier sur lequel il peut juger l'investissement de l'élève.

La seconde est plus virtuelle. Chaque ordinateur EXAO peut être connecté à un réseau, propre au laboratoire, ou commun à tous les postes de l'établissement. Ainsi, les comptes-rendus peuvent être envoyés vers un répertoire de ce réseau, propre à la classe, qui sera consulté par le professeur pour les évaluations.

Une troisième est offerte si les postes sont connectés au réseau Internet. Cette solution s'inscrit résolument dans les NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication), puisqu'on peut demander à l'élève d'utiliser sa messagerie électronique pour envoyer son compte-rendu à son professeur ! En début d'année scolaire, on demande aux élèves qui n'en disposent pas encore de créer une adresse électronique à leur nom, chez un hébergeur gratuit (La Poste, Hotmail,…).

L'utilisation de messagerie électronique peut paraître futile, mais l'intérêt, s'il n'est pas à court-terme, est celui-ci. Dans la société de communication dans laquelle les élèves grandissent, savoir utiliser Internet s'avère très important. Elle leur permettra plus tard de converser avec l'administration, le corps enseignant, dans leur future vie estudiantine, par exemple, ou bien encore de communiquer avec des services publics (Caisse d'Allocations Familiales…). Cette technique de communication est bien réelle, et les élèves d'aujourd'hui devront maîtriser. On parle d'Environnement Numérique de Travail. L'Education Nationale a bien compris cet enjeu, et déploie ainsi beaucoup d'effort pour aider les élèves à le créer et

leur apprendre à l'utiliser. Dans ses études supérieures, l'élève l'utilisera, pour accéder à toutes les ressources numériques en rapport avec ses études propres (cours, exercices,…), son établissement (horaires des services,…). Il a déjà été mis en place avec succès dans la plupart des universités, et le ministère a déjà lancé des opérations dans les lycées et collèges. Les enseignants du lycée d'Hirson participent ainsi à leur niveau à la familiarisation des élèves avec l'ENT.

3. Etapes de l'EXAO

Une séance d'expérimentation sur ordinateur présentera toujours les deux phases que nous allons décrire plus précisément. Lors des TP, les élèves doivent savoir les mener chacune à bien, car le compte-rendu en dépend entièrement.

a. Acquisition

On veut que l'élève sache acquérir des mesures issues d'appareils traditionnels, ou de capteurs par l'interface, afin de les étudier. Un objectif est d'ailleurs qu'ils choisissent eux-mêmes leur mode d'acquisition selon des critères de :

- Ø rapidité
- Ø précision
- Ø souplesse

Détaillons les modes d'acquisition que l'élève peut adopter.

Bien que ce ne soit pas l'objectif de l'EXAO, l'élève peut tout faire manuellement à l'aide d'appareils traditionnels. Néanmoins, le temps mis à acquérir les mesures et surtout à les tracer est considérable, pour des résultats pas toujours exceptionnels. Ce temps perdu est autant de temps de réflexion en moins ! Plus tard, ils ne devront d'ailleurs pas travailler de la sorte. De plus, on peut considérer que l'élève sait au lycée tracer une droite de points expérimentaux, en choisissant une échelle adaptée (mais une « piqûre de rappel » s'avèrera rarement inutile).

Le premier mode où l'informatique entre en jeu consiste à entrer manuellement les valeurs mesurées dans un tableur, pour accéder aux fonctionnalités graphiques qu'il offre. Le temps gagné est déjà considérable, et les erreurs d'échelles, par exemple, très vite récupérables.

Il peut être aussi possible d'informatiser à la fois l'entrée des mesures et la représentation des grandeurs physiques. L'utilisation de la chaîne EXAO déjà décrite est alors complète ! L'élève agit sur le système physique (fait osciller le ressort, additionne un produit chimique,…) et l'ordinateur acquiert les valeurs fournies par l'interface, déduites des informations des capteurs. La prise d'une mesure peut être :

- Ø automatique, l'élève déclenche l'acquisition, après avoir réglé la durée et la fréquence d'échantillonnage,
- Ø semi-automatique : pour chaque valeur, l'élève appuie sur une touche, en utilisant la représentation en temps réel à l'écran. Il voit alors sa courbe se dessiner au fur et à mesure.

Le critère de rapidité est le plus flagrant. Un TP proposé à des élèves de 2^{nde} MPI leur faisait faire une même manipulation, mais en utilisant les appareils traditionnels la première fois, et l'ordinateur avec interface la seconde. Ils firent leur première acquisition et son traitement en 1h30, alors qu'il ne leur fallut que 30 minutes pour l'acquisition informatisée !

Cette course au temps peut paraître inutile, voire exagérée. Pourtant, les élèves peuvent le consacrer à réfléchir sur le comportement du système, à imaginer des applications possibles ; en d'autres termes, ils peuvent se centrer sur la physique, comme

nous l'avions déjà expliqué. Mais à présent, nous voyons que cela est dû à un gain de temps effectif, grâce au pouvoir d'acquisition de la chaîne EXAO.

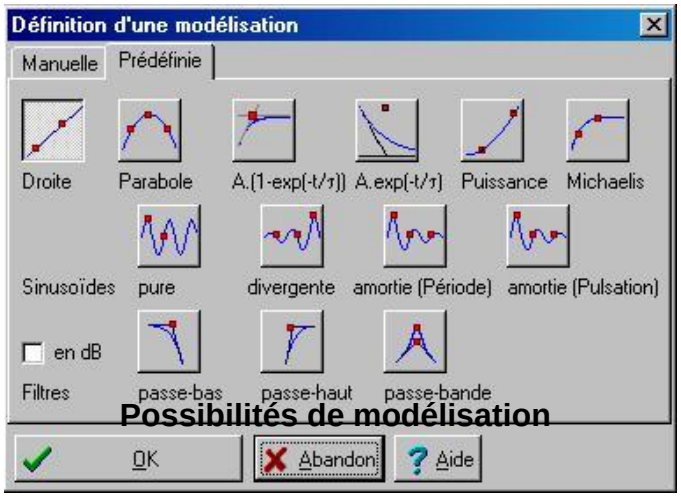
b. Traitement

Il y a deux aspects pour un traitement complet des données : la représentation graphique et la modélisation.

Représenter judicieusement un comportement physique par des courbes est une activité très fréquente en sciences physiques. L'informatique rend cette étape très facile. L'élève peut choisir quelle grandeur il représentera en fonction de la variable expérimentale, il ne sera pas bridé par le logiciel car quelques clics suffisent à changer complètement un graphique. Les possibilités du logiciel lui permettront même de calculer d'autres variables qu'il affichera. Un exemple très intéressant est donné en (*annexe 4*). La rapidité est déconcertante, et elle permet d'atteindre des grandeurs bien plus intéressantes du point de vue de la physique ![2]

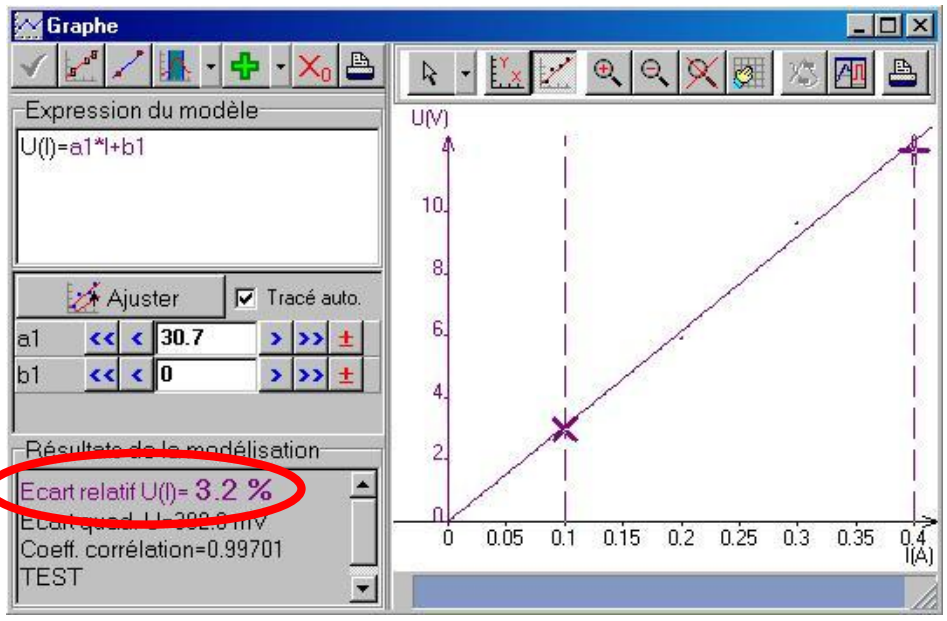
La modélisation est rendue très facile par l'ordinateur, et même peut-être trop !

Elle consiste à donner une équation mathématique qui correspond au mieux aux grandeurs expérimentales. L'élève en voyant sa courbe n'a qu'à donner le type de fonction mathématique qui pourrait la représenter. En effectuant quelques réglages (valeurs à l'origine,…), il obtient en un instant les valeurs des coefficients de son modèle, avec même la précision du modèle !



Possibilités de modélisation

Voici ce que l'élève peut obtenir par la modélisation informatique :



Même si les méthodes de modélisation sont censées être connues depuis le collège (du moins, pour des droites), il s'avère qu'en pratique les élèves les maîtrisent difficilement. Il convient donc de faire faire aux élèves des modélisations manuelles de temps en temps. En effet, ces savoirs de base touchent à la maîtrise des équations, qui est importante dans l'étude de la physique-chimie. Néanmoins, le service rendu par l'ordinateur est énorme, et la précision des coefficients est maximale. Cette phase de modélisation est souvent une étape, puisqu'à l'intérieur des coefficients de l'équation déterminée se cache souvent une valeur qui a un sens physique, comme une résistance, une constante de raideur d'un ressort ou une accélération de la pesanteur. Mais les déterminer revient à l'élève, l'ordinateur lui ayant donné assez d'aide pour résoudre son problème !

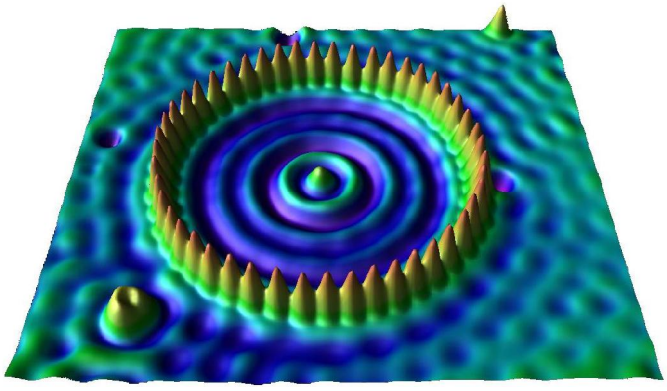
CONCLUSION

Les sciences physiques ont donc bénéficié du lointain élan du plan Informatique Pour Tous. Certains enseignants ont su déceler et exploiter ses vertus pédagogiques.

En plus de refléter la réalité du monde scientifique et industriel, l'ordinateur parvient à moderniser l'image de la discipline.

Pour les élèves, les avantages sont nombreux : faire des sciences avec du matériel moderne et puissant, gagner du temps pour se concentrer sur la compréhension d'un problème, parvenir à gérer des données par leur acquisition et leur traitement. Pour l'enseignant, de nouvelles possibilités s'offrent à lui : familiariser l'élève avec des grandeurs abstraites, comme l'énergie, en les lui faisant représenter, explorer sans limite la représentation graphique et la modélisation, et enfin avoir l'opportunité de faire évoluer son enseignement au cours de sa carrière.

L'introduction de l'ordinateur est révélatrice du fait que l'école moderne tient toujours à offrir à l'élève un enseignement neuf, au plus proche de la réalité à laquelle il sera confronté. L'intérêt de l'élève doit être central dans le choix de l'utilisation de l'informatique, et l'investissement de l'enseignant, complet.



BIBLIOGRAPHIE

Voici les documentations et livres qui m'ont aidé à élaborer ce dossier :

Ø Rapport des 7èmes journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques, Université de Bordeaux, 1996

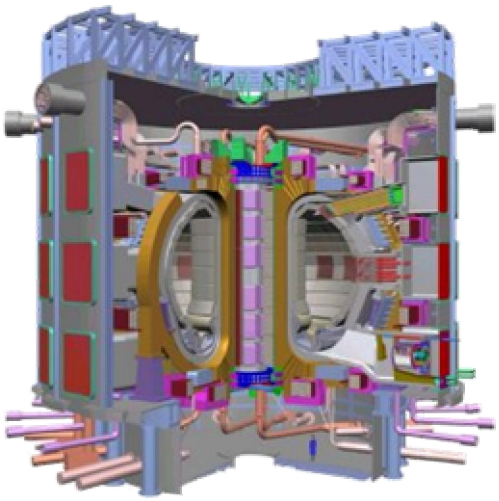
Ø Intégration de l'ordinateur, outil d'investigation scientifique dans l'enseignement des sciences physiques au lycée, INRP, 1996

Ø Informatique et sciences physiques, Académie de Montpellier, 1993

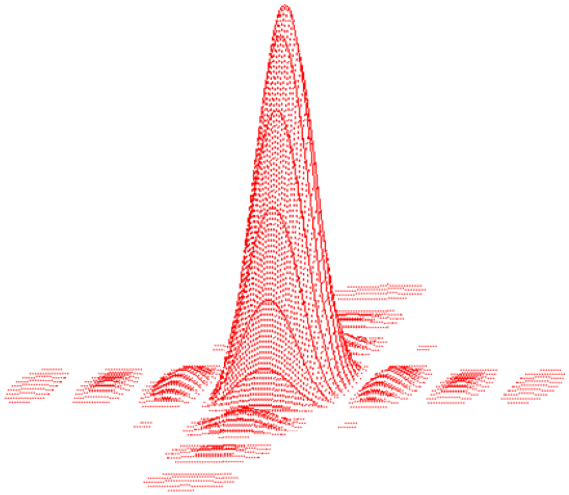
Ø La physique, la chimie, l'ordinateur, CRDP de Champagne-Ardenne,1993

Le portail Educnet, sur Internet, fut aussi une source importante d'information.

http://www.educnet.education.fr/



ANNEXES



ANNEXE 1

Le Lycée d'Hirson (Aisne)

Agé d'une quarantaine d'année, le lycée Joliot-Curie accueille environ 1500 élèves. Les trois Baccalauréats généraux (Littéraire, Economique et Social, Scientifique), et les baccalauréats Techniques (Tertiaire et Génies Electrique et Mécanique) y sont préparés.

Les Sciences Physiques sont enseignées au troisième étage, conjointement avec les Sciences de la Vie et de la Terre.

Le « troisième »

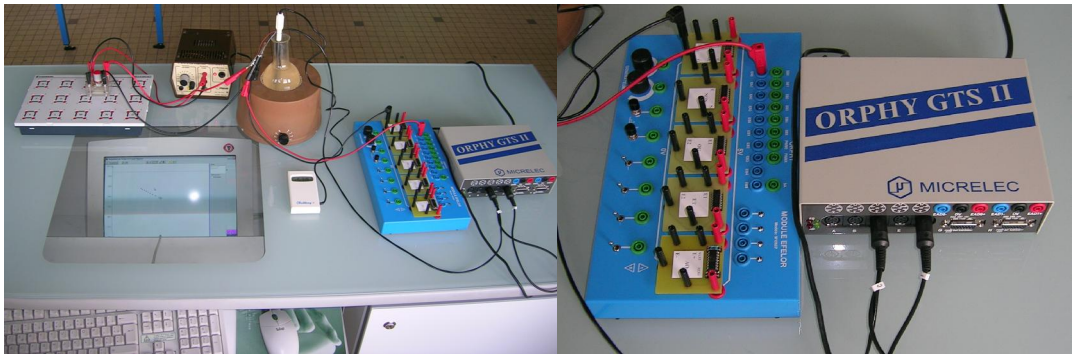
Pas moins de sept enseignants en physique-chimie sont au lycée d'Hirson. Ils dispensent les cours de tronc commun de la seconde à la terminale, les cours de spécialité physique (Terminale), de physique appliquée (Filières GE et GM), et de Mesures Physiques et Informatique. Au laboratoire, un technicien aide les enseignants à préparer les salles pour les travaux pratiques, gère le rangement et la propreté du matériel. De plus, il entretient le vaste parc informatique du « troisième » !

ANNEXE 2

Mesures Physiques et Informatique

Cette option a été ouverte au lycée d'Hirson en 2001. Elle a pris une envergure toute autre lorsque la salle « M.P.I » fut achevée, dans le courant de la même année. Nouveau nom de l'option « Informatique et Electronique en Sciences Physiques », les enseignants réussirent à l'accueillir à Hirson alors que les élèves devaient se rendre auparavant à Laon (à 50km) pour la suivre.

Très vaste, elle contient 9 postes « élèves » et un poste « professeur ». Connectée au réseau du lycée, accès à Internet, chaque paillasse dispose d'un ordinateur et d'une interface avec son bloc d'extension, rangés dans une armoire perpendiculaire au bureau.



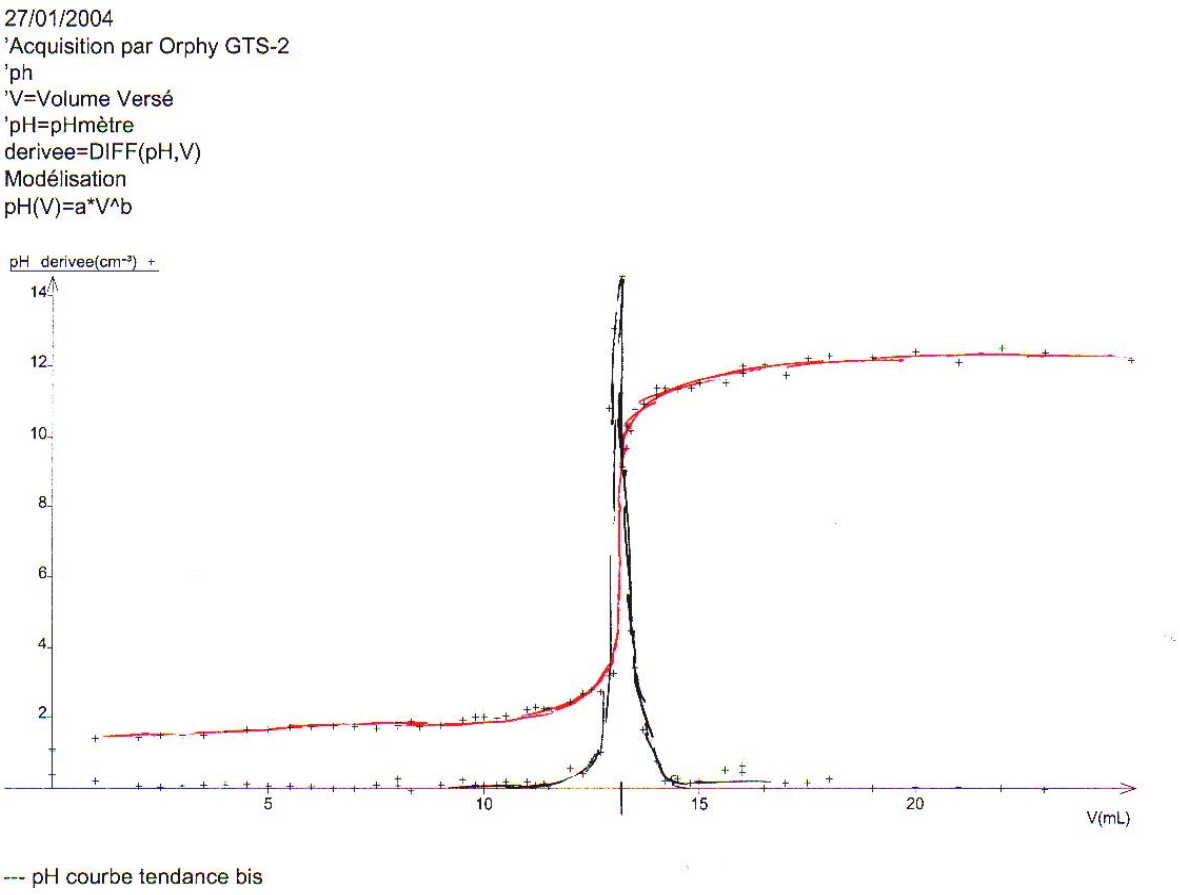
Au fond de la salle, une armoire contient le matériel électronique courant, les logiciels et quelques capteurs.

En 2004/2005, il y a 3 groupes d'élèves de seconde d'une quinzaine d'élèves, qui suivent cette option. Trois enseignants assurent les heures de cours.

ANNEXE 3

TP Informatisé

Voici le résultat d'une après-midi passée à informatiser un dosage d'une solution chimique. En utilisant la chaîne EXAO en mode semi-automatique (entrée des valeurs de volume versé), avec une sonde pHmétrique, voici la courbe typique d'un titrage acido-basique :



La difficulté fut de régler correctement le capteur. L'interface doit procéder à son étalonnage, on la pilote avec l'ordinateur pour obtenir des valeurs correctes de pH grâce à des solutions tampons. Pour leur première utilisation, il me fallut déterminer ces réglages.

Trouver le jeu de valeur qui correspond à des mesures correctes est difficile, si difficile que les élèves disposent de ces réglages lorsqu'ils font cette manipulation.

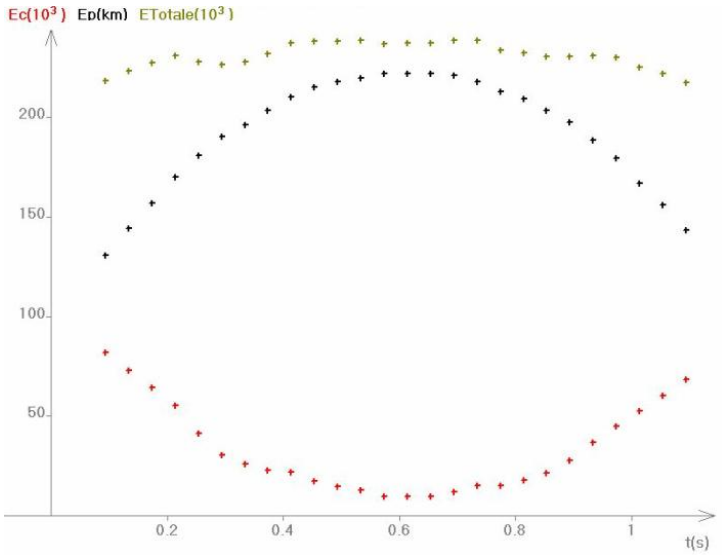
ANNEXE 4

L'Energie Mécanique grâce à l'ordinateur

Il suffit de la vidéo d'un mouvement parabolique pour montrer la conservation de l'énergie. Grâce à un logiciel externe, on acquiert les différentes positions de l'objet.

La pétanque pour support.

Les données sont envoyées dans un logiciel d'acquisition grâce auquel on va pourvoir calculer la vitesse instantanée, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. EN faisant la somme des énergies, on obtient l'Energie Totale, censée être constante…

	t	y	x	Vx	Vy	V	Ep	Ec	ETotale
	s	m	m	m/s	m/s	m/s	m	10^3 m^2.s^{-2}	
16	0.72	3.13	158	175	2.925	175	30.71	15.32	1.535E4
17	0.76	3.24	165	180	2.575	180	31.78	16.2	1.624E4
18	0.8	3.34	172	187.5	2.2	187.5	32.77	17.58	1.761E4
19	0.84	3.42	180	185	1.7	185	33.55	17.11	1.715E4
20	0.88	3.48	188	185	1.225	185	34.14	17.11	1.715E4

Verdict du graphique, à la précision des valeurs mesurées sur la vidéo, on peut se dire satisfait ! La courbe kaki représentant l'énergie de la boule de pétanque est constante.