

À propos des TPE et de leur avenir

Laurent Robin^(*)

Présentation

Cet article fait part d'un constat de régression dans l'acquisition des savoirs scientifiques et, d'une manière générale, dans le faible investissement intellectuel des élèves en TPE. Ce qui dénote un dysfonctionnement du système éducatif, les prestations des élèves n'en étant qu'une conséquence.

J'estime en effet qu'il y a une nette différence entre les prestations – souvent remarquables – d'élèves qui choisissent librement les TPE (comme ce fût le cas en 2001-2002, avec une rémunération modeste au baccalauréat) et celles – souvent médiocres – d'élèves à qui on impose les TPE, en les aguichant de plus par une rémunération plus attractive (coefficient 2 sur les points au-dessus de 10), principe qui paraît plutôt contraire à la déontologie de la Recherche Scientifique, surtout dans le cadre d'un enseignement public démocratique.

Cette généralisation des TPE m'a permis de constater, par un questionnaire direct des candidats sur des notions sur lesquelles ils ont longuement travaillé, les maigres connaissances scientifiques sur lesquelles ils s'appuient, si tant est qu'ils en usent réellement pour résoudre une « problématique », puisque bien souvent ces connaissances résultent de compilations de documents, sans appropriation réelle des savoirs. Si les élèves les plus motivés mettent réellement la « main à la pâte », pour reprendre l'expression à la mode, les autres ne cherchent qu'à naviguer entre deux eaux pour gagner quelques points au baccalauréat, ce que je ne blâme pas puisque le contexte les pousse dans cette voie.

Comme les propos qui suivent sont issus d'une expérience personnelle, d'aucuns pourraient invoquer la malchance, mais comme je reviens d'un jury de TPE où nous étions trois collègues⁽¹⁾ de lycées différents et de disciplines scientifiques différentes, unis par notre inquiétude sur l'avenir des TPE, je ne pense pas me fourvoyer dans un jugement qui pourrait sembler *a priori* excessif.

Le lecteur peut d'ailleurs commencer par consulter le document officiel sur les TPE à l'adresse suivante :

<http://www.eduscol.education.fr/D0050/interieur.pdf>

(*) Laurent ROBIN, auteur de ce texte, a 42 ans. Centralien, il a travaillé comme ingénieur pendant 7 ans (Informatique, électronique et mécanique), puis comme enseignant-chercheur pendant 9 ans (Mathématiques appliquées, bases de données, modélisation de la connaissance). Professeur agrégé de mathématiques depuis 4 ans, il enseigne au LEGT Gabriel Touchard au Mans. Son itinéraire plaide en sa faveur : il est difficile de l'accuser d'être un « prof pur et dur », fermé à l'interdisciplinarité et/ou aux applications pédagogiques concrètes...

(1) Nous avons pu repérer seulement quatre candidats (sur 26) ayant peu ou prou usé d'une démarche scientifique.

Il pourra constater, entre autres, qu'il n'y a aucune mention particulière sur les TPE des filières scientifiques, et que le terme de « production » est bien pensé comme une synthèse de recherche documentaire (p. 5), que pratiquement tous les sujets mentionnés comme exemples en série S (prestations de 2000-2001, p. 37) conduisent inmanquablement les élèves à faire un exposé, et non à appliquer une quelconque démarche scientifique pour la résolution d'un problème.

Le but de cet article est donc de faire une critique d'un système pédagogique qui a les inconvénients de la nouveauté (il dérange les habitudes) pour tirer profit d'un avantage : on lui pardonne ses péchés de jeunesse, car il ne demande qu'à mûrir. Je propose donc quelques amendements pour pallier des défauts qui me paraissent réhibitoires.

Une amorce prometteuse

L'an dernier, le bilan des TPE était en effet plutôt positif dans mon lycée pour les Terminales S, avec un réel enthousiasme de la part des élèves⁽²⁾ : les professeurs étaient donc plutôt confiants. Cependant, travaillant alors en TPE avec des élèves de terminale ES, je ne partageais pas vraiment le même avis⁽³⁾. Si les élèves de terminale ES ayant choisi les TPE étaient en effet plutôt contents de travailler seuls, à leur rythme et d'avoir du temps pour puiser des informations directement à la source (revues, ouvrages, Internet, etc.), par contre, lorsque les mathématiques étaient mises en avant comme discipline relative à un thème choisi, ils se contentaient en fait de donner des graphiques « camemberts », histogrammes, etc.), sans même tenir compte des directives d'analyse des données que je pouvais leur suggérer, comme l'utilisation de la méthode des moindres carrés⁽⁴⁾. Les « mathématiques » invoquées dans leur productions ne dépassaient en réalité pas le programme des premières années de collège !

Il faut dire que je n'obligeais pas les élèves à utiliser les outils mathématiques du programme de première et terminale ES : je les encourageais seulement à les utiliser en mettant en avant l'aide que je pouvais leur apporter lors des difficultés rencontrées.

Personne n'a suivi cette voie.

Cette absence d'usage aurait pu être un défaut local⁽⁵⁾, mais en jury de TPE ES dans un autre lycée, j'ai pu constater que les candidats ne s'étaient pas non plus investis dans la voie « scientifique ».

Tous ces élèves n'avaient pas réinvesti les notions du cours de mathématique de leur filière, se contentant de produire des graphiques élaborés directement par un tableur, dans la froideur pixelisée de l'imprimante couleur, sans la chaleur humaine de la réflexion, outillée mathématiquement ou non.

(2) Volontaires puisque l'épreuve, novatrice, était facultative.

(3) J'ai d'ailleurs eu l'occasion d'en faire part à notre IPR de mathématiques, lors de sa visite en janvier 2002.

(4) Qui s'impose presque d'elle-même à ce niveau d'étude, lorsqu'il s'agit d'une quantification chronologique

(5) Dans deux Terminales ES quand même...

Encadrement, aide ou conduite ?

Ai-je donc eu tort de ne pas leur imposer une démarche méthodologique, voire scientifique ?

Cette question lancinante, après quelques mois d'oubli, est revenue au devant de la scène le 19 mars dernier, à nouveau lors des évaluations de TPE, mais cette fois en série S. Elle était bien ancrée dans l'esprit des trois professeurs de notre jury qui, écoutant patiemment des « exposés », avaient bien du mal à voir en quoi les élèves avaient travaillé sur une *problématique*, et cherchaient vainement une quelconque démarche scientifique. Cette dernière absence est cependant assez logique puisque, dans la plupart des cas, il n'y avait aucun problème à résoudre !

En fait, au travers des synthèses écrites par les élèves, nous apprîmes qu'ils avaient commencé par lire de la documentation récupérée surtout sur Internet, avant de poser une « problématique » souvent réduite, finalement, à un titre d'exposé. Il est d'ailleurs symptomatique de constater que 6 groupes sur les 11 auditionnés avaient changé de sujet en cours de route⁽⁶⁾, uniquement sur une base de lecture de documents difficiles à comprendre, sans aucun investissement dans une recherche de résolution de problème.

À la suite de discussions entre collègues de jury et entre collègues encadrant des TPE, il me semble évident que de trop nombreux élèves refusent l'obstacle de la quantification et de la modélisation, qu'elle soit physique ou mathématique. La plupart d'entre eux choisissent un sujet de biologie et il semble alors bien difficile de les orienter vers l'aspect expérimental et les calculs mathématiques.

Il me semblerait donc salutaire de conduire les élèves sur la voie d'une démarche scientifique avec une problématique modeste, pour qu'un réel problème soit posé, avec une validation des professeurs encadrants qui ne devraient pas laisser passer des sujets très généraux ne pouvant raisonnablement être envisagés que pour une thèse universitaire ou, au contraire, pour un banal exposé superficiel. Pour illustrer cet aspect, voyons un thème récurrent, certes particulier, mais si révélateur de ce syndrome pernicieux.

Croissance, cancer et modèle

Au lycée où j'enseigne, nous avons vu de nombreux groupes s'emparer avidement du thème de la prolifération de cellules cancéreuses pour l'intégrer dans celui de la croissance. Comme nous voulions que leur sujet aboutisse, dans une logique de problématique, à la définition d'une expérience, certains ont paru bien heureux de pouvoir énoncer des expériences infaisables dans un laboratoire de lycée, les affranchissant d'une réelle réflexion, les privant ainsi de l'aiguillon de la recherche.

(6) Dans mon lycée, pratiquement tous les changements ont été demandés à mi-parcours, ce qui montre que le travail de recherche documentaire prend un temps conséquent lorsque le sujet est général, ce qui est bien conforme aux principes génériques du TPE (voir document CNDP 2001 sur les TPE, p. 5) où il est précisé que le TPE est « une démarche inscrite dans la durée élaborée à partir d'une recherche documentaire ».

Hélas ! Nous les avons aiguillés vers la modélisation mathématique de la croissance tumorale pour les inciter à utiliser les concepts de suites ou d'équations différentielles, avec proposition de notre aide bien entendu, sous réserve qu'ils quantifient un certain nombre de paramètres mis en évidence : dimension d'une cellule, espérance de vie, temps de dédoublement, etc. Il a fallu les relancer plusieurs fois pour qu'ils sortent de leur mutisme et finissent par donner les informations pertinentes. Mais ils ont renâclé à faire le moindre calcul. En particulier j'ai demandé à un groupe de vérifier les informations fournies par un ouvrage qui donnait le nombre de cellules cancéreuses $C(d)$ dans une tumeur de diamètre d (de forme « sphérique »). Ma question consistait à vérifier la pertinence de $C(d)$, par un simple calcul de volume d'une cellule, pour déterminer une expression « personnelle » $C_p(d)$ et la comparer à la précédente.

Deux semaines plus tard ils n'avaient toujours pas avancé, prétextant ne pas savoir déterminer le volume d'une sphère ! Comme ils n'avaient rien cherché eux-mêmes, je leur fournis gracieusement la formule donnant le poids d'une sphère homogène de

rayon R et de masse volumique ρ : $P = \rho g \frac{4}{3} \pi R^3$.

Mais ils eurent bien du mal à utiliser leur calculatrice et, finalement, ont confondu g , accélération de la pesanteur, avec G , constante de gravitation universelle. Constatant l'énorme différence de leur résultat avec celui dont ils disposaient, ils ne purent trouver leur – grossière – erreur...

Peut-on alors imaginer de tels élèves, de terminale S rappelons-le, aborder un sujet nécessitant un usage des mathématiques du lycée, alors qu'ils ne maîtrisent même pas celles du collège⁽⁷⁾ ? Malheureusement, cet exemple n'est pas exceptionnel ! Je pourrais aussi parler d'un autre groupe qui traitait du même sujet, d'un groupe qui étudiait les mirages et d'un groupe qui étudiait l'effet des manèges sur l'organisme. Dans aucun d'eux il n'y eut appropriation des outils du programme de la série S (suites, vecteurs, fonctions exponentielles, etc.) que je leur proposai d'utiliser avec mon aide, pour vraiment faire des mathématiques, afin de rendre effectif le choix de cette discipline dans un travail pluridisciplinaire.

Ainsi, même pour une simple incitation à la démarche scientifique, il me semble peu judicieux de laisser les élèves conduire leur projet comme ils l'entendent, car même l'offre d'un soutien de la part des professeurs encadrants ne les encourage pas plus à s'investir intellectuellement, d'autant plus que les sujets abordés dépassent souvent de loin leurs connaissances scientifiques et leur potentiel de lycéen.

(7) Dans la rubrique « Calcul d'aires et de volumes » du B.O. Hors Série n° 10 du 15 octobre 1998 (p. 113), on lit que les calculs de l'aire de la sphère et du volume de la boule sont des compétences exigibles en classe de troisième. On peut de plus y lire le commentaire suivant : « Le travail avec un formulaire, qui n'exclut pas la mémorisation, permettra le réinvestissement et l'entretien d'acquis des années précédentes : aires des surfaces et volumes des solides étudiés dans ces classes. Des activités de comparaison d'aires, d'une part, et de volumes, d'autre part, seront autant d'occasions de manipulation de formules et de transformation d'expressions algébriques. »

TPE ou TPEDS ?

Ne serait-il donc pas nécessaire de définir une sorte de cahier des charges méthodologique précis, pluridisciplinaire, au niveau académique par exemple, afin que les candidats *des terminales scientifiques* puissent être soumis aux mêmes critères d'évaluation, et non rivaliser sur les moyens d'activer la corde sensible des jurys, souvent par une sorte d'esbroufe multimédia⁽⁸⁾ qui peut parfois tromper le néophyte ?

Les prestations des élèves en TPE ressemblent trop à des « exposés » de niveau collège et non à la résolution d'un problème par une approche scientifique. D'une certaine façon, leur inculture fait peine à voir, mais l'absence de réponse aux questions simples posées laisse pantois, d'autant plus qu'on leur laisse le temps de réfléchir avant de répondre. On pourrait lister toutes les inepties entendues lors de l'interrogation des candidats, mais citer les 330 m/s annoncés pour la vitesse de la lumière (dans une étude portant sur les ondes lumineuses et la photographie...), ou encore la réponse de 100 s à la question : « combien de temps met un signal pour parcourir 3 000 km dans une fibre optique ? » par un groupe qui s'était intéressé spécifiquement aux limites des transmissions de données, en particulier par fibre optique, me semblent suffisamment représentatives et choquantes pour conforter le sentiment d'une faible prégnance de la science dans les TPE ... des séries scientifiques. Bien sûr il faut relativiser puisque certains élèves ne sont pas là par intérêt pour les sciences⁽⁹⁾, mais parce que le spectre des débouchés est supposé être plus large.

Je suis convaincu que si les élèves doivent avoir toute latitude pour définir leur thème et leurs sous-thèmes, le sujet précis de TPE doit être imposé par les professeurs encadrants, avec un accord écrit qui engagerait les élèves à suivre une démarche méthodologique définie dans un cahier des charges précis qui doit en particulier imposer expérimentation, modélisation, ou simulation, en fonction du sujet choisi, avec une souplesse d'adaptation de la part des professeurs qui doivent guider sans « cornaquer ». Des **Travaux Personnels Encadrés**, ne pourrait-on pas glisser vers une sémantique plus forte de **Travaux Personnels d'Élaboration d'une Démarche Scientifique** ? La démarche scientifique ne peut pas être consignée dans un document, même si le cahier des charges doit être précis. Ce dernier doit être adapté à chaque groupe, comme un garde-fou. Ce sont bien les élèves qui vont élaborer leur démarche scientifique.

En guise d'ouverture vers un amendement des TPE, je livre ici une réflexion d'un professeur de philosophie, dont j'ai remanié légèrement la présentation.

Qu'est ce qu'une *problématique* ?

Le texte qui suit est extrait d'un petit article récupéré en 2001 sur le site :

(8) que l'on rencontre malheureusement aussi (il suffit de fouiner sur Internet pour s'en rendre compte) dans les TIPE, épreuves non négligeables dans les concours d'entrée aux grandes écoles d'ingénieurs... Les TIPE étant les précurseurs des TPE, cette situation doit-elle être considérée comme allant de soi ?

(9) Mais alors, pourquoi les accepte-t-on dans cette série ? Sur quels critères ?

<http://www.ac-bordeaux.fr/CATICE/>

« Une problématique est un acte de réflexion porté sur l'extériorité et qui nous invite, dans l'exigence d'intelligibilité et la probité d'un discours tout ordonné, au souci du vrai qui seul peut fonder des raisons – qui jamais ne sont de simples arguments, instruments destinés à arracher, non la conviction, mais la simple persuasion d'autrui –, à identifier une difficulté afin d'interroger et de déterminer hypothétiquement les concepts qui devraient être élaborés pour qu'il y ait un ordre et un sens, universellement réappropriables par toute raison.

Ce qui suffit à éliminer

– d'une part l'opinion, règne du particularisme ayant son fondement dans un prétendu droit de la subjectivité à s'exprimer jusque dans ses errances ;

– d'autre part le dogmatisme, solution toute faite qui répète à l'envi un « prêt à penser » qui peut conduire à l'idéologie.

[...]

Par sa construction, le problème suppose qu'on soit auteur et de l'interrogation et de la recherche ; la solution, qui ne dissout pas le problème mais en révèle la pertinence, n'est vraie que parce qu'on peut, dans l'autonomie de la raison, en établir et en démontrer les fondements. C'est assez dire que, pour la réflexion problématique, le « copier/coller » est impossible ; c'est de la même façon que la recherche dite documentaire ne saurait, en juste méthode, précéder la détermination du sujet et son élaboration problématique. De fait, on ne recherche pas pour trouver ce qu'on va penser, car c'est – à l'inverse – parce qu'on pense que l'on recherche. En ce sens, l'abondance d'une documentation accumulée sans ordre dans la fascination fétichiste d'un media n'instruit pas l'ignorant : elle l'étourdit ; et ce qui est plus grave, elle le fait en lui donnant l'illusion, rédhibitoire pour toute connaissance, de maîtriser et saisir quelque chose d'un savoir. »

Ce texte montre que les TPE tels qu'on peut les découvrir en jury, sont très souvent soit totalement dogmatiques soit du domaine de l'opinion. Trop souvent les élèves lisent, compilent, résumant et font du « copier/coller », en se laissant bercer par les mots savants qu'ils rencontrent, en s'éblouissant parfois eux-mêmes de leur propre tape-à-l'œil, sans même – apparemment – demander conseil à leurs professeurs, pourtant garants d'un savoir authentique et confirmé.

Un candidat profère ainsi l'affirmation : « À chaque photon tombé il y aura une tache sur la pellicule » sans savoir répondre à la question « qu'est-ce qu'un photon ? ». Si un élève ne peut bien évidemment pas se risquer dans les méandres des mécaniques relativiste et quantique, il me semble qu'il devrait, après une telle étude, au moins répondre que c'est une particule qui interagit avec la matière, puisqu'il en entend parler depuis la Seconde⁽¹⁰⁾.

(10) Dans le B.O. Hors série n° 6 du 12 août 1999 (p. 7) qui définit les programmes de Seconde, il est bien spécifié que savoir que « le monde est constitué de particules en interaction » est l'un des cinq points qui constituent une partie importante de la culture scientifique minimale que l'on doit enseigner à un citoyen de notre époque. Dans le programme de Première S (B.O. n° 7 du 31 août 2000, p. 183) il est aussi spécifié que « l'approche microscopique-macroscopique est développée et confortée d'entrée par une

Un autre explique : « La désintégration se produit lorsque le noyau n'a pas suffisamment d'interaction forte. » sans bien sûr pouvoir répondre à la question « qu'est ce que l'interaction forte ? », ni même à : « qu'est-ce qui assure la cohésion d'un noyau ? », alors que ces questions font partie du programme⁽¹¹⁾ de la série S.

Les mathématiques élémentaires sont parfois utilisées comme décors uniquement pour satisfaire⁽¹²⁾ à la pluridisciplinarité affichée en en-tête du carnet de bord, comme ces élèves qui présentaient la formule $N(t) = N_0 e^{-\alpha t}$ pour définir, calculs à l'appui, la notion de *période* d'un élément radioactif. Cependant, à la question : « Vous parlez d'un élément dont la période est de 8 jours, pouvez-vous me donner la proportion d'éléments non désintégrés au bout de 80 jours ? », une première réponse, immédiate, fut : « rien parce que 50 % des noyaux se sont désintégrés en 8 jours, donc au bout de 16 jours... », puis une camarade plus attentive proposa : « Peut-être pas zéro mais en tout cas très petit ! ».

Mais, après une demande de réflexion de la part du jury, aucune des trois candidates n'a pu donner le résultat correct, 2^{-10} , alors que leur sujet traitait principalement de la radioactivité (« Conséquences de la catastrophe de Tchernobyl, le lendemain et 20 ans après »).

Comme d'une part la plupart des sujets actuels sont bien trop ambitieux par rapport à la maigre culture scientifique des élèves de lycée, et comme d'autre part la plupart des élèves des séries S deviendront techniciens ou ingénieurs, je pense que les problématiques validées dans les séries scientifiques devraient vérifier un certain nombre de critères discriminatoires, sans pour autant déroger au principe d'une démarche scientifique qui me semble indispensable.

Il me semblerait donc souhaitable de remplacer le terme pompeux de « problématique » par celui plus simple de « problème », tant il me semble antinomique avec « travail personnel », « sujet personnel », « démarche personnelle » dans le cadre de l'initiation aux sciences, avec les maigres horaires alloués.

Certains élèves ont des idées, qu'il faut respecter en les guidant simplement vers un problème à leur portée, qui pourrait aussi être une problématique dans le cas d'élèves plus mûrs, plus investis dans la connaissance scientifique. D'autres par contre n'ont pas d'idée et hantent les rayonnages de la bibliothèque en espérant trouver chaussure

présentation des particules qui sont considérées au lycée comme des constituants élémentaires (proton, neutron, électron) et de leurs interactions : gravitationnelle entre particules massives, électrostatique entre particules chargées et forte entre nucléons. »

(11) Ainsi, dans le B.O. n° 7 du 31 août 2000 (p. 186), définissant les nouveaux programmes de première S, il est dit que « la cohésion de ces assemblages est assurée par trois interactions fondamentales : l'interaction forte, de courte portée, qui contrebalance la répulsion entre protons et assure ainsi la cohésion des noyaux jusqu'à l'uranium, l'interaction électromagnétique qui, par son aspect électrique, est responsable de la cohésion des atomes, des molécules et des phases condensées, l'interaction gravitationnelle qui, bien que d'intensité beaucoup plus faible que les autres, gouverne la structure de la matière à grande échelle, car elle est de longue portée et toujours attractive. »

(12) par bonne volonté, pour satisfaire à une certaine déontologie de l'élève studieux, sans malice.

à leur pied ; en vain. Ces élèves doivent être aidés par l'apport de problèmes « sur étagère » concoctés par les professeurs. Rien n'empêcherait alors qu'un tel catalogue serve de catalyseur et les entraîne à proposer un autre sujet.

Des propositions pour conclure

À mon sens, les problèmes acceptés devraient tous :

- être modestes dans leur libellé ;
- faire découvrir un quotidien avec un regard interrogatif et non contemplatif ;
- porter sur une réalité simple, celle de notre quotidien, et non sur des grandes idées ou des sujets controversés qui bloquent les élèves par crainte du ridicule de leurs interrogations, les faisant passer aux oubliettes au profit de « problématiques » choisies souvent au gré des difficultés de lecture des documents récupérés ;
- demander des moyens expérimentaux simples, voire exploitables chez soi ;
- déboucher au moins sur une réelle expérimentation et sur des calculs mathématiques basés sur une « modélisation », si possible du niveau des programmes du lycée ;
- déboucher le plus possible sur une réalisation concrète, exécutable avec des outils simples ou en collaboration avec un lycée professionnel. Sur ce dernier point, il me paraîtrait formidable, lorsque c'est matériellement possible, d'associer les lycées professionnels dans ces travaux personnels, de faire collaborer des élèves qui ont la capacité d'aider à la production de *réalisations concrètes*, non tétanisées dans un intellectualisme trop souvent réducteur.

De plus pour satisfaire les besoins de la Science, qui est exigeante, les deux heures allouées hebdomadairement sur une quinzaine de semaine sont évidemment insuffisantes, surtout lorsqu'on veut laisser la liberté aux élèves de travailler eux-mêmes, surtout si l'on souhaite vraiment qu'ils élaborent une démarche scientifique avec ses tâtonnements, ses remises en question, la recherche documentaire, la mise au point d'expériences dignes de ce nom (avec protocoles écrits), les dépouillements et analyses de mesures, l'écriture d'un programme informatique, la recherche d'une preuve mathématique, la confrontation entre un modèle et la réalité, etc.

Ces deux heures sont aussi insuffisantes pour une raison très simple, valable pour tous les TPE. En effet, elles sont trop souvent conjointes aux autres cours :

- 1) ce qui n'aide pas les élèves à s'immerger dans leur questionnement. Elles n'offrent pas de possibilité de « débordement » (aucun chercheur ne termine sa réflexion, son expérience ou l'écriture d'un logiciel tous les mardis à 9 h 55 – par exemple –, pour la reprendre pendant une heure ou deux, dans un trou de son emploi du temps : si un professionnel ne peut le faire, on ne peut pas imaginer qu'un élève moyen du lycée puisse y arriver !) ;
- 2) elles n'incitent pas les élèves à sortir librement du cadre scolaire pour des travaux externes et renforce le côté scolaire du travail demandé, alors que les TPE sont souvent mis en avant comme un moyen d'explorer de nouvelles voies d'apprentissage.

Il me semble donc qu'allouer une matinée aux TPE est un minimum vital. Une telle matinée pourrait se décomposer en deux parties : les deux premières heures de présence obligatoire au lycée (CDI, labo, salle d'étude, ...), sauf pour une sortie prévue, les deux heures suivantes servant au suivi des projets par les professeurs encadrants.

Enfin, la messagerie électronique pourrait être mise efficacement à contribution pour un suivi « dynamique » des projets, permettant ainsi plus de souplesse dans la gestion du temps.

Annexe : quelques voies ... problématiques

Voici quelques problèmes qu'il me semble possible de proposer à ceux qui n'auraient pas d'idée au départ, ceux qui peinent à trouver un sujet scientifique, en pensant sans doute devoir posséder initialement de nombreux savoirs, en ayant peur du ridicule de leur questionnement.

Ce sont des exemples de questions que peuvent effectivement se poser les élèves mais qu'il faut faire émerger. En effet, pour l'année scolaire 2001-2002, un groupe avait produit une étude de qualité grâce à un investissement personnel important (mais une recherche documentaire assez modeste), pour répondre à leur question « peut-on comparer le saut de l'homme et le saut du cheval ? ». Ce groupe avait été gratifié d'un 20/20 par des collègues ... enthousiastes.

1. Étude de l'effet de serre ... dans une serre.

L'effet de serre est une nécessité de la vie terrestre, alors que l'usage répété par les médias dans un contexte du « réchauffement de la planète » lui donne une connotation létale. L'effet de serre est, comme son nom l'indique, la traduction de phénomènes observables dans une serre.

Faire le bilan énergétique d'une serre semble un point de départ indispensable pour celui qui veut étudier les phénomènes physiques liés au rayonnement et aux échanges thermiques sur Terre.

Pour l'étude physiologique de la croissance des plantes, l'effet (toujours bénéfique ?) de la serre est aussi un point de départ essentiel.

Construire une serre étudiable scientifiquement ne demande pas *a priori* de gros moyens financiers, seulement une réflexion préalable sur les processus physiques mis en jeu et les mesures que l'on décide de faire pour mettre en évidence ce fameux « effet de serre ».

2. Description mathématique du mouvement d'un ballon de sport lâché sans vitesse initiale, en fonction de certaines caractéristiques d'élasticité. Programmation d'une simulation sur ordinateur.

Un ballon de sport rebondit, par construction. Mais est-il possible de modéliser mécaniquement un ballon par un simple système masse(s)-ressort(s) élaboré à partir de quelques mesures d'élasticité ? Un ballon de basket, par exemple, ne va jamais bien vite, ce qui peut permettre peut-être de négliger les frottements de l'air. Mais est-ce bien sûr ?

3. Effet Magnus sur une balle de tennis de table.

Une balle de tennis de table est très légère, donc on ne peut raisonnablement pas négliger l'effet de l'air sur ses déplacements rapides. Les actions de rotation rapide effectuées par les joueurs de tennis de table lors de la frappe avec une raquette ont pour but de donner des « effets spéciaux » qui déroutent le novice. C'est l'effet Magnus qui est mis en jeu. Mais comment le mettre en évidence par des mesures appropriées, qui montreraient la nécessité d'une mécanique des fluides comme soutien d'une mécanique du solide, insuffisante pour fournir une explication scientifique ?

Telle est la question.

4. Réalisation simple d'un chronomètre avec un pendule, précis au dixième de seconde près.

« Un pendule simple d'un mètre de longueur bat la seconde » apprenait-on autrefois au lycée. Qu'en est-il réellement ? Le pendule est aussi le principe de base utilisé dans un métronome mécanique : on peut faire varier la période en modifiant un moment d'inertie. Mais ne peut-on pas tirer profit de ce qui se passe sur une période ? Ne peut-on pas trouver un mécanisme qui permet de « figer un angle de rotation » à un instant donné ? Peut-on graduer habilement un dispositif « figeant l'angle » afin d'obtenir une précision de l'ordre du dixième de seconde ?

5. Réalisation simple d'un thermomètre à gaz, précis au degré près.

La loi des gaz parfaits lie pression, température et volume d'une masse de gaz. On peut améliorer le modèle avec la formule de Van der Waals. Fixons la pression : la température devient fonction du volume. Fixons le volume : la température devient fonction de la pression.

6. Vision des mouches en semi-obscurité.

Lorsqu'on utilise une lampe avec un variateur d'intensité, on constate qu'en dessous d'un certain seuil, une mouche en vol va presque immédiatement chercher à se poser. On peut *a priori* en déduire qu'elle ne voit plus assez bien pour se diriger. Mais est-ce bien sûr ?

7. Détermination de formules permettant de déterminer la cote d'occasion d'un véhicule en fonction de son type, de son prix d'achat et de son âge.

En étudiant les journaux automobiles qui donnent les cotes des véhicules d'occasion, on peut remarquer une certaine régularité dans les décotes.

Ces données sont-elles calculées ? Quel est alors le principe théorique de ces calculs ? Peut-on proposer des lois de décote générales ?

8. Chasser les chenilles processionnaires de chez soi.

Les chenilles processionnaires sont intéressantes à observer, mais leur présence chez soi, surtout sur certaines espèces (lesquelles et pourquoi ?) est parfois dérangeante. Comment les chasser, aimablement dirions-nous, de chez soi ? Quel protocole suivre ?

9. Calcul de l'âge d'un arbre vivant en fonction de ses dimensions et de son espèce.

Déterminer l'âge d'un arbre en étudiant des cernes de croissance suppose qu'il soit mort. C'est donc inexploitable pour déterminer l'âge des arbres séculaires qu'on veut garder.

Par contre les arbres se développent selon certains protocoles de bourgeonnements étudiables statistiquement, avec une croissance qui dépend de la morphologie de leur espèce ainsi que de leur métabolisme. Il semble donc plausible de pouvoir estimer l'âge d'un arbre en fonction des caractéristiques externes observées. Voire...

10. Préparation simple pour l'observation de la division cellulaire avec un simple microscope optique.

La division cellulaire est un acte fondamental dans le principe de reproduction. Mais est-ce si facile à observer ? Est-il si probable de l'observer lorsqu'on prend une culture cellulaire ? Peut-on assurer la reproductibilité de l'observation, disons au cours d'un quart d'heure d'observation ?

Peut-on prévoir le temps d'observation nécessaire en fonction du cycle de reproduction ?

11. Calcul du volume et de la masse d'un tas de sable en fonction de certaines caractéristiques.

Si l'on commande un certain volume de sable (ou de graviers), on aimerait pouvoir vérifier que la quantité livrée est bien conforme à celle demandée.

Comment faire ?

12. Élaboration de formules pour la flexion des tasseaux et leur charge de rupture.

Pour réaliser un plancher ou un support quelconque on a besoin de pouvoir dimensionner les tasseaux utilisés. Les dimensions optimales dépendent bien sûr de la résistance à la charge et de l'élasticité du matériau.

Peut-on trouver des formules valables pour les tasseaux du commerce ? Bien sûr l'expérience doit valider la théorie...

13. Construction d'une pile électrique de 2,5 V avec des produits du commerce.

Dans n'importe quel magasin de bricolage on trouve une quantité incroyable de produits : bois, plastiques, métaux, liquides. En particulier des métaux et de l'acide. L'expérience de Volta ne peut-elle pas être reproduite ? Ne peut-on pas construire soit-même une pile, avec une f.é.m donnée ?

14. Le barbecue solaire, est-ce raisonnable ?

Le principe du miroir parabolique est connu depuis bien longtemps, mais la mise en pratique n'est pas si évidente. On peut imaginer poser une mosaïque de petits miroirs pour garnir une surface donnée. Mais le procédé est-il efficace ? Peut-on réellement cuire des aliments avec un tel procédé ? Est-ce raisonnable ?

15. Construction d'un sifflet à ultrasons.

Il s'agit de construire un sifflet qui fournira un son dont le spectre est centré sur une fréquence donnée. Est-ce toujours possible ?

16. Élaboration d'un modèle de croissance pour le calcul du nombre de fruits dans un arbre comme le cerisier, le prunier, le pommier, etc.

La récolte est-elle bonne ? Tout cueilleur de fruits aimerait anticiper la quantité de fruits qu'il va récolter pour savoir ce qu'il en fera. Comment peut-on le faire ? Par échantillonnage à la floraison ? Par estimation sur l'apparition des premiers fruits ? Pourquoi pas, mais faut-il encore avoir un modèle de croissance adapté !

17. Élaboration d'une méthode pour mesurer la hauteur d'un arbre dans une forêt.

L'arbre qui cache la forêt est une image qui revient souvent dans les analyses de situations d'entreprise. Mais en réalité, l'arbre cache-t-il tant la forêt ? Est-ce au point de ne pas pouvoir utiliser une simple croix de bûcheron ?

Comment mesurer la hauteur d'un arbre dans une forêt, alors ?

18. Combustion d'une bûche, d'une braise.

L'homme a toujours été fasciné par le feu, au point même de produire des tragédies incendiaires. Il est aussi fascinant d'observer la combustion d'une simple bûche dans une cheminée. Il est aussi émouvant de retrouver au petit matin des braises qui témoignent d'un feu mourant, n'aspirant qu'à la résurrection.

Comment les braises se consomment-elles donc pour durer si longtemps, sans flamme ?

19. Comment utiliser efficacement un lance-pommes ?

Le lance-pomme est un propulseur utilisé joyeusement dans les campagnes au début de l'automne. Quel n'est pas l'étonnement de l'observateur non averti qui voit ces fruits abandonnés au sol retrouver une vigueur éphémère au bout de quelque bras d'enfant, armé de cet engin primitif.

Mais le geste, comme souvent, est plus complexe que la parole. Comment lancer efficacement une pomme avec un tel engin ?

20. Réalisation d'un baromètre à eau.

L'expérience de Torricelli, en 1644, reprise par Pascal quelques années plus tard, a permis de construire des baromètres ... à mercure, comme ceux qui font encore bonne figure chez nos modernes opticiens. Mais ne peut-on pas réaliser un baromètre (d'extérieur !) avec de l'eau à la place du mercure ?

21. Enfouissement de clous dans du bois avec un système masse-ressort.

L'enfouissement des clous « au pistolet » est d'un usage courant, avec un outillage pneumatique. Mais il serait intéressant d'étudier la construction d'un pistolet avec un simple système masse-ressort, en utilisant les produits du commerce ... et la Physique, bien sûr !

22. Détection des galeries de taupes.

Ces animaux forts curieux hantent les jardins et même les amateurs de la nature n'apprécient guère leur tumulus d'évacuation. Or les taupes sont fidèles à leurs galeries et n'entament pas leurs chantiers par fantaisie. Il est donc intéressant de pouvoir déterminer leur zones urbanisées.

Comment faire avec des moyens simples (la tomographie n'est pas forcément l'idée moderne la plus adéquate !)?

23. Élaboration d'une formule donnant le temps de vidange des piscines hors-sol.

Encore Torricelli ! Mais la réalité dépasse la fiction, du moins elle dépasse les formules de base, ressassées dans tous les ouvrages classiques. Ne peut-on pas affiner la formule à la fois en étudiant le phénomène de striction aux abords de l'orifice de vidange et en faisant une étude statistique ?

24. Élaboration d'une formule donnant le nombre de coups de pompe à main nécessaires au gonflage d'un pneu à une pression donnée.

Le gonflage d'un pneu avec une pompe à main chauffe la pompe et l'air injecté, mais cette accumulation de petits effets fait penser à la sommation des « infiniment » petits du calcul intégral. N'est-ce pas une bonne occasion de pomper moins vite avec le bras mais plus vite avec l'esprit ?

25. Les exploits de « casse de briques » des karatékas sont-ils si exceptionnels ?

Le béton et la brique résistent très bien à la compression, mais très mal à la traction, ce qui explique que les karatékas n'utilisent jamais de contre-plaqué pour afficher leurs prouesses. N'empêche ! Est-ce faisable par le commun des mortels ? Comment ?

26. Mécanismes de défense des orties. Effet des « piqures » d'orties.

Tout le monde a été « piqué » par des orties lors d'un simple effleurement de leurs feuilles : c'est douloureux seulement si on frotte l'endroit atteint, qui reste sensible encore plusieurs heures après. Mais qui a pris le temps d'observer les crochets responsables de l'injection ?

Grossis, ces crochets sont assez impressionnants. Mais comment agissent-ils exactement ? Pourquoi un simple effleurement suffit-il à produire l'effet indésirable ?

27. Élaboration d'un modèle géométrique de positionnement des épines des ronces sur la tige.

Les épines des ronces semblent suivre une loi de positionnement géométrique ? Illusion ?

28. Mise au point d'une colle avec des déchets de plastique et des solvants du commerce.

29. Chasser les fourmis hors d'une maison d'habitation.

Est-on obligé de tuer ces êtres inoffensifs pour les écarter de nos foyers ? Ne serait-il pas plus sage de suivre les pas des entomologues ?

30. Alimentation d'une clôture de pré électrifiée, par une éolienne.

Il s'agit d'une réalisation concrète, après une étude théorique (physique et biologie).