Le délire de la modélisation dans l'enseignement

Jean-Pierre Ferrier, IREM de Lorraine, février 2005

Ce qui suit est un compte-rendu toujours aussi orienté de la réunion de la commission interIREM du second cycle du 29 janvier 2004. En plus il est très partiel. Je savais que je manquerais le dernier exposé. Le retard pris a fait que j'ai manqué aussi celui de Gilles Godefroy.

En plus je ne m'étendrai pas sur l'exposé de Jacques Treiner. Traitant du mouvement brownien, il devait nous faire circuler à travers les disciplines. En réalité la biologie (de Brown) et les mathématiques financières ont été juste évoquées. Nous avons eu droit à un exposé, passionnant et accessible, sur un siècle et demi de physique.

Cependant la physique seule contient déjà tout. L'exposé contenait assez de mathématiques pour ceux qui auraient été en manque. Mais il y avait ce que seule la physique peut faire, à savoir apporter le *sens*. Sur l'essentiel il est impossible de parler de l'exposé. Rien ne peut le remplacer. Je vais juste relever quelques petits points annexes.

On est surpris par le respect qu'un physicien comme Einstein manifeste envers la nature, la façon dont il veut tout voir, tout mesurer. C'est une première leçon d'humilité.

On ne peut que l'approuver quand il explique que les lois physiques passées dans les habitudes, qu'on aurait parfois tendance à substituer à la nature, ne sont que des créations de l'esprit. Cette autre leçon d'humilité devrait interpeler toutes ces adeptes du scientisme à tout crin et des “activités mathématisantes”.

Dans un autre registre, les simulations sur tableur, qui complétaient les images au microscope de lait dilué, montrent que la physique sait très bien raconter ce qui est dans le fonds de commerce commun de la Science. Cette utilisation simple et intelligente d'un tableur est aux antipodes de l'utilisation de logiciels dédiés qu'on trouve presque partout quand on parle des TICE en mathématiques, de ces “prothèses électroniques” qui empêchent de calculer, de dessiner et pour finir de comprendre.

Confusions autour d'Euler.

Venons en à la modélisation proprement dite. Dans les deux exposés, celui de Gérard Fleury et celui de Marc Rogalski, on a parlé de la méthode d'Euler. Malheureusement il y a deux aspects distincts qui se cachent derrière la méthode.

a) Il y a d'abord la méthode d'Euler naïve, celle qui consiste à laisser l'évolution opérer pas à pas. C'est ce que fait Pierre Arnoux avec le bateau dont il cherche à tracer la trajectoire sur la carte. D'après Jean Dhombres, ce serait ce que faisait Euler lui-même à partir d'un champ de directions dans le plan. Il ne connaissait pas l'existence de courbes intégrales.

Cette façon de voir la méthode ne nécessite même pas de connaître la notion de dérivée. C'est très simple à expliquer et à enseigner, sauf dans le contexte actuel des mathématiques du lycée, lequel est très peu algorithmique. Evidemment il n'est pas question de passer à la limite quand le pas tend vers 0, a fortiori de comparer à la solution d'une équation différentielle.

La méthode d'Euler apparaît dans le programme de mathématiques de la classe de première S. Elle y tombe comme un cheveu sur la soupe. Elle arrive juste après l'introduction de la dérivée, alors qu'il aurait fallu en parler à part. Par ailleurs on se limite à la primitivation, i.e. à l'équation $y' = f(x)$, ce qui n'est pas le type d'équation qu'on cherchera plus tard à résoudre. D'autre part on arrive à glisser l'idée d'approximation et d'équation différentielle, ce qui renvoie à l'aspect savant dont on parlera plus loin. L'élève (ou le manuel, voire le professeur) qui rencontre cette méthode est comme un poule qui aurait trouvé un couteau.

b) Il y a aussi la méthode d'Euler vue comme méthode numérique de résolution approchée d'une équation différentielle donnée. Là on sait que les solutions exactes existent même si l'on n'est pas en mesure d'expliquer pourquoi. Le problème de comparer les solutions approchées et la solution exacte, éventuellement à définir, se pose évidemment. C'est infiniment plus difficile. Il est hors de question d'en parler au lycée. Comme l'explique Marc Rogalski, les candidats à l'agrégation confondent hardiment une solution approchée à la Euler avec une approximation affine par morceaux d'une solution exacte. C'est bien normal. Dans le feuilletage réalisé par les courbes intégrales, ils n'imaginent pas que la méthode d'Euler les fait sauter de feuille en feuille pour prendre les tangentes.

La question des équations différentielles est plus délicate qu'on ne le croit souvent. Comme le fait remarquer Marc Rogalski, le problème de l'intervalle de définition est majeur. Quand on y ajoute la question des solutions approchées, cela devient terrible.

Une preuve de cette réelle difficulté est qu'on peut hésiter sur les conditions à mettre pour obtenir la convergence de la méthode d'Euler, autrement que locale, dans le cas localement lipschitzien. Etant donnés t_0 et x_0, si la solution maximale vérifiant $x(t_0) = x_0$ est définie sur l'intervalle I, le moins que l'on puisse demander est déjà de se placer sur un segment inclus dans I. Cela même pour $x' = f(x)$ où f est définie sur $\mathbf{R}$. Il n'y a qu'à considérer

$$x' = x^2$$

par exemple.

L'activité modélisatrice.

Ce qui suit est est motivé par la présentation qu'a faite Gérard Fleury. Une discussion ultérieure que j'ai eue avec Jacques Treiner me semble avoir un peu clarifié les choses. Voici un point de vue qui relève à la fois du consensus quant au fond et du compromis quant à la façon d'en parler.

Il y a sommairement trois étapes dans le processus de modélisation.

1) **L'élaboration du modèle** à partir de la réalité.

2) **Le traitement mathématique**.

3) **Le commentaire et la confrontation** avec la réalité.

D'abord **l'élaboration du modèle** se fait au sein de la discipline concernée, qui sera la physique pour simplifier. Le mathématicien peut y participer, mais il ne doit pas être seul. Ce modèle est qualifié de "modèle physique" par Jacques Treiner et de "modèle mathématique" par moi-même, mais nous sommes d'accord pour dire qu'il fait partie de la physique. Par exemple, dans le cas de la radioactivité, le modèle (microscopique) peut être décrit par trois points, dont ceux-ci.

- La désintégration d'un noyau n'influence pas le noyau voisin.
- La désintégration est un processus de mort sans vieillissement.

Entendons-nous cependant. Le scientifique un peu confirmé donne évidemment du sens aux deux propriétés ci-dessus; elles lui arrivent "tout armées" de leur mise en équation potentielle. Pour l'élève qui arrive en terminale, elles ne veulent strictement rien dire. Pour qu'il puisse y trouver un sens, il faut qu'il ait appris à les traduire en "équations" — terme que je prendrai ici dans un sens très large, qui peut convenir à la donnée d'un espace probabilisé.

Ce que je viens de dire est déjà vrai pour le modèle macroscopique de la radioactivité, pourtant beaucoup plus simple. Sans un peu d'expérience de la mise en équation, un point comme

- l'invariance dans le temps

ne peut recouvrir aucun sens.

En résumé le modèle comprend donc une mise en équation implicite ou explicite, laquelle fait partie de toute façon de l'analyse physique du problème.

Dans des exemples de la vie courante, on sait bien que certaines propriétés ne peuvent guère être formulées que sur le modèle. C'est par exemple le cas de l'indépendance des lancers dans le cas du lancer de deux dés.

Vis-à-vis de certaines propriétés physiques, on a absolument besoin de "notions mathématiques qui en conditionnent presque la compréhension" comme dit le texte des "sept académiciens". Je permets ici une petite digression, pour montrer à quel point les mathématiques actuellement enseignées font défaut quand la physique en aurait besoin. Lorsque qu'un élève doit tirer une grandeur en fonction des autres dans une relation physique, il apprendra par cœur le cheminement à faire alors qu'il s'agit d'un calcul algébrique on ne peut plus élémentaire, du niveau du collège. Cependant la formation qui lui est donnée en mathématiques lui permet tout juste de travailler comme un automate lorsque la seule lettre est le x. Comme il ne comprend rien à ce qu'il fait, il ne peut faire la petite transposition qu'il faudrait.

Je reviens sur le *modèle*. J'ai du mal à résister à la tentation d'appeler "hypothèses" les points considérés dans l'exemple de la radioactivité. Probablement ce terme a-t-il une connotation mathématique trop forte. En physique on néglige certains effets, on dégage ce qu'on pense important de ce qu'on pense secondaire. Et l'on revient sur ses choix, pour "affiner" le modèle. Cela fait qu'on remet le modèle en question. Il me semble que l'on procède assez souvent de même en mathématiques, au niveau de la recherche. Cependant ce ne sera jamais le cas dans l'enseignement du lycée ou en amont. C'est l'une des différences entre l'enseignement de la physique et celui des mathématiques. Le premier, me semble-t-il, intègre un peu de l'activité du chercheur. Le second non, si l'on considère que l'activité vraiment spécifique du mathématicien est de fournir un cadre rigoureux à des méthodes osées par d'autres.

Venons-en au **traitement mathématique**. Ce dernier pourra être effectué par le physicien, pour peu que ce traitement ait été déjà bien codifié ou que le physicien soit amené à innover, guidé par sa propre intuition, sans se soucier des détails. Le mathématicien sera sollicité pour s'assurer qu'on peut fixer des règles précises, évitant tout risque d'ambiguité et finalement d'erreur à ce niveau.

Maintenant les capacités en matière de traitement mathématique peuvent aussi influencer le choix du modèle. En principe la décision entre un modèle discret et un modèle continu devrait être prise au sein de la discipline en fonction du phénomène étudié. Cependant l'un se prêtera éventuellement mieux à l'étude mathématique. Cela peut orienter l'élaboration du modèle.

C'est la raison pour laquelle la présence d'un mathématicien dans une équipe intégrée peut rendre des services. Le physicien tout seul fera l'effort de formuler son problème d'une manière qui facilite le travail du mathématicien. Ce faisant il peut se tromper en croyant bien faire. Dans certains cas une formulation plus proche de sa vision de physicien aurait été plus simple à traiter par les mathématiques. Evidemment cela ne concerne pas le niveau de l'enseignement du lycée.

La souffrance de la mise en équation.

Plutôt que de "modélisation", c'est justement que Marc Rogalski préfère parler de "mise en équation". Quand c'est le mathématicien seul qui opère, c'est mieux. Implicitement une partie du travail a été faite en amont. Il propose, en prenant quelques exemples, de faire écrire une relation telle que

$$\Delta V = -kV\Delta x + o(\Delta x) \tag{1}$$

pour éviter d'écrire

$$\Delta V = -kV\Delta x \tag{2}$$

comme dans le document d'accompagnement à propos de l'exponentielle. Le physicien sait bien qu'une telle relation n'est vraie qu'à peu près. Pour l'élève, qui ne connait pas la différence entre erreur absolue et erreur relative (cf le compte-rendu précédent) cela signifie que l'erreur tend vers 0 avec Δx, ce qui vide la propriété de son sens.

Partant de (1), on obtient aussitôt

$$V'(x) = -kV(x)$$

et l'on résoud.

On a eu droit à quelques présentations très propres, comme dans l'exemple de la solution salée que l'on dilue régulièrement, exemple qui est exactement celui proposé par Pierre-Henri Terracher (cf le compte-rendu précédent). Cependant il faut voir que la continuité, qui a été évoquée un peu subrepticement mais avec un argument authentique, n'a rien à voir avec celle qui se dégage des programmes de terminale actuels, où il ne s'agit plus que d'incantation au formalisme. Le "majorer, minorer" ne fait vraiment pas partie des techniques que l'on valorise.

Il n'y a qu'un point discutable dans tout cela. Il est douteux que l'adjonction du $o(\Delta x)$ soit une protection contre certains risques d'erreur. Quand on estime une tranche ΔS de surface de révolution $r = 1/x$, il ne faut pas assimiler la surface à un cylindre mais à un cône. Beaucoup de physiciens se sont trompés. La proportion de mathématiciens tombant dans le panneau eût-elle été différente? Peut-être car une bonne partie d'entre eux aurait été simplement bloquée. Ceux qui osent font comme leurs collègues physiciens.

Je vais donner ma position personnelle. Après avoir travaillé sur quelques bons exemples pour produire des relations telles que (1), l'élève devrait pouvoir mettre en oeuvre les mécanismes suivants, ce qui constituerait l'acquisition d'un petit métier en soi. Précisément :

- considérer des accroissements dx et dV, qu'il pensera comme étant petits (à la manière des physiciens) et représentera graphiquement comme tels,

- écrire directement la relation

$$dV = -kV dx \tag{3}$$

qui est exacte pour des accroissements infiniments petits.

Dans cet exemple, on voit que c'est l'attitude du physicien qui apporte le sens, le mathématicien pouvant se permettre l'infiniment petit alors que le physicien doit souvent négocier un "petit mais pas trop". Bien sûr, pour quelqu'un de savant, le formalisme des formes différentielles donnerait un cadre abstait pour la relation (3). En revanche ce formalisme n'apporterait rien quant au sens.

Un calcul qui n'est pas très expert.

A l'occasion de la réforme du collège et à propos du calcul à l'école élémentaire, Jacques Moisan a commenté le texte des "sept" académiciens. Il regrette que ces derniers privélégient les "procédures expertes" au détriment des "procédures individuelles". Il donne des exemples de dialogue avec sa petite-fille.

Grand-père. Qu'avez-vous appris aujourd'hui?
Petite-fille. L'addition.
Grand-père. Peux-tu faire 25+37?
Petite-fille. On ne nous l'a pas appris.
Grand-père. Essaie quand même !
Petite-fille. Je fais $5 + 7 = 12$, puis $20 + 30 = 50$, puis ... et elle trouve.

Le grand-frère, qui a entendu, a essayé de poser $25 + 37$ de tête; il a oublié la retenue et trouvé 52. L'année d'après, le grand-père interroge de nouveau.

Grand-père. As-tu appris $25 + 37$?
Petite-fille. Oui; cela fait 2 dizaines + 3 dizaines = 5 dizaines, puis 5 unités + 7 unités = 12 unités = 1 dizaine + 2 unités etc. Mais je ne sais pas 12×9.
Grand-père. Tu sais bien 12×10.
Petite-fille. C'est 120. Ah oui! $12 \times 9 = 120 - 12 = 108$.

Tout cela pour montrer l'intérêt des "procédures individuelles". Qui a pu faire croire que les "sept" étaient contre ce qu'on vient de rapporter? Ce qu'a fait la petite-fille s'appelait très exactement du *calcul mental* et c'est précisément ce qu'il veulent remettre à l'honneur.

Mais il y a calcul mental et calcul mental ! Ces dernières années on a caché sous cette dénomination un calcul posé effectué dans sa tête. C'est exactement ce qu'a fait le frère. Autrement dit il faut être très prudent avec la consigne donnée aujourd'hui en faveur du calcul mental.

De même les procédures individuelles, qui ne sont pas mentales en général, sont-elles le plus souvent débiles. Le calcul posé de tout le monde leur est déjà très supérieur.

Les procédures de la petite-fille ne sont pas spécialement individuelles. Elles sont simplement intelligentes. Et elles sont bien plus expertes que les procédures dites "expertes" dans la stupide dénomination officielle.

Voilà donc une magnifique démonstration de ce que préconisent les "sept". Le calcul mental, le vrai, le calcul dit "réfléchi", bref le calcul intelligent, n'est pas une expertise en plus, il est primordial (au sens primitif du terme). Et il mêle plusieurs opérations en même temps que la numération. Si l'on s'entend là-dessus, on peut ensuite négocier certains détails de calendrier.

La tour de Pise penche (scoop).

Lorsqu'on veut relativiser la position de la France dans les évaluations internationales au niveau du collège, on fait remarquer que la géométrie déductive n'est pas prise en compte, parce qu'absente dans les autres pays.

Il est vrai que l'enseignement français traditionnel, qui faisait débuter l'étude de la géométrie du triangle dès la sixième, était une exception. C'était un pari jugé audacieux ailleurs, mais assez bien relevé chez nous.

Je n'emploie pas le passé pour rien. En effet cette géométrie, fondée aujourd'hui sur les symétries axiale et centrale, n'a plus de déductive que le nom. De raisonnement il n'y a plus, aujourd'hui au collège. A coup de gigantesques boîtes à outils ou de discours abstraits sur la logique, on en est arrivé aux fameuses "figures téléphonées" qui sont une négation de la science.

D'ailleurs, lors d'un groupement interacadémique, j'ai appris que le programme lui-même faisait fi de la logique mathématique, en faisant établir (comme une trivialité qui a du mal à passer pour démonstration) l'équidistance des points de la médiatrice en sixième et en faisant utiliser la réciproque en cinquième pour montrer la concurrence.

Comme pour le calcul mental, il ne faut pas confondre la tradition d'hier et la vérité d'aujourd'hui. A l'école élémentaire, où la liberté pédagogique est assez grande pour qui sait bien grimacer, il reste des instituteurs efficaces. Comme j'imagine que les collègues ne placent pas enfants et petits-enfants dans les écoles réputées difficiles, ils peuvent avoir l'illusion que tout ne va pas si mal. Il est donc plus important de tenir compte de la philosophie qui règne dans les lieux de formation que de quelques heureuses exceptions.

La modélisation débile.

Il y a d'un côté la "modélisation" ou la "mise en équation" des scientifiques. En mathématiques il vaut mieux choisir le second vocable pour des raisons qu'on a expliquées et parce que l'utilisation des termes à la mode se révèle souvent dangereuse. On aboutira à des équations que l'on étudiera ou résoudra d'une façon ou d'une autre. Les conclusions seront alors confrontées à la réalité. En cas d'adéquation, on tiendra le modèle pour valable, jusqu'à nouvel ordre.

C'est la démarche scientifique toute simple. Et c'est de cela qu'on doit s'inspirer dans l'enseignement. Malheureusement on verra que c'est quasiment impossible aujourd'hui. Et que, dans un monde rendu idéal par miracle, il faudrait quand même se montrer très modeste.

Cela n'a rien à voir avec la modélisation des ingénieurs. En présence d'un phénomène très complexe, pour lequel on sera incapable d'identifier suffisamment de paramètres, on construira un modèle très complexe aussi, partant de ce qu'on sait et complétant par analogies diverses. On fera beaucoup d'expériences pour déterminer les nombreux paramètres sans chercher en connaître le rôle. Il en sortira éventuellement un outil efficace de prédiction.

Cependant ce n'est pas de la science. Cela ne participe pas à la compréhension intime des phénomènes, qui est le but de la physique. On ne doit pas chercher à importer cette démarche dans l'enseignement.

Il faut aussi classer en dehors de la science l'activité consistant à traduire en formules des relevés expérimentaux si là s'arrête la réflexion. La science commence dans l'explication rationnelle qu'on pourra donner de ces éventuelles formules.

La physique devient inaccessible.

La mode de l'interdisciplinarité a conduit à introduire dans l'épreuve du baccalauréat des questions se rapportant à un contexte de physique ou de biologie. L'Inspection générale reconnaît que la partie physique d'un des exercices du sujet de l'an dernier pour la série S n'était que cosmétique. Alors que la même inspection ne peut pas se permettre d'annoncer quatre mois à l'avance l'interdiction des calculatrices par peur de traumatiser les pauvres candidats, elle n'est pas gênée d'avoir infligé un déchiffrage aussi délicat qu'inutile à des candidats non prévenus.

Le mérite de l'expérience aura été d'apporter la preuve qu'on ne peut pas demander en mathématiques la mise en équation d'un phénomène physique simple. L'une des raisons est le formidable écart de langage qui sépare les deux communautés enseignantes et donc les réflexes acquis par les élèves quand on leur demande de traiter un exercice de mathématiques ou de physique.

Le résultat est les enseignants de mathématiques, y compris certains universitaires, trouveront le texte incorrect sur le plan mathématique alors que ceux qui ont reçu une formation à l'ancienne, dont la physique n'était pas absente, le trouveront débile d'un point de vue physique. Il faut quand même dire que la rédaction de l'exercice en question était particulièrement gratinée et qu'il y en avait pour tous les (dé)goûts.

Or le sujet aurait été montré à des physiciens qui n'auraient rien trouvé à redire. Voilà où nous a conduit des décennies d'impérialisme stérilisant des mathématiques dans l'enseignement. Les physiciens laissent tout passer dès lors que la physique est produite par des mathématiciens pour leur usage personnel. Il arrive même que certaines aberrations langagières proprement mathématiques se retrouvent aujourd'hui dans l'enseignement de la physique.

On a dit que la physique apportait le sens. On ne peut pas faire un enseignement de mathématiques digne sans s'appuyer de temps en temps sur la physique, laquelle démarrait encore récemment encore à l'intérieur même des mathématiques, avec le comptage, la mesure, la géométrie et peut-être un peu la mécanique. Avec le nouveau programme de l'école élémentaire, qui évite les unités et qui met dans un ghetto tout ce qui concerne la mesure, avec les nouvelles orientations du collège, on peut malgré tout s'inquiéter.

Dans l'autre sens, même si des conditions idéales étaient remplies quant à la formation des enseignants, il restera que les mathématiques ne pourront jamais, arrêtées à un niveau donné, fournir un cadre complètement satisfaisant à un physique arrêtée au même niveau. On a entraperçu cette dure réalité avec la méthode d'Euler. On l'a rencontrée avec la mise en équation différentielle. On devrait la rencontrer avec une formule aussi simple que $\vec{f} = -k\vec{v}$ décrivant une force de frottement proportionnelle à la vitesse. Combien de collègues universitaires ont-ils seulement vu la difficulté?

A quoi les mathématiques servent-elles alors? A faire prendre de bonnes habitudes dans un cadre un peu plus simple. Mais cela ne sert que si ces bonnes habitudes sont parfaitement acquises et comprises, parce que c'est la condition pour qu'elles puissent être transposées. En mathématiques cela n'a aucune utilité d'effleurer les sujets pour suivre les effets de mode, ce qu'on voit malheureusement un peu partout aujourd'hui, dans le rapport Thélot et les programmes du collège, dans ceux du lycée des séries S et ES, ou dans le programme des prochaines journées de l'APMEP.

Problèmes politico-juridiques.

Une commission inter-IREM n'est pas le lieu naturel pour discuter des problèmes que rencontre l'institution vis-à-vis de la société. Jacques Moisan en a parlé sans artifice. Peut-être est-ce la tradition de l'Inspection? En tout cas cela change de la langue de bois qui caractérise notre société.

L'Inspection avoue que la seconde est “une classe de non-droit”, qu'elle n'a pas la possibilité d'y faire respecter les programmes, qu'elle n'en a d'ailleurs même pas la volonté parce qu'elle comprend les professeurs qui laissent tomber les statistiques, la géométrie dans l'espace et les thèmes, faute de temps. C'est, me semble-t-il, une grande première. Avec l'aveu de la vanité des prétentions modélisatrices, quel hommage à ceux qui parlent de désastre!

Le pragmatisme a souvent dirigé l'Inspection. Pourquoi faire de la série S un repoussoir? Autant faire en sorte que les notes de mathématiques soient dans la moyenne des autres.

Fallait-il garder le schéma rigide du problème et de deux exercices? Cela tenait quand il y avait de la géométrie. Avec une analyse dominante et creuse, on faisait ressortir le creux. De trois à cinq exercices : voilà une formule plus souple. Il faut être un ayatollah pour s'en plaindre.

Faut-il des questions ouvertes? Commençons déjà par des questions pas trop fermées. Et si l'on garde 3 points sur 20 pour une question plus ouverte, quel mal y a-t-il?

Pourquoi alors ces gadgets que sont les QCM ou la ROC? Juste pour dire qu'on fait quelque chose? Que dirait l'Inspection si on lisait dans un journal national ce qui suit?

L'Inspection générale de mathématiques est consciente des ravages que peuvent occasionner les calculatrices au baccalauréat, vues les possibilités offertes par les cartes à mémoire ou par les technologies de communication à distance, surtout qu'on on sait qu'il y a des QCM et qu'il y aura des questions de cours.

Cependant, suivant la variante française du principe de précaution (voir ainsi l'amiante, le sang contaminé, la vache folle ou l'hormone de croissance) elle ne pense les interdire que dans trois ou quatre ans.

Compléments Jacques Moisan.

- Environ une heure de mathématiques a été perdue, de la 6ème à la terminale, ce qui fait une année et demie en moins.

- En 1993 la série C a représenté plus de la moité du total C+D+E, à la suite d'une simplification des épreuves du bac, due à JLO.

- On veut favoriser les exercices ouverts; mais on en reste à des questions du genre: pour quelles valeurs de t a-t-on $v \leq v_\infty$?

- Il y aura une nouvelle banque d'exercices sur le site de la Desco.

- "Le point de vue de l'évaluation n'a pas été pris en compte" par le GEPS, et ce de façon délibérée.

- Claudine Robert a été mise en garde à propos du programme de la classe de seconde, mais elle n'a rien voulu entendre.

- La réforme du collège met l'accent sur 1) la cohérence avec la primaire 2) celle entre disciplines (par les thèmes de convergence) 3) le calcul mental.

- Il y a un texte sur le calcul numérique et littéral.

- Pour ce qui des TICE, parmi les enseignants, 20% en font dans leur classe, 20% ne veulent pas en entendre parler, 60% les utilisent personnellement mais pas dans la classe.