REFLEXIONS SUR LE BAC S 2003
(SUITE)

Catherine SACKUR,
Equipe du génie cognitif,
IREM de Nice

Voici quelques réflexions sur le problème du sujet de math de la section S à la session de juillet 2003. Elles font suite aux textes de Y. Matheron (cf. *Petit x* n° 62), de M. Rogalski (qu'on peut consulter sur le site de l'ARDM : www.ardm.asso.fr) et de M. Zerner. Ceux et celles qui sont intéressés par le texte complet écrit par M. Zerner peuvent me le demander, je le leur enverrai. (catherine.sackur@wanadoo.fr).

Ces réflexions sont inspirées par l'enseignement que j'ai fait pendant l'année dans une classe de terminale S-spécialité SVT et par la correction de 97 copies de cette même spécialité. Ne disposant plus des copies pour faire une étude détaillée et documentée je ne peux donner que des impressions qualitatives.

Dans l'académie de Nice, les instructions pour la correction ont été données en deux temps. Aussitôt après l'épreuve, un premier barème détaillé a été établi. Sur l'ensemble du sujet, une dizaine de questions ont été placées " hors barème ", ce qui veut dire que les 20 points ont été répartis sur les questions restantes et que ces questions " hors barème " apportaient un bonus de 0,25 à 0,5 point chacune. Le maximum de points qu'il était possible d'obtenir était alors de 23. Quelques jours plus tard et après correction de la moitié environ des copies, une réunion d'harmonisation s'est tenue avec les IPR : de nouvelles questions ont été mises " hors barème " portant la note maximum à 26.

Contrairement à ce qui a été souvent entendu et dit par les élèves eux-mêmes le paquet que j'ai corrigé ne contenait aucune copie blanche au sens strict du terme et pas plus de copies " presque vides " que d'habitude. Par contre, même s'il y avait, comme d'habitude, de très bonnes copies, aucun élève n'avait traité l'intégralité du sujet alors que c'est généralement le cas pour environ 4 à 5 % des élèves. Les élèves ont essayé de travailler, la plupart du temps avec peu de succès. Il y a surtout beaucoup de copies très lacunaires (celles que les élèves qualifient de "blanches") dans lesquelles seules les questions dont la formulation permettait d'identifier une tâche familière et paraissaient abordables ont donné lieu à des tentatives de résolution. Ces questions sont les questions A1, B1b, B2a, B2b, C1 et C3.

I. Analyse du travail des élèves

Dans un premier temps, je propose de regarder le détail du travail des élèves en relevant les points qui à mon avis nécessitent une étude plus approfondie. Je numérote ces points pour les détailler ensuite.

A1 : bien traité. Il est vrai que la réponse est dans le formulaire.

A2 : peu de résolution correcte et même peu de tentatives. La simple vérification, comme la formule M. Rogalski, (*la question posée se contente de demander de montrer une égalité donnée :* $N_0\, e^{at} = N_0 2^{t/T}$. *Est-ce "difficile", inhabituel, hors rapport institutionnel..., de procéder alors par équivalences de calculs, technique utilisée depuis la classe de quatrième*) n'est pas courante chez les élèves qui ont l'impression de tricher s'ils "partent du résultat". Le raisonnement par équivalence, s'il est pratiqué par commodité dans les équations algébriques simples, n'est pas une connaissance très stable des élèves. J'y reviendrai (point 1).

B1a :Beaucoup d'élèves ont commencé le calcul (à peu près 1 sur 2) et n'ont pas abouti. La plupart du temps il y a erreur sur la dérivée de 1/g. Deux interprétations sont possibles de cette erreur : soit les élèves ne savent pas dériver 1/g, soit ils n'ont pas compris que pour faire le changement de variable dans l'équation différentielle il fallait poser une nouvelle fonction h et calculer sa dérivée (point 2).

B1b : bien traité

B1c : peu abordé. La plupart du temps, quand les élèves font quelque chose, ils paraphrasent la partie directe du raisonnement c'est-à-dire le B1a (point 1).

B2a : c'est fait, juste ou faux, en particulier l'inégalité qui est souvent mal démontrée.

B2b : les élèves calculent la dérivée, l'utilisation de la relation (E) est très rare et c'est normal comme cela a été clairement expliqué par Y. Matheron. Les calculs de la dérivée sont rarement menés au bout de façon exacte (point 3). Pour la deuxième partie de cette question, on trouve assez souvent une résolution de type algébrique qui fait l'économie du théorème de la bijection. Quand celui-ci est appliqué, la vérification que M/2 appartient bien à l'intervalle image est rarement faite. (point 4)

B2c : pas traité

B2d : quand il y a quelque chose c'est une moyenne arithmétique entre $g(0)$ et $g(t_0)$. L'intégrale se trouve dans de rares copies et elle n'est pas calculée.

De la partie B, presque rien n'est traité et il me semble que pour beaucoup d'élèves le découragement arrive à ce moment-là.

C1 : traité par moins d'un élève sur deux, les autres ayant abandonné à ce point du problème. Même chez ceux qui ont traité cette question, il n'y a pas toujours la valeur de a.

C2 : très rarement fait, faute de temps ou par découragement.
C3 : la courbe est faite, dans un quart des copies environ (point 5).

C4 : quelques élèves remarquent que les deux courbes coïncident jusqu'à t = 1,5, ce qui leur permet de répondre à la question. La plupart des quelques-uns qui ont traité cette question recopient la phrase du début de l'énoncé comme l'a prévu M. Zerner :

" *On arrive alors au bouquet final, la dernière question, qui n'a aucun sens. "Dans quelles conditions le premier modèle vous semble-t-il adapte aux observations faites" D'abord la question est ambiguë. Quid de la réponse : "Dans les instants qui suivent l'ensemencement du milieu de culture" recopiée au début de l'énoncé ? C'est la seule réponse correcte puisque les candidats, ignorant tout de la précision de l'expérience et de l'usage qu'on compte faire du "modèle", ne peuvent rien dire de raisonnable qui soit plus précis. Une question plus sérieuse eut été: "Dans quel intervalle de temps la fonction g diffère-t-elle de f de moins de 5%.*".

II. Quelques points cruciaux.

(1) Raisonnement par équivalence et réciproque. Il n'est pas facile de savoir quel calcul (ou raisonnement) peut se faire par équivalence et quel calcul nécessite une réciproque. Mon expérience est que, encore en terminale, beaucoup d'élèves (surtout ceux qui sont en spécialité SVT, et le bac est fait aussi pour eux) ne savent pas qu'élever une égalité au carré ne donne pas une égalité équivalente. A contrario, hors du domaine de l'arithmétique, on a peu besoin de réciproques et donc pour beaucoup d'élèves quand on a démontré un résultat, on a aussi démontré sa réciproque. Je ne dis pas que ceci est conscient et encore moins que c'est formulé comme ça par les élèves, c'est plutôt une connaissance implicite chez eux. Cela fait partie de ces connaissances qui sont indispensables pour faire des math, qui vont de soi pour un mathématicien mais n'ont pas toujours un statut explicite dans la classe de mathématiques. On est donc dans une situation délicate qui conduit beaucoup d'élèves à ne pas "oser" partir du résultat qu'on cherche à obtenir, c'est-à-dire à raisonner par équivalence. Ils ont aussi l'impression que ce n'est pas " du jeu ". Que le résultat est là pour les aider mais que le travail du mathématicien est de faire la transformation dans l'ordre donné par l'énoncé : " on a ceci, on veut cela ".

(2) Changement de fonction dans une équa diff. A mon avis, ceci n'a aucun sens pour les élèves, même pour ceux qui ont fait le calcul exact de façon formelle. J'ai tendance à penser que ce que M. Rogalski appelle la "dynamique du calcul" (*...on a l'impression que les auteurs se représentent l'activité scientifique comme de type divinatoire et anticipatrice, alors que le plus souvent (certainement au lycée, mais même à des niveaux ultérieurs) elle repose sur une nécessité et une dynamique internes de l'activité. Autrement dit, l'activité a une très forte autonomie par rapport à l'analyse de la tâche parce qu'elle comporte une dynamique interne...*) est, pour les élèves, un calcul purement formel sans signification. Et puis comme diraient les élèves : " d'où elle sort cette fonction 1/g ? " comment pourraient-ils faire pour la trouver par eux-mêmes ? Les élèves ont souvent de ces questions : " et si on nous le ne dit pas, comment on fait nous pour le trouver ? ". Alors si on leur dit, pourquoi ne pas leur donner

directement la bonne fonction ? ou la bonne équa diff ? Que cherche-t-on à vérifier ici ? Ce point pose une question sur laquelle je reviendrai de façon plus générale à propos de la philosophie du programme.

(3) Technicité des calculs. Il ne faut pas oublier que les élèves qui ont passé le bac cette année ont vu le nombre d'heures d'enseignement de math réduit de façon assez importante, en seconde et en première et que depuis plusieurs années les instructions nous enjoignent d'éviter les calculs techniques. On se retrouve avec des élèves qui ont des difficultés réelles à mener un calcul un peu long.

(4) Il me semble qu'on se trouve ici en présence d'une dynamique de l'activité des concepteurs du sujet plutôt que d'une dynamique de l'activité mathématique telle qu'en parle M. Rogalski. Il n'est pas rare qu'en construisant un énoncé on cherche à placer l'usage d'une technique et qu'on ait la surprise de constater que les élèves s'en sont parfaitement sortis autrement.

(5) Comme je l'ai dit plus haut, la courbe passe par les points placés sur le schéma. Comble d'hypocrisie dans l'académie de Nice : dans la première mouture du barème, on n'attribuait de points à cette courbe que si elle ne passait pas par les points donnés dans l'annexe, alors même qu'il n'est pas dit que ce sont des points expérimentaux et que la courbe théorique est vraiment très proche de la courbe expérimentale !

III. Quelques remarques générales

On peut se demander quelles connaissances et capacités des élèves un tel sujet permet de tester. On ne teste pas la capacité à modéliser une situation puisque les modèles sont donnés. On ne teste pas plus la capacité à mesurer l'adéquation d'un modèle à la réalité puisque ainsi que le souligne M. Zerner, la question C4 est ridicule, la réponse se trouvant à deux reprises dans l'énoncé (voir plus haut). J'ai déjà dit que le statut des données de l'annexe reste inconnu. D'autre part le test d'un modèle ne peut être un objectif de l'enseignement de mathématiques de Terminale S.

Donc finalement on teste des connaissances mathématiques et leur utilisation. Il n'y a donc pas lieu de présenter ce sujet comme révolutionnaire puisqu'il ne fait rien de plus que ce qu'ont fait tous les sujets de bac depuis bien longtemps et que de plus il le fait mal.

On teste aussi la capacité des élèves à reconnaître la question mathématique derrière une formulation en langage “courant”. On est donc dans une situation ambiguë, qui découle du nouveau programme. En effet celui-ci ressemble à une “visite guidée” des mathématiques. On *rencontre* une équation différentielle, sans jamais définir ce que c'est. Je crois, et je ne suis pas seule à le croire, que les mathématiques se font avec des définitions.

Pour obtenir par la démonstration une propriété d'un objet mathématique, on a besoin de sa définition. Le programme actuel croit pouvoir faire l'économie des définitions (par exemple de ce qu'est une équation différentielle). Il fait croire aussi que “démontrer” qu'il existe une et seule fonction satisfaisant l'équation différentielle $y'=ay$

va permettre aux élèves de comprendre l'intérêt mathématique de cette notion. Evidemment, il n'en est rien, la démonstration d 'une propriété qui n'a pas été problématisée n'éclaire personne.

D'une façon générale, dans ce sujet, de nombreuses formulations sont ambiguës pour les élèves :

- " *a* le réel défini dans la partie A " or dans la partie A on lit " où *a* est un réel strictement positif dépendant des conditions expérimentales ". Je ne pense pas que c'est à ce genre de définition que sont habitués les élèves en cours de math.

- " la vitesse d'accroissement du nombre de bactéries est décroissante… ". Certes on dit à nos élèves que la dérivée première peut être interprétée comme une vitesse et que la dérivée seconde est liée à la variation de cette vitesse. Mais qui travaille vraiment ces questions pour qu'elles soient opérationnelles le jour du bac ?

- sur " le nombre moyen de bactéries ", on peut faire la même remarque que sur la dérivée seconde. Ce n'est pas le nœud du chapitre sur l'intégration.

- ceci me conduit à une dernière remarque : le problème de bac est censé couvrir une large partie du programme de l'année. Certes plusieurs chapitres du cours d'analyse sont mis en œuvre dans ce sujet, mais je ne crois pas que ce soient les connaissances fondamentales de ces chapitres dont l'acquisition soit vérifiée ici.

Pour conclure, je voudrais faire une remarque sur "l'autonomie" que les élèves sont censés acquérir via les TPE. Il est évident, pour quiconque a encadré des TPE, qu'il ne s'agit pas, la plupart du temps, d'autonomie dans leur travail mathématique.

Il est tout aussi évident que les didacticiens connaissent de nombreuses façons de développer l'autonomie *mathématique* des élèves. Si l'enseignement leur faisait une place, on pourrait alors vraiment envisager une autre façon de concevoir l'épreuve de math du baccalauréat.