

# Contribution sur la consultation sur les programmes de terminales générales et technologiques du lycée

Société Mathématique de France

avril 2011

La SMF tient à manifester son inquiétude sur l'avenir de l'enseignement des mathématiques et de l'enseignement scientifique en général dans l'enseignement secondaire à l'occasion de la parution des projets de programmes pour les terminales S, ES, STI2D, STL et STD2A soumis à consultation du 7 Mars au 22 Avril.

La SMF souhaite attirer l'attention sur la méthode qui a prévalu pour l'élaboration de ces programmes. Elle rappelle qu'elle s'est exprimée sur la base des informations qui lui avaient été communiquées lors d'une entrevue en novembre 2010 avec l'Inspection Générale, comme cela avait été le cas en mai 2009 pour les programmes de seconde, puis en février 2010 pour les programmes de première. Elle avait également apporté une contribution lors de la consultation sur les programmes de première en mai 2010. Force est de constater que si, pour les programmes de seconde, une certaine attention avait été portée à ses remarques par exemple sur la géométrie, le groupe d'experts en a tenu bien peu compte cette année. Nous espérons que cette nouvelle consultation permettra un remaniement réel des programmes de terminale, même si nous regrettons qu'il n'ait pas été possible d'avoir l'ensemble des programmes du lycée en mai 2009, ce qui aurait permis une réflexion globale plus efficace.

Si le préambule du programme mentionne la poursuite d'études comme une préoccupation importante, on ne perçoit cependant pas de réelle réflexion sur la transition avec l'enseignement supérieur. Ces programmes ont été élaborés sous des contraintes fortes de diminution d'horaires en seconde et première, et d'exigence de passerelles jusqu'à l'entrée en terminale. Le saut qualitatif et quantitatif lors du passage de la première à la terminale, déjà important avant la réforme, deviendra certainement insurmontable pour une partie des élèves. Cela a certainement pesé sur les travaux des groupes d'experts, mais, compte tenu de la quasi-préservation de l'horaire global des mathématiques en seconde-première-terminale S, cela ne peut justifier entièrement l'ampleur de certaines coupes. La possibilité de passerelles nous paraît largement illusoire dans le sens ES vers S. Son respect va pourtant retarder gravement la formation des élèves en sciences ; en mathématiques, il faut attendre la terminale S, voire le seul enseignement de spécialité, pour trouver un programme consistant. Il est inquiétant de penser que cette légèreté pèsera sur les vocations pour des études scientifiques : les bons élèves scientifiques, étant souvent attirés par une certaine difficulté, risquent d'être moins intéressés. La formation fort peu conséquente des futurs étudiants en sciences humaines est encore plus inquiétante. En séries technologiques, les programmes sont globalement très conséquents, jusqu'à des thèmes d'étude abordés auparavant seulement en STS ; le risque est ici que des élèves peu attirés par les

mathématiques soient dépassés par les concepts introduits en terminale.

Ces programmes, dont la ligne directrice n'est pas apparente, consacrent cependant la prévalence de choix contestables et entachés d'incohérences. Rappelons quelques arguments à l'appui de ce diagnostic :

- La démarche scientifique annoncée en préambule à base de mise en oeuvre d'une recherche de façon autonome, de raisonnement et d'esprit critique, cède la place dans les capacités attendues à des conclusions tirées au mieux de connaissances apprises par coeur et de simple calcul, voire même seulement d'observation et d'approche intuitive, sans être construite à partir de définitions et démonstrations rigoureuses.

- Une vision réductrice de l'usage des logiciels de calcul formel. La volonté de libérer les élèves de la charge de calculs d'une prétendue trop grande technicité revient en boucle. Ceci part d'une conception fautive du rôle du calcul dans l'enseignement, car les exercices de base sont essentiels dans toute activité mathématique à l'instar de toute activité reposant sur de vraies techniques. De plus, elle est en contradiction avec l'expérience dominante sur les difficultés croissantes rencontrées par les élèves pour mener des calculs manuels même les plus élémentaires. On voit mal ce que pourraient être les «calculs très techniques» évoqués avec suspicion dans le programme. Enfin, l'incompétence calculatoire est un obstacle majeur à l'usage raisonné de logiciels.

- Des coupes sombres dans les programmes dans l'ensemble de l'enseignement secondaire. En géométrie surtout, avec particulièrement la disparition de l'étude des transformations et des barycentres. En analyse aussi, aboutissant par exemple à des notions de limite et de continuité peu cohérentes et à la disparition d'outils fondamentaux en mathématiques et dans les autres disciplines dans l'enseignement secondaire et supérieur.

- Un recul systématique devant les difficultés, même quand elles seraient à la portée des élèves. Beaucoup de notions mériteraient d'être éclairées par une généralisation naturelle. Ainsi le calcul de la dérivée des fonctions composées, remplacé par un catalogue de formules sans structure, plus ou moins complet selon les séries.

- L'apparition de notions ad-hoc d'une validité et d'une portée scientifique contestables comme les «intervalles de fluctuation» ou les fonctions «continues par intervalle», en lieu et place de notions reconnues par la communauté mathématique.

- Une conception utilitaire et à courte vue de la multidisciplinarité. Des notions sont enlevées du programme de mathématiques de terminale S pour avoir été déclarées inutiles en physique ou en SVT. Inversement les programmes de ces disciplines deviennent de plus en plus descriptifs faute de l'outil mathématique adéquat. La concertation entre les Inspections Générales des différentes disciplines dont nous nous félicitons a priori ne semble pas avoir porté les fruits attendus.

L'Inspection Générale et les groupes d'experts ont depuis plusieurs années pris des options dans les choix des suppressions et la présentation même des programmes. La part grandissante des probabilités et de la statistique se fait clairement au détriment de la géométrie dans son ensemble et d'outils d'analyse fondamentaux pour la poursuite d'études. Décider de consacrer une part importante de l'enseignement secondaire aux probabilités et à la statistique est en adéquation avec le monde actuel, mais ne peut constituer une fin en soi. On ne peut s'en réjouir sans regretter les conditions de leur introduction. En tant que mathématiques appliquées, elles utilisent structurellement les outils développés dans le reste des programmes, et pâtissent ainsi de nombreuses disparitions ou définitions

approximatives qui y sont constatées. Il serait regrettable que l'introduction de la statistique dans l'enseignement secondaire conduise dans les faits à plus de confusion au lieu d'apporter aux futurs citoyens et aux futurs scientifiques, en sciences dures, expérimentales ou humaines, les moyens de mieux comprendre le monde actuel.

Malgré ces coupes sombres en analyse et en géométrie, ces programmes n'en seront pas moins difficiles à assimiler pour des élèves qui n'auront pas été habitués à absorber une quantité de nouveaux concepts durant leurs enseignements aux horaires et contenus fortement limités en première. De plus, la latitude donnée entre ce que l'on attend des élèves (capacités) et jusqu'où on peut aller (commentaires) créera de grandes disparités entre les établissements. Ces écarts de formation risquent d'être renforcés par le nombre important d'heures laissées à la discrétion des établissements, selon la nature (soutien ou approfondissement) et la répartition entre les matières des deux heures d'accompagnement personnalisé par semaine et du volant d'heures à libre disposition à l'année (10h en terminale S, 6h en terminale ES, 16h en terminale STI2D pour 29 élèves et 18h en terminales STL et STD2A pour 29 élèves).

Nous détaillons dans la suite des remarques spécifiques aux différentes séries, la liste n'en est pas exhaustive. Notons que certains problèmes étaient déjà signalés au groupe d'experts dans l'analyse faite par la SMF après l'entrevue de novembre 2010.

# Terminale S

Le symbole  $\square$  est conçu pour permettre aux professeurs de repérer les démonstrations ayant valeur de modèle. Il est étrange de le trouver dans la partie de commentaire du programme, d'autant plus lorsqu'il y est accompagné du préambule «il est intéressant de démontrer...» : soit cette preuve est un attendu du programme et doit figurer dans la colonne des capacités attendues, soit elle ne l'est pas et ne peut servir de modèle.

Les propositions de thèmes d'approfondissement sont une source d'étonnement sans limite. On cède à la facilité sur les capacités attendues des élèves, et dans le même temps, on propose des actions d'accompagnement personnalisé d'un niveau très supérieur, ouvrant la porte à un enseignement variant considérablement d'un établissement à l'autre :

- Sans suites adjacentes, l'approximation d'irrationnels sera bien difficile.
- Limite et continuité en un point disparaissent mais il est proposé de donner aux élèves des exemples de «fonctions continues nulle part dérivables». Ce type de contre-exemple, s'il est bien connu des agrégatifs, paraît pour le moins saugrenu avant le baccalauréat. Enfin, évoquer les fonctions dérivables à dérivée non continue est loin d'être primordial dans ce cadre.
- Proposer d'étudier des phénomènes d'évolution à partir de la fonction exponentielle sans disposer des équations différentielles constitue une gageure.
- Sans loi des grands nombres, la réalisation de la méthode de Monte-Carlo risque de se réduire à un jeu de fléchettes.
- Pour rendre possible une «prise de décision lors de la comparaison de deux proportions», il serait nécessaire d'inclure l'étude des tests de comparaison, qui paraît hors programme. Il est à noter que sur ce point, comme sur d'autres, le choix fait dans le projet de STI2D et STL est bien plus clair (disjonction des deux intervalles de confiance).

## Analyse

### Suites

La disparition des suites adjacentes rend impossible la justification de l'approximation d'aires, la méthode classique d'approximation de réels par double encadrement et contrôle du terme d'erreur, etc.

Proposer d'établir les théorèmes de comparaisons classiques de convergence en démonstration modèle serait pertinent.

### Limites de fonctions, continuité sur un intervalle

La disparition de la limite finie en un point est d'autant plus étonnante que la notion de limite en 0 est abordée en première avec l'étude des nombres dérivés. Cette disparition rend impossible de parler de continuité en un point et encore moins de continuité sur un intervalle, d'où l'introduction d'une notion de fonctions «continues par intervalle» non précisée et non reconnue par la communauté mathématique, pas plus qu'une «approche intuitive de la continuité». D'un point de vue pratique, comment les calculs de limite infinie en un point qui demeurent au programme pourront-ils être justifiés? Par exemple, comment déterminer la limite de  $(x + 1)/(x - 1)^2$  en 1 sans dire que le numérateur tend vers 2 et le dénominateur vers  $0^+$  ?

Mettre en capacités attendues le calcul d'une limite de composée sans introduire aucune théorie générale sur ces composées est pour le moins surprenant.

L'étude du comportement asymptotique des fonctions se limite aux asymptotes parallèles à l'axe des abscisses ; les asymptotes obliques et les courbes asymptotes disparaissent. La question de transition avec les études supérieures se pose ici clairement, comment les élèves pourront-ils appréhender les notions de direction asymptotique et d'asymptotes à des courbes paramétrées ou en coordonnées polaires sans avoir assimilé précédemment la notion d'asymptote à une courbe d'équation  $y = f(x)$  ?

L'algorithme de dichotomie, algorithme classique de recherche de solutions approchées d'équation du type  $f(x) = k$ , repose sur la construction de deux suites adjacentes dont la limite commune est, par continuité de  $f$ , solution du problème. Un tel algorithme, sans suites adjacentes ni continuité, ne pourra pas être justifié. Il est vrai qu'il est seulement proposé ici de réaliser des «activités algorithmiques», pas de les justifier.

### Calculs de dérivées

Même si en mathématiques en terminale, les formules de dérivation citées dans les capacités attendues sont les plus utilisées, ce sont des cas particuliers de la formule générale de dérivation des fonctions composées qui devraient être présentés comme tels, et non l'inverse. Les fonctions apparaissant en physique après le baccalauréat ne rentreront pas toutes dans ces cas particuliers très restreints et même en terminale certaines études de fonctions ne seront plus possibles. Comment les étudiants pourront-ils appréhender ces dérivées sans avoir assimilé précédemment une notion générale de dérivation ?

L'utilisation du nombre dérivé pour les approximations affines locales disparaît de l'enseignement secondaire. Par conséquent, et bien qu'elle soit couramment utilisée en physique-chimie, la notion de développement limité à l'ordre un disparaît avec toutes ses applications, dont en particulier la méthode d'Euler pourtant intéressante d'un point de vue algorithmique.

### Fonctions sinus et cosinus

La fonction tangente disparaît du lycée. Les fonctions sinus et cosinus ne sont plus étudiées en mathématiques qu'en terminale alors qu'elles sont indispensables en physique : la concertation entre mathématiques et physique aurait été appréciée ici. Une étude de la périodicité des fonctions du type  $t \mapsto \cos(\omega t + \phi)$  et  $t \mapsto \sin(\omega t + \phi)$  serait nécessaire, toujours en lien avec la physique. Pourquoi ne parler de parité que sur des exemples sans formaliser cette notion souvent vérifiée par les fonctions de référence ?

### Fonction exponentielle et fonction logarithme

L'introduction de l'exponentielle comme unique solution du système différentiel  $y' = y$  et  $y(0) = 1$  (dont l'existence est admise) n'est réellement intéressante que dans la mesure où il s'ensuit une étude plus générale des équations différentielles d'ordre un, ce qui n'est plus le cas. Nous apprécions que cette étude ait été renforcée dans les séries technologiques, et regrettons d'autant plus qu'elle disparaisse de ceux de terminale S. La méthode d'Euler n'étant plus étudiée non plus, le lien entre l'exponentielle et les suites géométriques n'apparaît plus naturellement.

Notons qu'avec la disparition de la limite finie en un point, on peut comparer  $\ln x$  et  $x$  à l'infini mais pas en 0.

## Intégration

Dans le programme de seconde il est écrit «La translation, en tant que transformation du plan, n'est pas étudiée en classe de seconde». Les translations n'étant pas non plus abordées au collège ni en première, comment faut-il comprendre dans le programme de terminale «On s'appuie sur les propriétés d'additivité et d'invariance par translation et symétrie» ?

La démonstration de la dérivabilité de  $F : x \mapsto \int_a^x f(t)dt$  pour une fonction  $f$  continue, positive et croissante, nécessiterait le passage à la limite en 0 et la continuité de  $f$  en  $x$  dans l'inégalité

$$f(x) \leq \frac{F(x+h) - F(x)}{h} \leq f(x+h), \quad \text{pour } h > 0.$$

L'incohérence se retrouve ici illustrée dans le fait de ne pas disposer des outils nécessaires aux démonstrations annoncées comme «intéressantes à présenter» qui servent de modèle mais ne sont pas exigibles puisque n'apparaissant que dans la partie de commentaire.

La disparition de la formule d'intégration par parties limitera considérablement les possibilités du calcul intégral, réduit à des exercices de simple vérification, ou appuyés sur des recettes, sans initiative ni raisonnement. Le calcul de l'espérance de la loi exponentielle, un attendu du programme, sera impossible.

## Géométrie

### Nombres complexes

Le plan devrait être muni d'un repère orthonormé direct pour rendre possible l'interprétation graphique d'un argument comme mesure d'angle orienté. La disparition totale de la géométrie dénature complètement cette partie : il n'en reste qu'un aspect algébrique avec quelques interprétations géométriques dont rien n'est attendu d'après le programme.

La dimension historique de l'introduction des complexes ne peut être raisonnablement invoquée dans ce cadre restreint.

### Géométrie dans l'espace

La diminution drastique de la géométrie dans l'ensemble de l'enseignement secondaire est consommée. L'étude des transformations disparaît entièrement, même les plus simples transformations du plan ne sont plus au programme des collèges et lycées. Les barycentres ayant disparu, toutes leurs applications disparaissent du même coup, centre d'inertie d'une plaque homogène polygonale, lien avec les lignes de niveau du produit scalaire et de la norme, lien avec la mécanique en physique, etc. Les recherches de lieux géométriques, qui permettaient de mettre en oeuvre un raisonnement par analyse-synthèse et d'aborder les problèmes d'égalités d'ensembles par double inclusion, sont également supprimées. Il n'est même plus question de distance, le produit scalaire n'étant plus utilisé que pour la recherche d'équations de plan.

## Probabilités et statistique

Les statistiques avec un  $s$  sont des données chiffrées, la statistique sans  $s$  est l'ensemble des méthodes mathématiques permettant un traitement scientifique de ces données. Il est à espérer que le programme ne se réduise pas à la lecture de statistiques, mais comprenne une initiation à la statistique, contrairement à ce qui est annoncé dans le titre de la partie des programmes correspondante.

### Conditionnement, indépendance

Pour les probabilités conditionnelles on impose l'utilisation des arbres, qui plus est en capacité attendue, méthode peu usitée dans l'enseignement supérieur. Le but prend ici encore le pas sur le raisonnement : on demande explicitement aux élèves d'oublier les opérations ensemblistes naturelles sous-jacentes données par les formules des probabilités composées, des probabilités totales et de Bayes.

### Notion de loi à densité à partir d'exemples

Soulignons l'incohérence entre le contenu de loi à densité et les commentaires qui l'accompagnent, sans aucune capacité attendue. Dans les commentaires, la définition donnée d'une variable aléatoire et d'un univers muni d'une probabilité est extrêmement précise, et relève de la théorie de la mesure, alors qu'aucune propriété des densités n'y figure. Inversement, rien n'est exigé en contenu ou capacité sur les variables aléatoires à densité, seules les variables aléatoires discrètes ont été introduites, en première.

L'espérance et la variance de la loi normale et de la loi exponentielle sont incluses en contenu sans aucune définition de ces notions pour des variables à densité. Qui plus est, sachant que cette preuve est un attendu du programme, comment calculer l'espérance d'une loi exponentielle sans intégration par parties ? Comment dire que les paramètres de la loi normale en sont l'espérance et la variance alors que leurs définitions ne sont connues des élèves que pour des lois discrètes ?

Les élèves devront connaître le quantile approché 2,58 de la loi normale pour 1% sans devoir l'utiliser nulle part. Apprendre par coeur les probabilités approchées des intervalles de demi-longueur 1, 2 ou 3 fois la variance de la loi normale procède du même choix, au détriment du raisonnement.

L'absence de définition de la fonction de répartition est criante. Que fait-on avec la densité de la loi normale sans fonction de répartition ? Comment parler de quantile d'une loi sans fonction de répartition ? Comment montrer l'absence de mémoire de la loi exponentielle sans fonction de répartition ?

### Estimation

Ne parler que de niveau de confiance à 5% réduit considérablement la portée de la notion : réaliser que ce niveau doit dépendre de la gravité des conséquences est crucial, au moins pour les professeurs. De même, «en pratique, on fait l'approximation dès que  $n \geq 30$ ,  $np \geq 5$  et  $n(1-p) \geq 5$ » de la loi exacte par la loi asymptotique, est un abus de langage. Le choix de ces bornes dépend évidemment de la qualité de l'approximation

nécessaire à l'application traitée. Le risque inhérent à leur mauvais choix est un problème important auquel il serait bon de sensibiliser élèves et professeurs.

Par contre, seuls les intervalles bilatéraux sont envisagés pour tester si une proportion est égale à  $p$ , alors que dans bien des applications tester si une proportion est trop grande ou trop petite est utile et intéressant, sans théorie supplémentaire.

Les intervalles de fluctuation, pour autant que l'on en admette la définition donnée dans le programme de seconde, n'ont aucun rapport avec la notion d'estimation statistique reconnue. Au lieu de limiter au maximum leur usage au profit des outils de statistique reconnus abordés en terminale S, ils sont encore alourdis d'une notion d'intervalle de fluctuation asymptotique, qui repose dans les faits sur l'approximation de la loi binomiale par la loi normale ; cette simple constatation aurait évité la définition d'une notion non canonique supplémentaire. Il serait souhaitable de souligner à l'intention des professeurs que la prise de décision possible à partir des intervalles de fluctuations est réservée à quelques situations précises (pour lesquelles ils avaient été créés par des experts en épidémiologie).

Les intervalles de confiance sont un outil incontournable de la théorie de l'estimation, dont la compréhension est délicate en soi ; la confusion avec la notion non canonique d'intervalle de fluctuation sera certaine dans l'esprit de bien des élèves et d'un certain nombre de leurs professeurs non formés à la statistique.

Pour autant, recourir aux intervalles de confiance ne permet pas non plus de résoudre tous les problèmes. Parler de sensibilisation aux sondages est abusif à cette occasion, la théorie et les outils nécessaires ne sont pas ceux-là.

# Terminale ES/L

Le programme de terminale S, malgré ses nombreuses incohérences, contient des concepts mathématiques potentiellement intéressants s'ils étaient correctement formulés. Par contre, le programme de terminale ES est d'une rare indigence, la place prise par les probabilités et la statistique étant telle que toute rigueur a disparu en analyse, ce qui interdit que la partie probabilités-statistique soit elle-même cohérente. L'analyse étant très poussée dans les cursus de l'enseignement supérieur en économie, cela créera de graves problèmes pour les élèves souhaitant poursuivre ces études. Il est pour le moins surprenant que le programme d'analyse de cette série générale soit beaucoup plus simple que celui de STL-Biotechnologie.

## Analyse

On ne donnera qu'une approche expérimentale de la limite d'une suite. La notion de limite de fonctions n'apparaît plus, bien qu'une certaine continuité «par intervalle» soit évoquée, et même ici un «prolongement continu». La notion de limite en 0 est pourtant abordée en première avec l'étude des nombres dérivés. L'étude du comportement asymptotique des fonctions est implicitement déclaré sans intérêt, cela oblige à n'étudier que des fonctions sur des intervalles fermés bornés, un point de vue surprenant qui interdit bien des applications en économie.

Aucun complément n'est donné sur les dérivées vues en première : comme en terminale S, il est interdit de parler de dérivées de fonctions composées et il sera même ici impossible de dériver des fonctions du type  $x \mapsto u^n(x)$  (avec  $n \in \mathbb{Z}$ ),  $x \mapsto \sqrt{u(x)}$  ou  $x \mapsto \ln(u(x))$ . Il faut croire que les fonctions utilisées en économie se sont grandement simplifiées en quelques années.

## Suites

Aucune définition de limite n'apparaît dans le programme. Cette notion doit rester intuitive. Des élèves de terminale ES ne seraient donc pas en mesure de comprendre une définition donnée en S et dans les séries technologiques, malgré un programme d'analyse en première ES très proche de celui de la première S. On s'interroge encore une fois sur la réalité des passerelles prévues. Dans la partie commentaire «On détermine, sans soulever de difficulté, la limite de la somme...», le verbe "déterminer" sous-entend une démonstration en contradiction avec la suite de la phrase et l'absence de quelques propriétés basiques des limites de suites (somme, multiplication par un scalaire) qui ne sont pas un attendu du programme.

Il serait raisonnable d'inclure leur comportement asymptotique dans l'étude des suites arithmético-géométriques, mais les outils n'en sont hélas pas disponibles.

## Notion de continuité sur un intervalle

Répetons que la notion de fonctions «continues par intervalle» n'est pas reconnue par la communauté mathématique, pas plus qu'une «approche intuitive de la continuité». Le théorème des valeurs intermédiaires n'apparaît plus qu'à travers une représentation

graphique, c'est-à-dire par des flèches dans un tableau de variations. Le nombre de solutions d'une équation du type  $f(x) = k$  ne se fait plus qu'à partir du même tableau des variations, qui sera incomplet puisqu'aucune limite n'y figurera.

## Fonctions exponentielles et fonction logarithme népérien

L'introduction proposée des fonctions exponentielles par prolongement continu des suites géométriques n'aurait de sens que si la continuité était définie. Toutes les propriétés seront admises à partir, au mieux, d'observations obtenues à l'aide d'un logiciel.

La définition de l'exponentielle n'étant pas rigoureuse, la définition du logarithme ne peut l'être. En particulier, sans savoir que l'exponentielle tend vers 0 en  $-\infty$  et vers  $+\infty$  en  $+\infty$ , comment prouver que le logarithme népérien est défini sur  $]0, +\infty[$  ?

Ne plus disposer de la dérivée du logarithme d'une fonction posera des problèmes pour les applications.

## Convexité

Cette notion arrive comme un cheveu sur la soupe pour un intérêt assez mystérieux car aucune des applications, pourtant nombreuses, au domaine économique n'est proposée. La démonstration de la convexité/concavité des fonctions de référence qui sont données en commentaires serait relativement simple si elle n'obligeait pas à manipuler des fonctions de deux variables (l'abscisse où l'on considère la tangente et l'abscisse du point courant de la courbe représentative). La phrase qui suit «On met en évidence...» laisse hélas présager une unique utilisation de l'outil informatique.

L'étude des positions relatives des courbes représentatives des fonctions identité, logarithme et exponentielle par la convexité est étrange. Une simple étude d'extremum de différence de ces fonctions donnerait une méthode de comparaison plus générale et plus compréhensible des élèves.

## Intégration

Les propriétés de la translation n'ayant jamais été vues par les élèves ne peuvent pas plus être invoquées ici que dans le programme de terminale S.

La non-connaissance par les élèves des formules de dérivées de composées par des fonctions puissances même entières, racine et logarithme va réduire considérablement les possibilités d'intégration. Les calculs de primitives devront se limiter à une somme de fonctions de référence associées, au mieux, à une partie en  $u'(x)e^{u(x)}$ .

## Probabilités et statistique

Nous regrettons vivement l'absence de la notion d'indépendance de deux événements alors qu'elle est implicitement utilisée pour aborder la loi binomiale en première et qu'elle intervient de façon prépondérante dans toute la partie estimation. Ce manque est d'autant plus regrettable que la définition demanderait peu d'effort à partir de la notion de probabilité conditionnelle qui est présentée.

Les séries statistiques à deux variables, dont l'utilité est claire dans le domaine économique, disparaissent du programme alors qu'elles sont maintenues en STL spécialité biotechnologie.

Pour le reste, les remarques sont globalement les mêmes que pour la terminale S, à une incohérence supplémentaire près : les notions de variance et d'écart-type, même pour une loi discrète, ne sont pas connues des élèves venant de première ES/L.

# Terminale STI2D et STL spécialité SPCL

La densité, le cadre et le vocabulaire théorique ne nous paraissent pas aussi modestes qu'il est indiqué dans la mise en oeuvre du programme. Ils sont parfois plus complets que ceux de terminale S (avec par exemple une définition très rigoureuse de la limite d'une suite ou l'étude des équations différentielles) pour seulement 4h par semaine contre 6h en terminale S.

La demande d'accès régulier aux laboratoires par les enseignants de mathématiques pour «prendre en compte les besoins mathématiques des autres disciplines» est assez étrange. Un renforcement des liens avec les autres disciplines ne peut qu'être souhaitable, mais est-ce au professeur de mathématiques d'avoir le recul nécessaire vis-à-vis de ces autres disciplines pour déterminer localement leurs besoins en mathématiques? Cette consultation interdisciplinaire nous paraît clairement du ressort des Inspections Générales concernées.

## Analyse

### Suites

La définition de limite finie par comparaison aux puissances de 10 et manipulation de valeurs absolues risque d'être très difficile à appréhender pour les élèves des séries technologiques. Etant en lien direct avec la définition vue dans le supérieur avec les "epsilons", il serait judicieux de l'échanger avec celle proposée en terminale S (tout intervalle ouvert contenant la limite contient tous les termes de la suite à partir d'un certain rang).

Pour le calcul de limites, l'absence de théorèmes généraux sur les opérations, la comparaison ou l'encadrement, va se révéler problématique.

### Limites de fonctions

Les remarques sont globalement les mêmes que sur le programme de terminale S.

### Dérivées et primitives

Le paragraphe amène les mêmes remarques qu'en terminale S, avec un manque supplémentaire à souligner : la dérivation de la racine d'une fonction est absente du catalogue de dérivées à apprendre.

### Fonctions exponentielles et fonctions logarithmes

L'introduction des logarithmes à partir de la relation fonctionnelle  $f(ab) = f(a) + f(b)$  n'est pas forcément la plus simple à présenter. En particulier, montrer que la dérivée est de la forme  $f'(x) = \alpha/x$  nécessite la dérivation partielle d'une fonction à deux variables.

Il est regrettable de ne parler de croissance comparée qu'en  $+\infty$  et pas en  $-\infty$  pour l'exponentielle ni en 0 pour le logarithme népérien. Notons que l'établissement de la limite finie en 0 de  $x \ln x$  n'est d'ailleurs plus possible.

## Intégration

Les propriétés de la translation n'ayant jamais été vues par les élèves ne peuvent pas plus être invoquées ici que dans le programme de terminale S ou ES/L. On parle également ici de fonctions continues sans les avoir jamais définies auparavant.

Le commentaire sur «l'appropriation» par les élèves du fait que  $x \mapsto \int_a^x f(t)dt$  est une primitive de  $f$  selon un «principe de démonstration par une visualisation à l'aide d'un logiciel» est très ambigu. Il ne faudrait pas laisser croire aux élèves que cette visualisation constitue une preuve.

## Equations différentielles

Notons avec intérêt que les équations différentielles sont toujours traitées en série technologique et regrettons à nouveau qu'elles ne soient plus en terminale S. Les équations du type  $y' + ay = b$  sont même étudiées dans le nouveau programme et plus seulement  $y' = ay$ . Enfin, l'en-tête de la partie d'analyse laisse la place à l'étude d'autres équations différentielles selon les besoins d'autres disciplines, un effort d'ouverture louable, même si les équations qui seraient utiles entraînent souvent des difficultés théoriques supplémentaires (changement de variable, changement de fonction, problèmes d'équivalence des équations différentielles,...).

## Géométrie et nombre complexes

Les attendus dans cette partie sont encore plus réduits que ceux de terminale S, déjà bien peu conséquents. L'application des nombres complexes à la géométrie disparaît totalement, qui enlève beaucoup d'intérêt à leur introduction.

## Probabilités et statistique

Le mot statistique du titre ne devrait pas plus comporter de "s" ici que dans les autres séries.

## Exemples de loi à densité

Soulignons l'incohérence entre le contenu loi à densité et les commentaires qui l'accompagnent, sans aucune capacité mathématique attendue.

Apprendre par coeur les probabilités approchées des intervalles de demi-longueur 1, 2 ou 3 fois la variance de la loi normale ne paraît pas plus utile ici qu'ailleurs.

Les variables aléatoires n'ont été définies ni en seconde ni en première, elles ne le sont pas plus ici. Pourtant dans les commentaires, la définition de l'espérance d'une loi à densité est présentée comme «un prolongement dans le cadre continu de l'espérance d'une variable aléatoire discrète», une incohérence manifeste.

L'introduction de la loi exponentielle est habituellement couplée au phénomène de vieillissement sans mémoire. Comme les probabilités conditionnelles ne sont pas introduites en série technologique, on se demande comment présenter cette notion, pourtant proposée en commentaire.

Seule la loi binomiale a été appréhendée en première. L'introduction de la loi normale à partir de la somme de phénomènes de loi uniforme sur  $[0, 1]$  indépendants (cette notion

n'étant pas connue des élèves par ailleurs) est fort inhabituelle dans l'enseignement des probabilités, sans aucun appui historique. L'approximation qui suit de la loi binomiale par une loi normale sans aucun argument théorique tient plus de la leçon de choses que d'un cours de mathématiques.

### **Prise de décision et estimation**

La plupart des remarques faites dans le programme de terminale S s'appliquent. On soulignera l'explication convaincante de la comparaison possible de deux proportions présente ici et qui manque au programme de terminale S.

# Terminale STL biotechnologique

Le programme est plus léger qu'en STI2D et STL-SPCL pour même horaire (4h), ce qui rend d'autant plus incompréhensible le regroupement des premières technologiques. Beaucoup des notions introduites dans la première uniformisée ne seront pas réinvesties dans cette terminale, dont les fonctions circulaires, la valeur absolue, le produit scalaire et les nombres complexes. Les élèves risquent d'être dégoûtés par la matière en première et auront du mal à surmonter cet a priori négatif en terminale. Un programme spécifique dès la première aurait visiblement été plus adapté.

## Analyse

### Suites

Les définitions de limite et de variation ne sont pas formalisées. Pourtant la recherche du plus petit entier  $n$  tel que  $q^n \geq a$  ou  $q^n \leq a$  est une capacité attendue du programme et sous-entend une définition qui pourrait être plus explicite. La méthode suggérée est l'utilisation d'un logiciel ou d'une calculatrice alors qu'une simple utilisation de la fonction logarithme serait immédiate.

### Limites de fonctions

La disparition de la limite finie en un point amène les mêmes commentaires que dans les autres séries.

La possibilité d'aborder d'autres calculs de limites étant en commentaires, chaque enseignant pourra ou non calculer des limites de composées, sans d'ailleurs que la notion même de composée soit définie.

L'étude du comportement asymptotique des fonctions se limite aux asymptotes parallèles à l'axe des abscisses. Les asymptotes obliques et les courbes asymptotes disparaissent du programme, ce qui est dommageable.

### Dérivées et primitives

Ce paragraphe amène les mêmes commentaires que dans les autres séries.

### Fonctions exponentielles et fonction logarithme népérien

Le paragraphe sur les fonctions puissances n'a pas sa place dans cette section et devrait constituer un paragraphe à part entière.

Comme dans l'ensemble des séries technologiques, il est regrettable de ne parler de croissance comparée qu'en  $+\infty$  et pas en  $-\infty$  pour l'exponentielle ni en 0 pour le logarithme népérien. L'établissement de la limite finie en 0 de  $x \ln x$  n'est plus possible.

### Intégration

Il est surprenant de parler de fonctions continues sans les avoir jamais définies. Le calcul intégral se limite exclusivement aux fonctions positives, ce qui est pour le moins restrictif.

Même dans ce cadre, la détermination de l'aire entre deux courbes sans argument de linéarité est problématique.

### **Equations différentielles**

Ce paragraphe amène les mêmes commentaires qu'en STI2D.

### **Probabilités et statistique**

La spécificité de cette partie, dont nous nous félicitons, est le maintien de la statistique descriptive à deux variables avec ajustement affine selon la méthode des moindres carrés qui a beaucoup d'applications dans les autres disciplines. Elle est malheureusement absente de toutes les autres séries.

Le reste de cette partie amène les mêmes commentaires qu'en STI2D.

# Terminale STD2A

Le programme de cette série est très spécifique avec un contenu modeste en analyse, une orientation très forte vers la géométrie et une disparition totale des probabilités étonnante dans le contexte actuel.

## Analyse

Il ne reste que les fonctions puissances et logarithmes, sans nécessairement leurs dérivées, ainsi que le raccordement des courbes polynomiales de degré trois. «L'étude des fonctions sinus et cosinus est hors programme».

La disparition du calcul intégral et de ses applications au calcul d'aires et de volumes est surprenante dans cette série.

## Géométrie

On constate que le contenu mathématique de la géométrie est d'un niveau extrêmement modeste. Il s'agit en effet essentiellement d'apprendre des techniques simples de constructions géométriques et d'appliquer quelques formules, sans chercher à entrer dans les théories sous-jacentes. Ceci semble justifié pour la partie relative aux pavages et à la perspective centrale par exemple, où des développements théoriques entraîneraient les élèves trop loin. En revanche, pour d'autres parties du programme, on peut déplorer que cela ne soit pas plus approfondi.

Parmi les coniques, seule l'ellipse fait l'objet d'une étude. Notamment, les élèves doivent connaître l'équation réduite d'une ellipse dans un repère orthonormé adéquat  $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ , mais il n'est fait mention nulle part de l'équation réduite de l'hyperbole  $x^2/a^2 - y^2/b^2 = 1$ , ce qui ne coûterait pas plus cher. Il est dommage que la parabole et seulement la «branche d'hyperbole» n'apparaissent que comme sections planes d'un demi-cône de révolution.