Texte de la conférence de Claudine ROBERT
sur les nouveaux programmes des lycées
(Conférence du 16 janvier 2002
à Clermont-ferrand)

A l'occasion de la mise en place de nouveaux programmes de Mathématiques dans le secondaire, le rectorat, dans le cadre d'une mission sur la liaison « secondaire-supérieur » a organisé une réunion débat, introduite par **Madame Claudine ROBERT,** Responsable du Groupe d'Experts chargés de l'élaboration des programmes de Mathématiques.
Cette réunion s'adressait aux enseignants de Mathématiques de l'enseignement supérieur et des lycées de toute l'Académie, afin de leur permettre de débattre sur l'esprit dans lequel ces programmes ont été conçus et souhaitent être traités. Elle a été retransmise par visio-conférence dans les quatre départements de l'Académie.

On trouvera ci-dessous l'essentiel des propos de Mme C. Robert (avec son aimable autorisation) .

***Première partie** : Processus d'élaboration des programmes ; organisation administrative, analyses et choix qui ont guidé l'élaboration.*

Deux structures interviennent :
- le Comité National des Programmes, (le CNP), actuellement dirigé par le philosophe Luc Ferry. Il se réunit environ toutes les trois semaines. Il décide des orientations des futurs programmes et détermine les lettres de cadrage en accord avec les responsables des groupes disciplinaires concernés,
- les groupes disciplinaires, (GTD, groupe technique disciplinaire, devenu depuis un an GEPS, groupe d'experts pour les programmes du secondaire), un par discipline enseignée. En mathématiques ce groupe est composé de six enseignants du secondaire, un professeur de CPGE, un IPR, un IG et quatre professeurs d'Université. Ce groupe à partir de la lettre de cadrage transmise par le CNP, élabore une proposition de programme concernant sa discipline, année par année. Cette proposition est mise à la consultation, sur le site de l'Education Nationale :

www.education.eduscol.fr

La consultation est organisée par les IPR qui rassemblent les réactions des enseignants et font parvenir des synthèses au GEPS. Le groupe d'experts consulte aussi les associations de spécialistes et les sociétés savantes, (APMEP, SMF, UPS, …), les syndicats, etc. Après consultation, le groupe d'experts élabore une nouvelle proposition qui est soumise à la commission spécialisée pour les lycées qui est une instance nationale où les syndicats sont représentés, il y a encore quelques modifications qui sont faites. Enfin le Conseil Supérieur de l'Education vote sur la proposition faite, et après vote du CSE le ministre donne son accord. Il a possibilité de refuser ou modifier la proposition qui lui est faite.

Les nouveaux programmes de la classe de seconde ont été mis en place en septembre 2000, ceux des classes de première sont en application depuis septembre 2001, les programmes des classes de terminale sont parus en août 2001 au Bulletin Officiel, pour être mis en application en septembre 2002. Des documents d'accompagnement sont produits par le groupe d'experts destinés à éclairer certaines nouveautés ou certains choix pédagogiques. Le programme est un texte de loi, les documents d'accompagnement sont des décrets d'application.

Pour les programmes dont l'élaboration a débuté en 1998, la commande de l'institution était essentiellement:

- une intégration intelligente et réfléchie des outils logiciels,
- une réflexion sur l'enseignement de la modélisation et il s'agissait d'introduire éventuellement des éléments allant dans ce sens,
- une sensibilisation et une réflexion sur l'aléatoire et l'algorithmique.

L'élaboration de programmes demande des mois car elle nécessite tout un travail d'analyse et de négociation. De nombreux éléments et de nombreuses contraintes influent sur les choix faits :

- les programmes en cours sont confrontés avec la vision que le groupe a des Mathématiques actuelles,
- la culture et la formation des enseignants en place, (évaluées en tenant compte des connaissances de Mathématiques enseignées dans l'ensemble des sections) est prise en compte. Il ne s'agit pas de faire des changements trop importants pour que les enseignants, qui ont près de 400h de cours, puissent assurer la mise en place des nouveautés. Il s'agit d'amorcer une évolution pas une révolution.
- la nature de la population scolaire est prise en compte,
- l'organisation de l'institution scolaire, avec le système des filières, implique des choix. Le CNP souhaitait des programmes tout à fait différents dans les trois filières, (L, ES et S), en ce sens qu'il ne s'agissait pas de faire un programme de Mathématiques pour la filière S, enlever une partie pour la filière ES et une autre partie pour la filière L. Il s'agissait de faire des programmes correspondant à des approches sensiblement différentes, même s'il y a une base commune aux trois.
- les choix politiques en matière d'enseignement ont des incidences sur les programmes : le souhait d'avoir 80% d'une génération reçue au baccalauréat, les positions des syndicats, des associations de parents, de spécialistes.

Il y a toujours plusieurs choix possibles. Les groupes d'experts doivent pouvoir argumenter tous les choix qui sont faits pour les programmes produits, ce qui ne signifie pas que ce soit le seul choix possible. Le discours de toutes les associations en matière d'éducation peut être cohérent au sein d'un groupe, mais très différent d'un groupe à l'autre.
Pour le groupe d'experts il s'agit de conserver une cohérence verticale, c'est à dire une progression régulière, un enseignement en spirale qui permet de revenir régulièrement sur les concepts, enfin une cohérence horizontale, c'est à dire qu'il s'agit de tenir compte de ce qui se passe dans les autres matières.
Le travail de négociation, la nécessité de devoir respecter des contraintes fait qu'il est long mais très intéressant de faire un programme.
La durée de vie d'un programme est limitée : à sa sortie, il dérange les professeurs qui ne manquent pas de soucis à l'heure actuelle ; puis il trouve sa plénitude, il est mieux vécu, on commence à voir comment l'appliquer au mieux ; dans ces deux périodes un nouveau programme est source de beaucoup de créativité ; puis on sait bien faire et la pédagogie prend le pas sur le reste, les choses se mécanisent un peu, il est temps d'avoir un nouveau programme pour remettre un peu de dynamisme dans le système, ce qui ne signifie pas que le programme précédent contenait des éléments impertinents. Les Mathématiques sont assez riches pour que certains éléments soient abandonnés à un moment donné, voire repris plus tard.

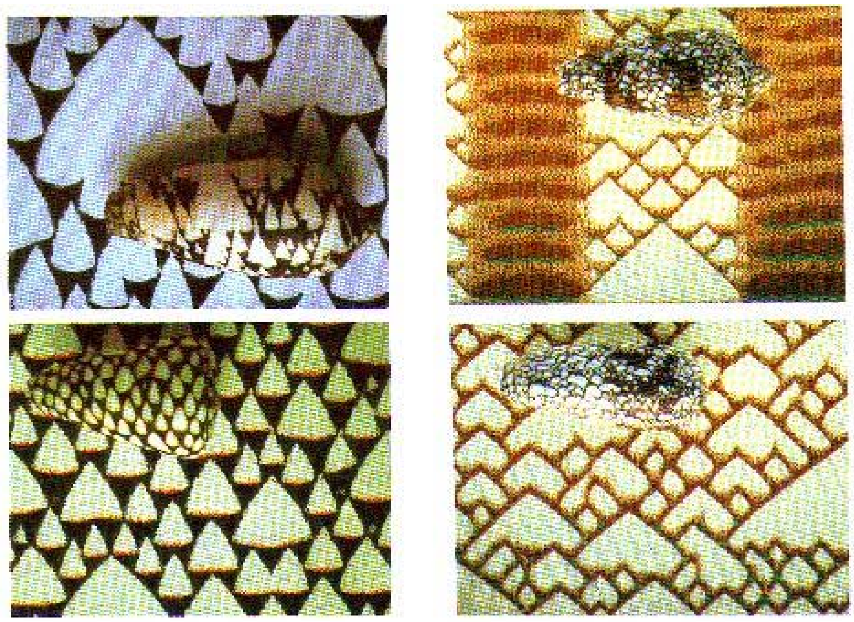
Deuxième partie : *Quelques repères sur l'enseignement des mathématiques au XX° siècle, et sur l'évolution des mathématiques.*

Au **début du siècle**, avec le développement industriel, la nécessité de mettre en place dans l'enseignement secondaire des humanités scientifiques, comme il y avait des humanités littéraires, s'est imposée. La réforme mise en place concernait alors une élite. Des mathématiciens comme E. Borel et R. Poincaré ont beaucoup œuvré pour faire que cette réforme soit la plus efficace possible. E. Borel souhaitait « introduire plus de vie et de contact avec le réel dans l 'enseignement de mathématiques, favoriser l'activité personnelle de l'élève, laisser place à l'intuition et à l'expérience ». Ces objectifs pédagogiques peuvent être repris en 2002.
En **1970**, la réforme des « Mathématiques Modernes », correspondait à des objectifs définis par le supérieur pour le secondaire, pour un enseignement qui n'était plus un enseignement d'élite mais un enseignement de masse. Elle s'appuyait sur une forte implication des mathématiciens et a été l'occasion de nombreux débats dans les communautés mathématiques. Cette réforme a été accompagnée par les psychologues et doit aussi beaucoup aux rencontres entre Piaget et Dieudonné.
C'était une réforme osée et vers les années **1980**, on a commencé à parler de son échec. A partir de là un contre discours s'est développé, toujours opérant aujourd'hui, mettant « l'élève au centre du dispositif de transmission du savoir ». D'une part cette logique, centrée sur l'épanouissement de l'enfant, rentre en contradiction avec des discours portant sur des besoins nationaux, par exemple elle invalide des décisions fixant le nombre de personnes devant être formées dans les disciplines scientifiques. D'autre part, elle conduit à soutenir des dispositifs où l'élève construit lui-même son savoir. Ce choix pédagogique réussit très bien à l'école primaire mais il est plus difficile à assurer en collège, et ne peut pas être un choix unique en lycée : le lycéen ne peut pas construire la fonction logarithme, la fonction exponentielle ou la notion d'équation différentielle, il construit son rapport à un savoir déjà existant et non le savoir lui-même et il doit accéder un certain nombre de théories.
Traditionnellement, faire des Mathématiques c'est poser des conjectures et résoudre des problèmes. Le groupe d'experts a choisi d'être beaucoup plus dialectique, certains pensent que l'on fait des problèmes pour comprendre des Mathématiques, d'autres disent qu'on comprend les Mathématiques pour faire des problèmes, ce n'est pas si clair ; si la tendance conduisant à faire faire des problèmes pour apprendre des mathématiques a eu un effet très positif, il faut peut-être nuancer ceci et ne pas oublier qu'il faut aussi avoir un certain niveau d'abstraction à la fin d'une scolarité obligatoire.
Dans le contre discours sur les « Mathématiques Modernes » il y a aussi eu des critiques violentes et peu nuancées sur les cours magistraux. Il y avait eu des excès énormes dans ce domaine durant la première partie du XX^{e} siècle, tant au lycée qu'à l'Université, cette pratique a été supplantée, dans l'enseignement secondaire, par un mode d'enseignement basé sur la succession : « activités préparatoires, synthèse et exercices d'application ». Le groupe d'experts ne privilégie pas une forme d'enseignement particulière, il n'exclut pas le recours à des thèmes qui courent tout au long de l'année, qui débouchent sur des questions ouvertes et sur d'autres qu'on résout, mais qui sont pas découpés par des chapitres. Il encourage la réflexion sur les applications des Mathématiques.
Les années **2000** sont marquées par la question de la justification de l'enseignement des Mathématiques : « faut-il vraiment enseigner des Mathématiques ? ». La communauté universitaire ne se rend peut-être pas compte de la prégnance de cette question. Cela signifie que l'on pourrait envisager un enseignement sans Mathématiques, où les physiciens, les chimistes, les biologistes feraient les mathématiques dont ils auraient besoin et où on introduirait aussi de l'informatique dans les autres disciplines. La question n'est pas

nouvelle, Diderot pensait déjà à son époque que les Mathématiques avaient fait leur temps, qu'elles ne faisaient « qu'interposer un voile entre la nature et le peuple », qu'il valait mieux supprimer ce voile. Dans le groupe d'experts, la question de la suppression des Mathématiques nous a intéressés pas tant pour y répondre, bien que se soit important, mais pour savoir pourquoi cette question se pose. Il nous semble que si l'enseignement des Mathématiques est remis en cause, cela signifie que dans la communauté des mathématiciens nous avons tenu des discours vraiment opaques, la présentation des Mathématiques comme une école de rigueur, de raisonnement, d'abstraction est un discours qui ne passe plus.
Il est important que les choix faits dans des programmes de lycée tiennent compte de l'évolution des Mathématiques. Ils ne doivent pas être soumis à des effets de mode, mais s'ils sont nécessairement décalés par rapport à ce qui se fait en recherche ou dans les milieux qui utilisent les Mathématiques, il ne doit pas y avoir une rupture totale. L'évolution des Mathématiques est marquée par deux faits :

- d'une part, par l'évolution dialectique de l'Informatique et des Mathématiques. Il y a de plus en plus de Mathématiques partout, le moindre progrès technologique suppose énormément de Mathématiques, mais paradoxalement les Mathématiques sont devenues invisibles, que ce soit celles qui président à la réalisation d'objectifs technologiques ou celles qui interviennent dans les processus de décision. Il y a besoin de plus en plus de personnes formées en sciences mais dans de nombreux domaines des logiciels dispensent de calculs mathématiques élémentaires,
- d'autre part, par l'évolution des relations entre les Mathématiques et ses applications. Ceci date d'Archimède ; au XVII^e^ siècle on parlait de Mathématiques pures ou Mathématiques mixtes ; la première moitié du XX^e^ siècle a vu la montée du « Bourbakisme », puis vers les années 80 les Mathématiques appliquées se sont affirmées. Actuellement, cette dichotomie, Mathématiques Appliquées / Mathématiques Pures, ne semble plus vraiment refléter ce qui se passe au niveau de la recherche ; on parlerait plutôt de Sciences Mathématiques, pour mettre l'accent sur l'aspect d'interaction plus que sur celui d'application.

<u>*A propos de la notion de Sciences Mathématiques : un travail sur des coquillages.*</u>
On fait des mathématiques là où on les trouve. On s'intéresse aux dessins de certains coquillages tropicaux comme cas particuliers d'étude sur l'émergence de formes en biologie. Il est impossible que le motif exact d'un coquillage soit codé génétiquement et il s'agit donc de comprendre les processus d'élaboration de tels motifs.
Divers systèmes d'équations sont proposés comme modèles, et leurs solutions sont simulées en adaptant la valeur des paramètres ; ci-dessous, on voit ce que fournissent des modèles des motifs pour quelques coquillage.
Cet exemple illustre aussi la co-évolution entre informatique et mathématique : il convient à la fois ici de pouvoir proposer un modèle et de disposer de logiciels de calcul permettant d'une part d'approcher les solutions des équations, d'autre part d'avoir des représentations graphiques élaborées.
L'enseignement secondaire doit tenir compte de ce type d'évolution.

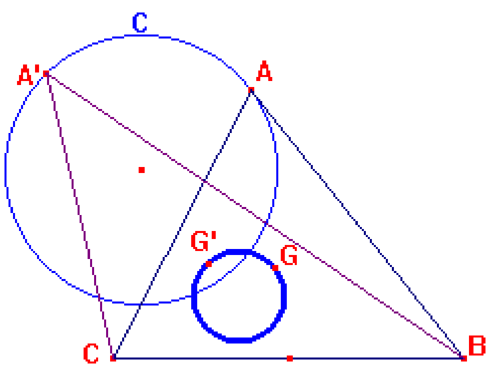


Extrait de Pattern formation in Biology, Vision and dynamics, édité pat A. Carbone, M. Gromov, P. Prusinkiewicz chez World Scientific.

Concernant les apprentissages, un certain nombre de points relève d'un large consensus dans la communauté mathématique : dans l'enseignement secondaire il faut apprendre à diversifier les raisonnements, les modes de démonstration, il faut apprendre à maîtriser les calculs, arriver à connecter les différents champs disciplinaires, il faut réfléchir sur la modélisation et l'apport des outils logiciels, voir comment introduire l'interaction avec les autres disciplines.

Il y a des débats à l'intérieur de la communauté et des débats sociaux, à propos de la démonstration. Le GEPS réaffirme que la démonstration est constitutive des Mathématiques. En France on a toujours demandé aux élèves de savoir faire des démonstrations, ce n'est pas le cas dans plusieurs pays européens, (l'Angleterre, par exemple). Notre groupe souhaite très fortement maintenir cet apprentissage de la démonstration, néanmoins les choses changent, et si classiquement la géométrie est « l'art de faire des raisonnements justes sur des figures fausses », ceci est dépassé dans la mesure où il existe des logiciels dynamiques.

<u>A propos de la démonstration, un exemple en géométrie :</u>
Soit ABC un triangle, le côté BC reste fixe et le point A décrit un cercle Γ, on demande ce que devient le centre de gravité G du triangle.



Un logiciel de géométrie dynamique permet de voir la trace du centre de gravité G sur l'écran quand A décrit le cercle :
On voit apparaître un cercle. Les Mathématiques d'observation s'arrêteraient là. Au-delà de ceci la démonstration ne doit pas être présentée comme une nécessité d'ordre moral : les élèves ne connaissent pas l'ellipse donc ils ne peuvent pas se poser la question de savoir si c'est bien un cercle, mais, comme dans les autres sciences, démontrer peut ici avoir une fonction explicative de ce que l'on observe. La démonstration n'est plus nécessaire pour répondre à la question « quel est le lieu ?», puisque l'on voit que c'est un cercle, mais pour répondre à la question : « pourquoi est-ce un cercle ? », voire « quel est son centre et son rayon ? », qui sont des éléments non observables.

Il devient nécessaire de réfléchir à la démonstration dans l'enseignement secondaire : quel est son rôle, quel est son statut ?
Il faut admettre qu'il y a plusieurs niveaux de rédaction de démonstrations. La géométrie est abordée depuis les classes maternelles, donc au niveau du lycée on peut demander dans ce domaine des démonstrations académiquement achevées. On commence l'analyse en seconde ou première, la manipulation des quantificateurs est délicate, il ne faut pas espérer avoir des démonstrations académiquement achevées au lycée, néanmoins les élèves seront amenés à produire des raisonnements, sans tous les quantificateurs usuellement nécessaires, mais qui seront admis comme démonstrations.

Il y a aussi beaucoup de débats sur la rigueur : la rigueur c'est un chemin, il faut essayer de circuler sur ce chemin.

A propos de la rigueur, un exemple en analyse :
Les fonctions manipulées dans l'enseignement secondaire, sauf à de rares exceptions, sont continues. La notion de limite est définie en terminale S, mais il n'y a pas d'objectifs du type « démontrer que telle fonction est continue ». On admet, ou on montre, suivant les cas, que les fonctions de références sont toutes continues.
Pour répondre aux questions du type « combien l'équation f(x) = 0 a-t-elle de solutions dans tel intervalle », autrefois l'élève traçait le tableau de variation de la fonction f, puis récitait un espèce de mantra : « la fonction est décroissante et continue, (voire dérivable, suivant certains programmes), sur l'intervalle, donc d'après le théorème des valeurs intermédiaires, il y a une solution et une seule ». Maintenant, dans l'enseignement du secondaire il est convenu que, dans un tableau de variation, si on porte une flèche descendante, c'est que la fonction étudiée est strictement décroissante et on trouve, par simple lecture du tableau, le nombre de solutions.

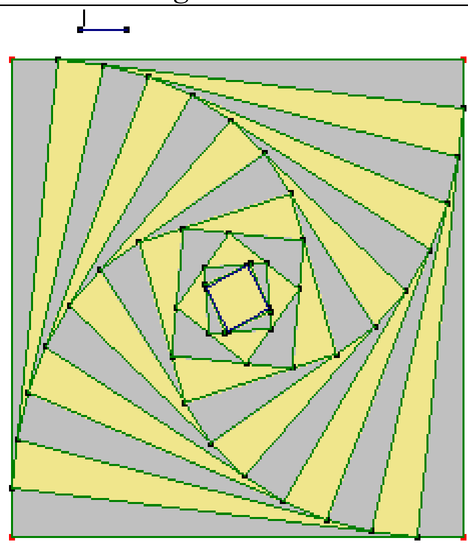
Il y a aussi des débats entre Mathématiques utilitaires et Mathématiques pour l'honneur de l'esprit humain. Ce débat est très bien posé dans une lettre de C.J. Jacobi à Legendre, l'année de la mort de Fourier : « Monsieur Fourier avait l'opinion que le but principal de la Science est l'utilité publique et l'explication des phénomènes naturels, mais un philosophe comme lui aurait dû savoir que le but unique de la Science c'est l'honneur de l'esprit humain, que sous ce titre une question de nombre vaut autant qu'une question de systèmes du monde. ». Il n'y a pas de raisons qu'il y ait opposition entre les deux. Il est à noter que Fourier était un visionnaire, il vivait dans la cité, c'était un mathématicien séculier. L'effort que fait actuellement la communauté mathématique pour développer une Science Mathématique tend à dépasser l'opposition entre Mathématiques utiles et Mathématiques pour l'honneur de l'esprit humain. On ne peut plus se vanter, comme G. H. Hardy au siècle dernier, de faire des Mathématiques qui ne servent à rien.

Un autre débat, lié aux nouveaux programmes, porte sur la formalisation et l'abstraction. Le choix qui a été fait est de ne pas partir de l'abstraction pour « redescendre aux applications », mais plutôt de partir de certaines observations, qui donnent lieu à des images mentales, à partir desquelles on formalise et on abstrait quand on en a besoin.

A propos de la formalisation et l'abstraction, un exemple sur l'étude des suites :
On utilisera des exemples issus de différents domaines, (géométrie, etc,…). On partira éventuellement de la représentation graphique, quand on ne pourra plus dessiner, pour des raisons graphiques, on fera alors des calculs avec un ordinateur. Lorsque le résultat numérique se stabilisera, on se posera alors la question de la stabilisation de l'objet abstrait, là seulement on va abstraire, on va extraire une suite et étudier sa convergence.

On part d'un carré de côté 10 unités. Sur chaque côté, en tournant dans le même sens, on place un point situé à la distance 1 de chaque sommet du carré. Et on itère…
Établir qu'on obtient bien ainsi un nouveau carré. On note K_1 ce nouveau carré et k_1 son côté.

En **observant** cette figure, on peut se demander si le dessin s'arrête, comment évoluent les cotés et les aires des carrés.



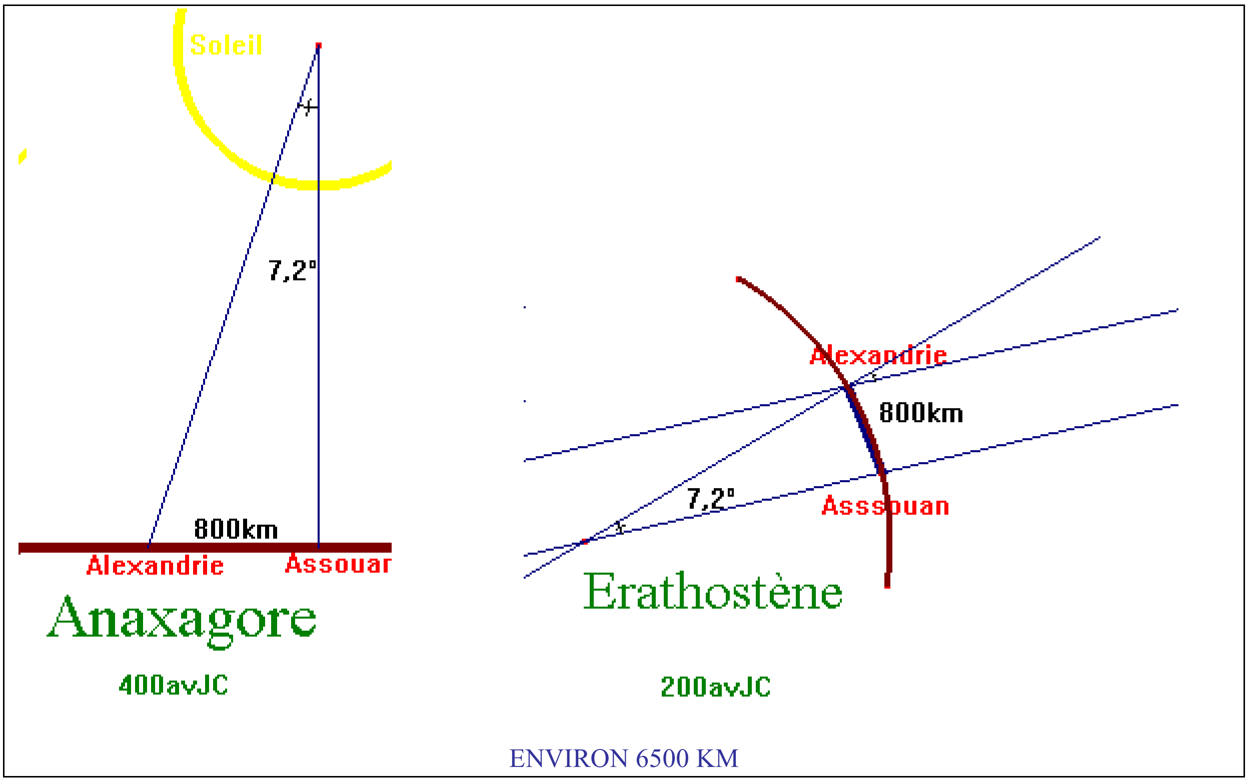
Il s'agit donc , plutôt que d'étudier beaucoup de suites directement sous la forme $u_{n+1} = f(u_n)$, d'aller cueillir des suites dans différents endroits, et d'avoir un discours moins qualitatif qu'avant : « ça converge, ça converge pas », d'essayer de faire des expérimentations avec ces suites : expériences graphiques, numériques, étude de la vitesse de convergence, etc,…

La modélisation est un autre objet de réflexion, commun celui-ci, entre autres avec la Physique. Dans ce domaine on se heurte à un problème de logique.
En Mathématiques, si on a une implication qui est vraie, si la conclusion est vraie, on ne peut rien en déduire sur l'hypothèse.
Dans les autres sciences, si théoriquement une hypothèse implique un certain événement vérifiable expérimentalement, si cet événement se réalise lors d'expériences, cela valide le modèle. On passe en quelque sorte de la conclusion à l'hypothèse mais il s'agit ici de la validation d'un modèle, et non d'une démonstration mathématique où le fait qu'une conclusion soit vraie n'entraîne pas que l'hypothèse le soit.
Pour faire un travail de modélisation, ceci doit être très clair.

On débat aussi beaucoup sur le thème « Mathématiques et pensée critique » : la démonstration mathématique force l'assentiment de celui à qui on la présente et une certaine forme de pensée critique ne peut pas s'exercer. La modélisation, elle, permet le développement de ce type de pensée.
En Sciences de l'Ingénieur les modèles élaborés correspondent toujours à une sous détermination des phénomènes étudiés : plusieurs modèles sont possibles pour les mêmes

données, ceci permet des débats sur les hypothèses conduisant à privilégier tel modèle par rapport à tel autre.
Néanmoins ce type de débat est absent de l'enseignement des Sciences, et même on peut penser que l'enseignement des Sciences actuel peut constituer un obstacle à la modélisation. S'il est trop tôt dans le secondaire pour faire de la modélisation, il serait souhaitable que l'enseignement des Sciences ne constitue pas un obstacle à cette pratique majeur au niveau des Sciences de l'Ingénieur.

A propos de modélisation et pensée critique, l'exemple de la mesure du rayon de la terre :



Au IIe siècle avant Jésus Christ, Eratosthène, le jour du solstice d'été, avait constaté qu'à Assouan le soleil tombait au fond d'un puits, c'est à dire qu'il était au zénith, alors qu'à 800 km de là, sur le même méridien, à Alexandrie, l'angle entre les rayons solaires et le zénith était de 7,2 degrés. Il a supposé que la terre était ronde, que le soleil étant très loin, que les rayons du soleil étaient parallèles et avec un calcul compliqué pour l'époque, il en a déduit que le rayon de la terre est environ de 6500 km.
Deux siècles avant, Anaxagore serait parti des mêmes observations avec l'hypothèse que la terre est plate, que le soleil n'est pas trop gros et avec le même calcul a évalué à 6500 km la distance de la terre au soleil.
Donc avec les mêmes observations, suivant les hypothèses théoriques que l'on a, 6500 km est la distance terre - soleil ou le rayon de la terre. Cet exemple très simple montre bien que des observations ne permettent des calculs que si on choisit un modèle et que le choix du modèle est tributaire d'hypothèses théoriques.

Troisième partie : *Sur l'enseignement des probabilités statistiques.*

Une des commandes de l'institution était de renforcer l'enseignement des probabilités et des statistiques.

Avant la seconde, on apprend le langage graphique, (histogramme, …), et on apprend à calculer des moyennes. Dans les précédents programmes, ce travail se poursuivait au lycée et on faisait des calculs numériques relativement répétitifs. L'exercice de statistiques type présentait des données sur lesquelles il fallait calculer des moyennes, des écarts types mais ne comportait pas de questions statistiques. Il s'agit de dépasser un certain analphabétisme en statistique et de donner aux lycéens une formation leur permettant d'avoir un contrôle, entre autre, sur les informations données par les médias en matière de statistiques.
Le plus gros changement opéré est en classe de seconde. La compréhension de la nature d'une question statistique ne peut naître que si on a pris conscience de la fluctuation d'échantillonnage, donc nous avons choisi de faire en seconde tout un travail sur ce sujet : d'un échantillon d'un jeu de données à un autre, la moyenne fluctue, la distribution des fréquences fluctue, il s'agit ici d'observer la variabilité de ces paramètres qui résument les données. Dans cette classe on observe aussi une loi empirique des grand nombres à travers les simulations.

En classe de première on introduit la notion de probabilité, de variable aléatoire et on donne un énoncé complètement vulgarisé du théorème des grands nombres. Il est très difficile pour les non mathématiciens de comprendre le statut de la loi des grands nombres : ça s'appelle une loi, or en général des lois on en rencontre en physique et c'est empirique, ici c'est en fait un théorème. L'efficacité déraisonnable des probabilités est telle qu'il y a eu percolation des deux termes (loi et théorème) ; le théorème cadre très bien avec la loi empirique car les modèles probabilistes sont de très bons modèles et on parle de loi des grands nombres là où on devrait parler de théorème des grands nombres.
Il y a un changement d'esprit dans la présentation des probabilités : il s'agit de les introduire comme outils mathématiques permettant d'éclairer des questions qui se posent dans le domaine empirique.

<u>A propos de la présentation des probabilités, un exemple concret :</u>
Quand on lance deux pièces équilibrées, à chaque lancé on peut avoir 0, 1 ou 2 pile, si on recommence les lancés un grand nombre de fois on n'obtient pas un tiers de 0, un tiers de 1 et un tiers de 2, mais des résultats proches de un quart, un demi et un quart. On peut adresser aux Mathématiques la question de savoir pour quelles raisons c'est comme ça et les Mathématiques y répondent en introduisant des notions de probabilités.
On ne commence plus en introduisant le calcul des probabilités en affirmant que ça marche concrètement comme on l'a décrit théoriquement, mais on commence par observer, simuler puis on se pose des questions auxquelles les probabilités permettent de donner des réponses. Les expériences de lancés de dès, de tirage de boules dans des urnes restent fondamentales pour motiver l'étude des outils probabilistes.

En classe de terminale, la radioactivité permet de donner un exemple d'interactivité au niveau des disciplines scientifiques.
En mathématiques, l'intégration est abordée comme outil pour calculer des aires. La fonction exponentielle et la fonction logarithme restent des objets d'étude fondamentaux. En probabilités on étudie quelques exemples de probabilités continues, ceci à partir d'un questionnement, (à partir du choix au hasard que l'on sait faire dans un ensemble fini, comment faire un choix au hasard dans [0 1]). Ces différents objets seront étudiés en liaison avec la radioactivité.
La radioactivité est une partie importante du programme de Physique, en Biologie - Géologie on s'en sert pour la datation des roches, la fonction exponentielle est aussi utilisée très tôt dans le traitement du programme de Physique. Dans le cours de Physique on traite les lois

macroscopiques de désintégration radioactive des noyaux. On constate d'abord qu'il y a là des phénomènes aléatoires, (durant un temps donné le nombre de noyaux qui se désintègrent est aléatoire), le nombre moyen m de noyaux qui se désintègrent vérifie une équation de la forme $m'(t) = -\lambda\ m(t)$. Cette loi macroscopique permet de faire des hypothèses d'ordre microscopiques : λ ne dépendant pas du temps, on est dans une situation où on suppose qu'il y a désintégration des noyaux sans usure. Par analogie, ceci peut permettre de traiter d'autres situations, par exemple l'étude de l'évolution au cours du temps du taux de pannes dans des parcs d'ampoules, les unes vieillissant sans usure, les autres subissant un vieillissement. Plus généralement, ceci permet d'aborder le problème de la traduction mathématique de phénomènes où on suppose qu'il y a vie et mort sans vieillissement, c'est à dire de situation où la probabilité de vivre encore au moins un temps s sachant qu'on a vécu jusqu'à l'instant t ne dépend pas de t. On peut ainsi introduire la loi de probabilité exponentielle comme réponse à la question : « qu'est-ce que c'est que vivre et mourir sans vieillir ». On peut revenir au niveau macroscopique : on a un grand nombre d'atomes, on a admis qu'ils sont indépendants, donc le nombre d'atomes qui se désintègrent est une loi binomiale. (cf. document d'accompagnement commun aux Mathématiques, Physique et S.V.T.de la classe de terminale S).
La radioactivité est un objet central dans le cours de Physique, la fonction exponentielle, l'intégration sont aussi important dans le cours de Mathématiques, on a ici un exemple d'interaction forte entre ces deux disciplines.

Quatrième partie *: A propos de la simulation.*

La simulation est une pratique scientifique très importante actuellement. Elle introduit de nouvelles questions, de nouvelles manières de raisonner et implique une pensée critique très proche de celle induite par le travail de modélisation.
A propos de la simulation, un exemple en probabilité :
On veut regarder ce qui se passe quand on lance deux dés et que l'on s'intéresse à la somme des faces.
En classe de seconde, on peut scinder la classe en deux. Dans une des deux moitiés les élèves expérimentent avec des dés, et dans l'autre ils simulent l'expérience. Les outils de simulation actuellement disponibles sont très puissants et il importe que les lycéens, au cours de leur scolarité, aient fait le lien entre l'outil de simulation et l'expérience. La classe de seconde est le lieu proposé pour faire ce lien. Si on demande à des élèves de seconde de simuler le lancé de deux dès, c'est très compliqué : certains vont simuler un lancé de dés et doubler le résultat, d'autres vont directement simuler une loi uniforme sur les valeurs de 2 à 12, enfin certains vont simuler deux lancés de dés et additionner. Donc là, on doit réfléchir pour savoir quel est le bon algorithme de simulation, une discussion s'impose et on doit aussi comparer ce que l'on obtient dans chaque cas aux résultats de l'expérience. Ceci est donc l'occasion de s'exercer à un certain type de pensée critique.

En terminale on utilise la simulation pour introduire certaines questions statistiques :
- le travail sur la fluctuation d'échantillonnage aura permis de prendre conscience que comparer des moyennes ne se limite pas à dire que l'une est plus grande que l'autre mais qu'il convient de les comparer au regard d'une ampleur de fluctuation d'échantillonnage dont on sait qu'elle diminue avec la taille de l'échantillon.
- on sensibilise aussi à la notion de test, sans le dire, par exemple en se posant la question « qu'est-ce que ça veut dire qu'un dé est équilibré ? », (question d'école pour apprendre mais non une question de statisticien). On sera amené à voir si le modèle choisi avec une loi équirépartie est compatible avec les données de l'expérience. La différence entre la

distribution théorique et les distributions observées doivent pour cela être « petites » mais on sait que cela dépend du nombre de données. On sera amené, pour valider le modèle d'équiprobabilité, à définir, de façon consensuelle, un événement rare, dont on conviendra que la réalisation invalide le modèle et la non réalisation le valide. On doit repérer dans tout ceci la partie consensuelle et la partie non consensuelle. On devra aussi se poser la question de la dépendance par rapport à la simulation de ce genre de décisions. A ce sujet on pourra évoquer le théorème qui établi que pour n grand ça ne dépend pas de la simulation. Ce genre de théorème est très puissant et très important car à l'heure actuelle les méthodes de Monté Carlo sont assez utilisées.

Il y a ainsi, dans les programmes du secondaire une première sensibilisation à l'aléatoire, à certaines questions de nature statistique, même si on ne fait pas de statistiques à proprement parler, qui elles, seront traitées à l'Université.

Cinquième partie : *En guise de conclusion.*

Les programmes du secondaire et les documents d'accompagnement sont actuellement facilement accessibles sur le site du ministère : www.eduscol.education.fr

Globalement ces nouveaux programmes correspondent à une ouverture sur tout ce qui est utilisation d'outils informatiques, sensibilisation à la modélisation.

Il reste des points délicats : on peut prévoir une grande faiblesse des étudiants qui arriveront en DEUG dans tout ce qui est calculs numériques et calculs algébriques, ils n'auront pas fait beaucoup de géométrie, la formation à l'abstraction n'est pas suffisante non plus .

L'horaire dont disposent les enseignants du secondaire est trop réduit, et l'érosion des horaires ainsi que la forme actuelle du baccalauréat figent l'enseignement du lycée, beaucoup de choses ne sont pas possibles.

Le baccalauréat a un aspect positif, il motive les élèves à travailler. Il faut que les professeurs s'appuient sur cette motivation pour aller au-delà de la préparation à l'examen, ceci est extrêmement difficile à l'heure actuelle.

Le problème de la faiblesse des compétences en calcul est présent depuis plusieurs années déjà. On a tendance à négliger l'acquisition des automatismes, en oubliant qu'acquérir des techniques et des automatismes aide aussi à comprendre ; les automatismes une fois acquis libèrent la pensée. Il ne s'agit pas de faire des séries de gammes sans jamais jouer de morceaux, ni de chercher à jouer des morceaux sans avoir fait des gammes ! Les nouveaux programmes ne résolvent pas ces problèmes là, il faut voir ce que l'on peut faire pour dépasser ces difficultés, en particulier quelle peut être la place des logiciels de calculs formels. Le groupe d'experts n'a pas pris position là-dessus, il y a un débat à mener entre les universitaires et les professeurs du secondaire. Néanmoins il faut prendre conscience qu'avec moins d'heures et des contenus différents, les élèves seront formés de façon différente.