



HAL
open science

Pertinence et utilité de savoirs mathématiques dans des cursus éducatifs non strictement mathématiques

Annie Bessot, Jean-Luc Dorier, Sylvain Déprez, Madeleine Eberhard

► To cite this version:

Annie Bessot, Jean-Luc Dorier, Sylvain Déprez, Madeleine Eberhard. Pertinence et utilité de savoirs mathématiques dans des cursus éducatifs non strictement mathématiques. [Rapport de recherche] Laboratoire Leibniz. 2000. hal-01528036

HAL Id: hal-01528036

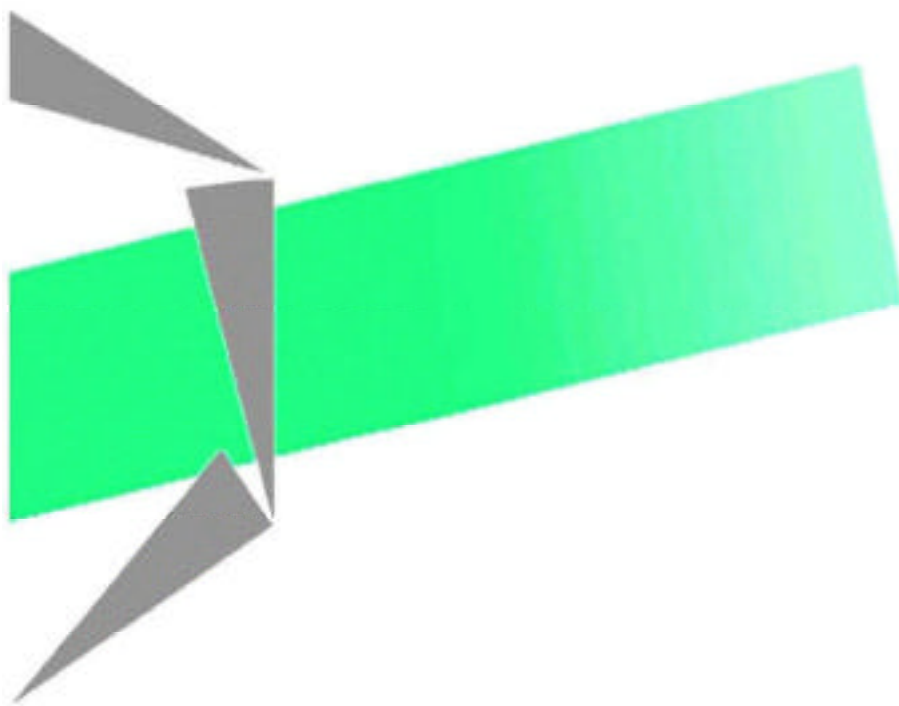
<https://hal.science/hal-01528036>

Submitted on 26 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les cahiers du laboratoire Leibniz



Pertinence et utilité de savoirs mathématiques dans des cursus éducatifs non strictement mathématiques

Annie Bessot
Jean-Luc Dorier
Sylvain Déprez
Madeleine Eberhard

Laboratoire Leibniz-IMAG, 46 av. Félix Viallet, 38000 GRENOBLE, France -
ISSN : 1298-020X

n° 13
Oct. 2000

Document disponible en ligne : [http:// www-leibniz.imag.fr/LesCahiers](http://www-leibniz.imag.fr/LesCahiers)

**Pertinence et utilité de savoirs mathématiques
dans des cursus éducatifs non strictement mathématiques**
(formation aux métiers du bâtiment, filières de sciences économiques)

Annie Bessot¹, Jean-Luc Dorier, Sylvain Déprez et Madeleine Eberhard
Équipe DDM

Résumé

Quels sont les savoirs pertinents pour la formation aux pratiques de métiers comme ceux du bâtiment ? Quelles contraintes s'imposent à l'enseignement des mathématiques (enseignant et élèves) du fait de la nature des rapports entre savoirs mathématiques et savoirs extra-mathématiques, comme les savoirs en sciences économiques ou les savoirs dits professionnels ?

Ce document cherche à apporter des éléments de réponses coordonnées à des problèmes de formation et d'enseignement relevant des questions précédentes et issues de terrains divers (lycée technique, filières de sciences économiques). Notre hypothèse est que ces problèmes relèvent d'un même système explicatif, qui met en avant les différents rapports aux savoirs.

Mots-clés caractérisant le projet

Savoir mathématique opératoires, pratiques professionnelles, métiers, sciences économiques, ingénierie didactique.

I - Origine du projet et problématique

Le projet sur lequel porte ce document s'intègre dans une problématique plus générale de la formation mathématiques comme *outil pour d'autres disciplines* : cette formation peut être à visée professionnelle comme dans le cas de la formation aux métiers du bâtiment ou peut être intégrée à un cursus non mathématiques comme dans le cas des filières de sciences économiques

Les deux opérations de recherche menées dans le cadre de ce projet ont donc en commun la volonté de contribuer à la résolution de problèmes d'enseignement et de formation issus de terrains où les savoirs mathématiques interviennent hors du cadre de l'enseignement général des mathématiques.

Cela conduit à se poser des questions sur le rapport des savoirs mathématiques enseignés au savoirs mathématiques perçus comme "utiles" (par exemple par les enseignants non mathématiciens), mais aussi sur les contraintes qui pèsent sur l'enseignant de mathématiques dans ces conditions. Y a-t-il une prise en charge dans le traitement des savoirs mathématiques de l'aspect discipline de service ? Comment ? Où ? Par qui ? Pour quels savoirs ? Comment l'enseignant de mathématiques prend-il en compte ces spécificités ? Comment est perçu le besoin en mathématiques par les enseignants non mathématiciens ? par les enseignés ?

Les deux recherches menées dans le cadre de ce projet peuvent être considérées comme des études de deux cas contrastés mais "exemplaires" par rapport à l'ensemble des questions précédentes. En effet elles sont contrastées à la fois :
par les niveaux du cursus choisis

¹ Annie Bessot a été responsable des deux projets de recherche dont ce document est une synthèse :

- Recherche du programme de recherche en éducation de la région Rhône-Alpes 1997, (Annie Bessot, Jean-Luc Dorier, Sylvain Déprez et Madeleine Eberhard).
- Recherche DLC 1998 : Place des savoirs mathématiques dans les lycées professionnels et techniques. Le cas de la formation aux métiers du bâtiment, (Annie Bessot Sylvain Déprez, Madeleine Eberhard)

- lycée professionnel (cycle Bac Pro)
- lycée technique (cycle Bac Pecho, STI)
- première année universitaire

par la nature de la "dominante" de la formation

- les sciences économiques, discipline reconnue comme "savante"
- les métiers du bâtiment, auxquels se rattache un ensemble d'enseignements étiquetés "enseignement technique".

Ce projet présente donc les originalités suivantes :

- il dépasse les découpages institutionnels traditionnels ;
- il pose comme problème crucial pour la formation à un métier ou la formation à une discipline (comme les sciences économiques), celui de la nature des rapports entre différents savoirs.

Dès à présent précisons que dans le temps imparti à ce projet nous n'avons pu aborder que partiellement l'ensemble des questions posées et que, plutôt que des réponses, notre travail fournit un renouvellement du questionnement initial.

Vous trouverez par la suite une description sommaire des deux recherches (par. II, p.2) , un compte-rendu séparé de chacune de recherches (par.III : Les mathématiques dans les filières de sciences économiques, p.2, par.IV. : Les mathématiques dans la formation aux métiers du bâtiment, p.9) et enfin la conclusion du rapport (par.V, p. 32).

II - Présentation sommaire des recherches

J-L. Dorier avec la collaboration d'A. Bessot analyse les relations à mettre en place entre savoirs mathématiques et savoirs économiques, en première année d'université. Se pose alors la question de l'influence du type de relations mises en place, sur les choix et les décisions de l'enseignant de mathématiques.

La recherche d'A. Bessot, de S. Déprez et de M. Eberhard est un essai pour caractériser la place des mathématiques dans les lycées techniques et professionnels, institutions où enseigner les mathématiques ne va pas sans un malaise que l'on ne peut attribuer complètement au recrutement par "l'échec scolaire" des élèves : dans ces institutions professionnels certains savoirs mathématiques ont disparus de la classe de mathématiques pour vivre et être enseignés par des enseignants non mathématiciens.

III - Les mathématiques dans les filières de sciences économiques : analyse de certaines spécificités

(Jean-Luc Dorier avec la collaboration d'Annie Bessot, équipe de Didactique des Mathématiques, Laboratoire Leibniz-Imag)

Enseigner les mathématiques en DEUG de Sciences Économiques, ne peut se faire sans une réflexion préalable sur les spécificités des étudiants qui s'y trouvent, autant que sur le type de motivation et d'intérêt qu'un tel public peut avoir à apprendre des mathématiques. Cette démarche, pour inévitable qu'elle soit, n'en est pas pour autant aussi aisée qu'il pourrait y paraître.

Docteurs, agrégés ou même certifiés en mathématiques ne sont pas forcément en majorité parmi ceux qui enseignent les mathématiques dans les filières économiques ou de gestion.

Il est impensable de demander que tout enseignant de mathématiques en Sciences Économiques possède la double compétence, disons au niveau DEA ou Maîtrise. D'ailleurs la question de la double compétence ne se situe pas au niveau individuel mais dans un équilibre au sein d'une même université entre des spécialistes des deux domaines, capables d'interagir.

Ceci dit, toute réflexion sur l'enseignement de mathématiques en Sciences Économiques, si elle doit se faire dans le but de former des Économistes, doit néanmoins répondre à des critères épistémologiques sous le contrôle de mathématiciens.

Dans cette optique, un mathématicien préparant un cours en Sciences Économiques devra pouvoir se mettre au service de l'économie, en sachant mettre de côté certains réflexes liés à un modèle d'enseignement des mathématiques pour mathématiciens (ou même physiciens, chimistes et informaticiens) tout en construisant une ossature épistémologique au cours qu'il prépare, sans bien sûr oublier les contraintes de temps et de niveau des étudiants.

Ces diverses contraintes ne sont pas facile à gérer, surtout que les demandes des collègues économistes sont parfois très ambitieux et peu réalistes quand on connaît le public concerné.

Nous allons présenter ici certaines données permettant de mieux saisir les spécificités essentielles de l'institution et des étudiants. Nous exposerons ensuite en quoi nous pensons qu'il est indispensable d'amener les étudiants à modifier leur rapport au savoir mathématique, tout en essayant d'explicitier les caractéristiques du nouveau rapport à installer. Dans ce sens, nous présenterons une ingénierie, mise en place pour la première fois en octobre 1992, pour négocier en début d'année avec les étudiants, un nouveau contrat visant à modifier leur rapport au savoir mathématique.

A. Quelques données sur l'institution et sur les étudiants

1- Présentation générale

Nous parlerons ici d'une partie de la première année de DEUG de Sciences Économiques de l'Université Pierre Mendès France de Grenoble.²

Dans le passage en deuxième année, les mathématiques comptent donc environ un quart des coefficients, à égalité avec le cours d'économie.

Les étudiants concernés par notre étude n'ont pas choisi la dominante "formalisation", qui représente environ 15% des étudiants, dans laquelle le programme de mathématiques est plus poussé. Ceci ne veut pas dire qu'ils n'aiment pas les mathématiques (cf. plus loin) mais peut vouloir dire qu'ils ne s'estiment pas assez forts pour suivre la dominante "formalisation", qu'ils n'ont pas envie de faire des mathématiques trop théoriques, ou qu'une autre dominante les attire plus.

² Les données recueillies ici datent de l'année universitaire 1993-94. La structure du DEUG a évolué depuis, mais pas de façon significative quant à notre propos. Quant à la population, elle reste sensiblement identique.

On peut se sentir plus libre vis à vis des étudiants de cette catégorie, en se disant que ceux qui utiliseront peut-être vraiment des mathématiques dans leur carrière sont dans la dominante "formalisation". Ce dernier point un peu cynique, me semble avant tout réaliste et motive bon nombre des choix que nous avons faits. Il est bon d'ailleurs de préciser que les étudiants qui ne sont pas dans la dominante "formalisation", à moins qu'ils ne changent d'eux-mêmes leur orientation initiale, n'auront plus d'autre enseignement de mathématiques que 30H de cours-TD de programmation linéaire en deuxième année, et n'auront ensuite plus guère l'occasion d'utiliser d'autres concepts mathématiques que la règle de trois.

2 - Quelques données sur les étudiants

Les informations recueillies ici portent sur 242 étudiants de l'année universitaire 92/93 qui ne sont pas en "formalisation". Nous les résumons ici.

* Age : seulement 23% des étudiants ont "l'âge normal" (20 ans), ou un an d'avance, pour une première année à l'université. Par ailleurs la tranche correspondant à un ou deux ans de retard regroupe plus de 56% des étudiants. Autrement dit, 77% des étudiants de Sciences Économiques ont déjà été au moins une fois (voire deux ou trois), en situation d'échec dans leur scolarité passée.

* Bac : une grosse majorité des étudiants (72%) a obtenu le bac juste avant d'arriver en première année. Alors que très peu (7%) l'ont obtenu plus d'un an avant. Si on croise les données sur l'âge et l'année du bac, on se rend compte que plus de la moitié du total des étudiants a redoublé, au moins une fois, dans l'enseignement secondaire ou primaire.

D'autre part, parmi les 28% ayant obtenu leur bac avant 92, on compte 9% de redoublants de Sciences Économiques, dont 1% ayant passé le bac en 90 et ayant fait une première année d'études supérieures dans une autre branche. Ainsi 20% des étudiants ont tenté de faire des études supérieures dans une autre branche avant de faire un DEUG de Sciences Économiques. Autrement dit, un étudiant sur cinq commence des études de Sciences Économiques en second choix après un premier échec dans une autre branche (parfois sans rapport) de l'enseignement supérieur.

La majorité des étudiants ont obtenu un bac B. Cependant ceux-ci ne sont pas entièrement représentatifs des bacheliers B. En effet la répartition par mention montre qu'il manque sûrement les meilleurs éléments qui ont pu intégrer des filières mieux cotées, telles que certaines classes préparatoires ou des IUT. Néanmoins, si on regarde la moyenne des notes de maths, on voit que ce n'est pas non plus catastrophique et il semble qu'on retrouve en DEUG de Sciences Économiques un échantillon assez représentatif de l'ensemble des bacheliers B, amputés des meilleurs éléments.

Avec 19%, les bacheliers scientifiques (C et D) représentent une population non négligeable. Les bacheliers G2 et G3³ représentent, dans leur ensemble, près du tiers des effectifs. Hormis le fait que, dans ces deux séries, le programme de mathématiques est plus réduit que dans la série B, l'approche générale en mathématiques est encore plus axée sur l'apprentissage de recettes, et très pauvre sur le plan conceptuel. De plus, dans ces deux populations (séries G2 et G3), il y a très peu d'élèves ayant eu une mention et la

³ Ces deux séries ont le même programme de mathématiques.

moyenne globale des notes de mathématiques au baccalauréat est assez faible et même très faible pour la série G3.

Ainsi, on peut dire grossièrement que la population de la section de DEUG de Sciences Économiques étudiée ici est constituée d'une moitié de bacheliers B (de niveau moyen) d'un sixième de bacheliers scientifiques plutôt forts et d'un tiers de bacheliers G de niveau faible, avec une vision très calculatoire des mathématiques, c'est à dire une vision algorithmique et basée sur des "recettes".

Si on rajoute les données précédentes sur le redoublement, les échecs et le non choix de la filière, on aura une première vision d'ensemble qui laisse entrevoir les difficultés de gestion auxquelles on est confronté dans le cours de mathématiques.

* Position déclarée vis à vis des mathématiques

La question posée était la suivante :

Pouvez-vous en quelques lignes, préciser quelle est votre position par rapport aux mathématiques ? (j'aime (pas), c'est peu (pas/très) (in)utile pour les économistes. C'est trop dur, j'attends du nouveau...).

Environ 13% des étudiants ne répondent pas du tout à cette question. Ce qui laisse paraître une certaine indifférence ou une méfiance, les retenant de déclarer ouvertement une position négative par rapport aux mathématiques.

D'une façon générale, il est clair qu'il faut pondérer les réponses à cette question par le fait qu'à son professeur de mathématiques, dans un questionnaire non anonyme, même si celui-ci a pris les précautions d'usage, un étudiant ne peut pas dire n'importe quoi, et qu'il aura tendance à essayer de plaire.

- 45%⁴ des étudiants expriment une opinion de l'ordre de : "j'aime les mathématiques" ; et 2% disent même trouver cela intéressant. Par contre 10,5% des étudiants déclarent ne pas aimer les mathématiques. Toutefois, il serait fort intéressant de savoir quelles représentations les étudiants se font des mathématiques et si l'opinion qu'ils ont des mathématiques qu'ils ont faites jusqu'à présent, ne va pas changer parce que les mathématiques qu'ils vont faire en DEUG ou la façon qu'on aura de les aborder va changer. A ce sujet on notera que 13,5% des étudiants déclarent attendre du nouveau, ce qui révèle une potentialité, qu'il appartient à l'enseignant de mathématiques de saisir.

- 21% des étudiants reconnaissent explicitement avoir un niveau faible ou rencontrer des difficultés personnelles en mathématiques (dont 1,5% disent être en situation de blocage complet). Par ailleurs 5% trouvent les mathématiques difficiles. Nous avons tenu à distinguer les deux types de réponses, car elles nous semblent de natures différentes, au moins sur un plan psychologique. Dans le premier cas en effet, les étudiants mettent en quelque sorte "la faute" de leur côté, alors que dans l'autre ils placent les causes de leur échec du côté des mathématiques. Certaines réponses montrent une angoisse très marquée des étudiants quant à leur niveau en mathématiques et aux conséquences que cela pourra avoir sur leurs études. Et les données précédentes montrent bien que face à

⁴ Ce pourcentage, comme les suivants, est donné sur la totalité des 242 étudiants et non sur les 210 ayant exprimé leur opinion.

l'échec, la position la plus courante est la culpabilisation plutôt que le rejet de la faute sur la trop grande difficulté de la tâche.

On notera que parmi les étudiants qui disent aimer les mathématiques 18,5% reconnaissent avoir un niveau faible et 5,5% déclarent trouver les mathématiques difficiles.

Dit autrement 42,5% des étudiants reconnaissant avoir des difficultés en mathématiques déclarent également aimer les mathématiques, de même que 50% de ceux trouvant les mathématiques difficiles, les aiment.

Ce résultat qui pourrait paraître paradoxal ne peut être ignoré d'un enseignant. Parce qu'il révèle la non corrélation entre aimer et comprendre les mathématiques, il doit nous mettre en garde contre une illusion de bon fonctionnement, que l'enthousiasme de certains étudiants nous laisserait un peu hâtivement supposer.

- 20% des étudiants déclarent trouver que les mathématiques sont utiles pour les économistes, alors que seulement 2,5% pensent qu'elles sont inutiles.

Restent que 77,5% des étudiants ne semblent pas s'être posé la question des rapports entre mathématiques et économie.

B - Nouveau rapport au savoir mathématique

1. Introduction

Les conclusions que l'on peut tirer de l'analyse brièvement ébauchée ci-dessus sont multiples. Nous n'en retiendrons ici qu'un aspect que nous considérons comme essentiel.

La question de la spécificité de l'enseignement des Mathématiques en Sciences Économiques ne se pose pas en terme de : "les étudiants sont faibles, ils n'aiment pas la théorie, il faut leur faire du concret", mais plutôt: "comment réaffirmer ou redonner de la confiance dans une utilisation de mathématiques pour appréhender des situations présentées dans un cadre peu mathématisé."

Il nous semble important d'engager dès le début de l'année de DEUG, qui marque une rupture avec l'enseignement secondaire, un enseignement visant à modifier le rapport aux mathématiques des étudiants.

Dans ce sens, notre projet d'ingénierie didactique a été de construire et de mettre en place une situation inaugurant l'enseignement de mathématiques qui amène les étudiants à s'interroger sur ce que les mathématiques permettent de faire (à leur niveau) : cette situation pourra alors servir de référence pour un changement de rapport aux mathématiques qu'il faudra faire perdurer dans la suite de l'année.

Nous présentons ci-après une séquence d'enseignement qui vise à déclencher cette réflexion sur les mathématiques non pas seulement par un discours de l'enseignant mais à travers la résolution d'un problème adapté et une gestion adéquate de la situation de classe. La spécificité de ce travail est qu'il ne vise l'acquisition d'aucun savoir strictement mathématique mais la dévolution d'une réflexion sur les mathématiques par un dispositif présentant des moments a-didactiques par rapport à cette finalité.

2. Une entrée dans la modélisation

Cette séquence est destinée à un amphithéâtre d'environ 200 à 300 étudiants et se place d'une façon très large dans le cadre du "débat scientifique en classe de mathématiques" (Legrand 1988).

a - Présentation de la séquence

On propose aux étudiants l'énoncé suivant⁵ :

Énoncé⁶

Dans deux verres identiques, on verse la même quantité respectivement de vin et d'eau.

A l'aide d'une cuillère, on retire un peu de vin que l'on mélange à l'eau.

Puis, à l'aide de la même cuillère, du verre d'eau teintée de vin, on retire la même quantité de liquide que l'on mélange au vin.

A la fin de ces opérations, quelle est la plus grande quantité? celle de vin dans le verre d'eau ou celle d'eau dans le verre de vin ?

Déroulement

Dans un premier temps, les étudiants ont à se faire une opinion individuelle ou en petit groupe. Au bout d'une dizaine de minutes, l'enseignant les fait voter.

A ce moment de la séquence (environ 10 à 15 minutes du début), les étudiants ont une première idée plus ou moins forte, personne n'a donné d'argument pour convaincre. Mais il devrait apparaître que la réponse n'est pas aussi évidente à cause de la diversité d'opinions.

Dans un deuxième temps, il s'agit de demander aux étudiants d'écrire une lettre à un camarade pour le convaincre du résultat. Au bout d'une vingtaine de minutes on passe à un nouveau vote puis au débat en donnant la parole aux étudiants, l'enseignant n'ayant qu'un rôle de régulateur, jusqu'à la phase d'institutionnalisation.

b- Quel est l'enjeu de cette situation ?

L'enjeu est la prise de conscience par les étudiants de la nécessité - pour prendre des décisions fiables face à un problème complexe et ouvert (relevant plus ou moins de la vie de tous les jours) - de modéliser et pour ce faire d'utiliser des mathématiques.

Dans la première phase de la situation, les opinions avant formalisation sont souvent ambiguës et contradictoires (cf. ici la proportion de gens qui au premier vote se trompent).

Dans la deuxième phase, les arguments avancés devraient pouvoir mettre en évidence l'ambiguïté, la confusion des arguments non modélisés (*à chaque fois bien sûr ce n'est pas*

⁵ Le problème proposé ici a déjà fait l'objet d'analyses didactiques et d'expérimentations, dans des cadres variés (voir en particulier Chevallard 1989). Cependant notre dispositif didactique est différent et les buts qui lui sont assignés sont également distincts des autres types de travaux.

⁶ L'énoncé est volontairement littéraire, ni verre A ou B, ni rien qui puisse faire penser à des mathématiques.

à l'enseignant de juger, mais il doit demander un vote sur la question : "cet argument de votre camarade vous a-t-il convaincu?"). L'évolution des arguments vers des arguments de type scientifiques pour convaincre de la véracité d'un résultat résultera des positions symétriques des "débateurs" (les étudiants de l'amphi) : les étudiants ont les mêmes connaissances sur le problème, et chaque étudiant est à la fois en position de convaincre et d'être convaincu, il peut donc juger des deux aspects de cette pratique scientifique. Les arguments d'autorité n'y seront pas recevables et l'inadéquation d'arguments de type qualitatif pour avancer dans la discussion rendra nécessaire non seulement leur mathématisation mais aussi le niveau de mathématisation à adopter.

En particulier, on peut noter ici que dans la plupart de nos expérimentations, un argument du genre : " Appelons x l'eau et y le vin. Donc on met du x dans le y ...", survient après un quart d'heure de débat environ, et qu'il est tout de suite rejeté par une majorité d'étudiants comme une mathématisation illicite, alors que l'on rencontre ce type d'erreurs fréquemment quand on traite de la modélisation en DEUG de Sciences Économiques. Ceci ne signifie pas qu'une telle situation aurait la vertu de faire disparaître ce type de dysfonctionnement.

D'autres questions très générales sur ce qu'est une modélisation devraient apparaître en cours de séquence : la précision du langage, la nécessité de désigner des éléments implicites par des noms et des lettres, l'explicitation de données, de paramètres, de variables etc. L'enseignant doit faire ici un effort pour repérer tous les arguments allant dans ce sens, les relever, peut-être les écrire au tableau, voire parfois en les clarifiant. Cependant il faut qu'il ne prenne pas trop d'initiative de lui-même et que les points soulevés le soient par les étudiants eux-mêmes.

Il pourra aussi être intéressant, si la question est soulevée par certains étudiants, de discuter du problème des hypothèses et des conditions de modélisation. Ici par exemple, deux hypothèses sont nécessaires :

- on peut, avec une cuillère prendre deux fois une quantité identique de liquide,
- le vin et l'eau sont parfaitement miscibles, ainsi quand on prend une petite quantité d'un mélange, on retrouve l'eau et le vin dans les mêmes proportions dans la cuillère que dans le verre.

En conclusion la situation présentée est candidate (au moins) à jouer un rôle de métaphore de référence lorsqu'un problème de modélisation se présente : ainsi en tant que métaphore de référence pour l'étudiant, elle peut lui permettre de prendre la responsabilité des contrôles de la validité de son modèle sans en référer à la seule autorité de l'enseignant.

c - Premiers bilans

Cette séquence a été expérimentée plusieurs fois. Nous disposons d'enregistrements et de retranscriptions de plusieurs séances en amphithéâtre. Par ailleurs, dans les deux dernières expérimentations, nous avons ramassé les réponses écrites des étudiants à la deuxième consigne (les lettres envoyées à un camarade). Ces données nous permettent d'avoir une première idée de l'efficacité d'une telle séquence au moins du point de vue local. Nous avons entamé un travail d'analyse plus théorique, en particulier à l'aide de la notion de milieu .

Bien sûr, une telle situation ne suffit pas à elle seule à installer de façon durable le changement de rapport aux mathématiques tel qu'il a été présenté plus haut, même si, comme nous l'avons déjà dit, elle vise à servir de métaphore de référence pour l'enseignant ou pour l'étudiant en cours d'année.

Enfin, il s'agit dans le cours de l'année de trouver de nouvelles situations pour mettre ce nouveau rapport aux mathématiques à l'épreuve du point de vue de son efficacité. Nos tentatives restent en ce sens encore empiriques, dans la mesure où nous avons mis au point un cours assez cohérent du point de vue de la modélisation : il semble difficile sur le long terme (et à plus forte raison sur une année universitaire entière) d'organiser d'autres expérimentations du type présenté dans le cadre de contraintes institutionnelles comme celle du temps et de l'évaluation. Notre cours à présent publié⁷ reflète cependant notre volonté de pérenniser ce nouveau rapport aux mathématiques.

IV - Les mathématiques dans la formation au métiers du bâtiment

*Annie Bessot, Madeleine Eberhard, équipe de Didactique des Mathématiques, Laboratoire Leibniz-Imag
Sylvain Déprez, Lycée Technique Roger Deschaux de Sassenage)*

Notre recherche est un essai pour caractériser la place et la nature des savoirs mathématiques dans les lycées techniques et professionnels, institutions où enseigner les mathématiques ne va pas sans un malaise que nous prendrons le parti de ne pas attribuer complètement au recrutement par "l'échec scolaire" des élèves. Par exemple, dans ces institutions professionnelles, certains savoirs mathématiques "utiles" comme la notion de pente ont disparu de la classe de mathématiques pour vivre et être enseignés par des enseignants non mathématiciens (voir Bessot, Eberhard 1995). Une difficulté de l'enseignement éventuel des savoirs "utiles" pourrait résulter du fait que ces savoirs apparaissent comme des savoirs d'experts de domaines différents⁸ et donc quasi-isolés les uns des autres : cela pose le problème de leur transformation en un ensemble structuré de savoirs enseignables dans une même institution d'enseignement. Dans l'histoire de l'enseignement des mathématiques pour les métiers du bâtiment, sont apparues des tentatives d'organisation de savoirs mathématiques spécifiques aux professions, comme l'atteste l'existence de manuels intitulés "Mathématiques pratiques", maintenant obsolètes. En France, un indice de la difficulté à faire exister des savoirs mathématiques, qui se légitiment culturellement par leurs relations aux pratiques, est l'alternance de leur apparition ou leur disparition comme discipline enseignée. Par exemple : la géométrie descriptive de Monge comme théorisation des procédés pratiques de construction a disparu de la plupart des formations professionnelles (et complètement des lycées généraux) ; Hadamard a inclus un chapitre (« notion sur la topographie ») dans son traité de « Leçons de géométrie » (1901) dont certains éléments ont été transposés dans des manuels de géométrie pratique qui actuellement n'ont plus cours.

Pour cerner des réponses aux questions posées, nous avons mené différentes enquêtes et observations concernant le lycée Technique Roger Deschaux de Sassenage (banlieue de Grenoble) dont une spécificité est la formation à différents métiers du bâtiment. Ce lycée a comme autre spécificité de ne pas être seulement un lycée technique mais d'être

⁷ Ce cours vient d'être publié: Dorier, J.-L., et Duc-Jacquet, M. (1997) *Mathématiques pour l'économie et la gestion*, Paris : Gualino éditeur.

⁸ menuiserie, plomberie, maçonnerie... dans les métiers du bâtiment

aussi un lycée professionnel ce qui fait s'y côtoyer des populations d'élèves et d'enseignants assez différentes. Soulignons qu'à un premier niveau, ces deux institutions se différencient par leur finalité : le lycée technique engage les élèves dans une poursuite d'étude post bac, alors que le lycée professionnel les dirige directement sur la vie « active ». Nous les considérons donc comme deux institutions différentes d'une même institution, le lycée Roger Deschaux.

Commençons par présenter les caractéristiques des programmes et des diplômes relatifs aux filières techniques et professionnels d'un tel lycée.

A. Les programmes et les diplômes pour l'enseignement technique et professionnel aux métiers du bâtiment

Pour bien placer les spécificités de la mise en place de la formation aux métiers du bâtiment, citons ce qu'écrivent Pelpel et Troger dans leur ouvrage "Histoire de l'enseignement technique" (1993) à propos du secteur du bâtiment :

“... les métiers du bâtiment n'étaient que très rarement présents dans les ENP⁹ ou les EPCI¹⁰. La menuiserie et l'électricité faisaient exception, mais les métiers dits *captifs* du bâtiment (maçonnerie, revêtements, plomberie, charpente) étaient quasiment absents de l'enseignement technique. Or dès 1952, les métiers spécifiques du bâtiment (métiers captifs + serrurerie, électricité et menuiserie du bâtiment) représentaient 22,4 % des effectifs de l'ensemble de l'enseignement technique masculin, aucune section féminine n'existant alors dans ces spécialités. En une petite dizaine d'année ils avaient donc pris une place significative dans l'enseignement technique. Il convient de souligner que l'essentiel de ces formations étaient assuré par les CA¹¹, où les métiers du bâtiment représentaient à la même date 35,6 % des effectifs masculins, alors que dans les collèges techniques ils ne concernaient qu'à peine 7 % des effectifs. Cela traduit la nature des qualifications dans ce secteur : centrées sur les savoir-faire beaucoup plus que sur les savoirs, rares au niveau des techniciens, elles relevaient pour l'essentiel du niveau des CA, non de celui des collèges techniques ou des ENP. C'est parce que la scolarisation est *descendue* avec les CA au niveau de l'apprentissage ouvrier proprement dit que le bâtiment a été concerné.” (p.94)

Quand s'est donc effectuée la mise en place des formations telles qu'elles existent actuellement au lycée technique Roger Deschaux ?

Quelles relations existent entre les modifications des contenus mathématiques et de leur organisation et la prise en compte de la finalité professionnelle de ces institutions ? Quelle est la part de la finalité professionnelle dans les décisions de modifications curriculaires ?

A.1. Lycée professionnel

Nous nous bornons ici à donner les principales dates concernant les filiations historiques des lycées professionnels¹² :

⁹ École Nationale Professionnelle

¹⁰ École Pratique de Commerce et d'Industrie

¹¹ Centre d'Apprentissage

¹² On trouvera une analyse sociologico-historique de la mise en place de ces diplômes dans Solaux, 1994, avec une centration sur la mécanique.

- Décret du 21 septembre 1939 : création des Centres de Formation Professionnelle (CFP) ;
- Décret du 18 septembre 1944 : les CFP sont transformés en Centres d'Apprentissage (CA) et passent par ce décret de la tutelle de l'ex-secrétariat à la Jeunesse à celle de la direction de l'enseignement technique ;
- 1946 : création d'écoles normales spécifiques aux CA, les Écoles Normales Nationales d'Apprentissage (ENNA) ;
- 1959 : création des Collèges d'Enseignement Technique (CET) qui remplacent les CA en les secondarisant ;
- Loi Haby 1976 : les Collèges d'Enseignement Technique (CET) deviennent Lycées d'Enseignement Professionnel (LEP), pour attester de leur appartenance au cycle "secondaire".

"De centre (d'apprentissage), on est passé à collège (d'enseignement technique) pour arriver à lycée (d'enseignement professionnel) ; d'un ordre d'enseignement extérieur au système éducatif, on passe à une formation identifiée comme faisant partie intégrante du second cycle (lycée). Il s'agit d'un second cycle « court » certes, mais la formation ouvrière est ainsi davantage intégrée au dispositif général de formation." (Sochaux 1994, p. 15)

- Décret du 27 novembre 1985 (Loi Chevènement) : les Lycées d'Enseignement Professionnel (LEP) deviennent Lycées Professionnels (LP). Cette dernière période est marquée par l'introduction de l'alternance.

a - Les diplômes

examen	CAP	BEP	Bac Pro
création	1- loi 29 septembre 1910 décret 24 octobre 1911 arrêté 23 septembre 1912 2- 1967 destiné à être remplacé par le BEP (niveau collège) 3- officiellement rétabli en 1971. (2, p.132) <i>reconnu par les conventions collectives</i>	1966 dans les CET (niveau lycée) puis dans LEP, puis dans LP (cycle de détermination) 1987 création du BEP "Construction, Bâtiment, Gros oeuvre" (cycle de détermination) <i>non reconnu par les conventions collectives</i>	1985 dans LP (cycle terminal) 1990 création du Bac Pro "Construction, Bâtiment, Gros oeuvre"
remarque	A partir de 1991, les CAP sont intégrés dans les BEP ¹³		

Terminons par une citation de Pelpel et Troger (1993). Ils écrivent sous le titre "L'enseignement professionnel : une spécificité affirmée" :

"Les centres d'apprentissages ont été dès le départ clairement distingués des autres établissements du technique. La terminologie de *collège* d'enseignement technique (CET) [...] confirmait qu'en terme de niveau, l'enseignement professionnel s'alignait plus sur le premier cycle (les anciens cours complémentaires transformés en CEG) que sur les lycées. Les CET se voyaient clairement assigner comme objectif la préparation du CAP en trois ans après la Cinquième. Mais la communauté d'appellation avec les lycées *techniques* pouvait indiquer qu'il s'agissait d'un niveau élémentaire de l'enseignement technique.

¹³ "Dans un champ de qualification donné, le CAP suppose une maîtrise technico-organisationnelle limitée à un secteur. Le BEP embrasse plusieurs secteurs dans le même champ et au même niveau que le CAP, il est davantage une extension de qualification acquise au niveau du CAP qu'un approfondissement de celle-ci." (Solaux 1994, p. 83)

La création du brevet d'enseignement professionnel (BEP) en 1966 a levé l'ambiguïté à ce sujet.[...] Le BEP institué dans le but de remplacer le CAP revêtait en effet un caractère plus théorique et moins pratique que ce dernier : préparé en deux ans après la Troisième, et non plus la Cinquième, il comprenait plus de formation théorique, traduisant ainsi une conception plus scolaire de la qualification ouvrière, adaptée en théorie aux exigences techniques de l'industrie et du commerce moderne. Parallèlement, a d'ailleurs été instituée la possibilité de créer des CAP en deux ans après la Troisième. [...] en évoluant vers une formation de second cycle, l'enseignement professionnel libérait la place du collège unique, mais il confirmait sa propre spécificité, par rapport à l'enseignement technique, de filière privilégiant l'insertion professionnelles, sans objectif de poursuites d'études." (pp.109-110)

b - Les deux cycles du LP : BEP et Bac Pro

Caractéristiques

- Dans l'arrêté du 17 juin 1994, l'intitulé des programmes est "Organisation et horaires d'enseignement applicable en *seconde professionnelle et en terminale de BEP*", attestant par cette dénomination que les deux années de BEP forment ainsi un "Cycle de détermination de la voie professionnelle" .

Le BEP est préparé en deux ans avec CAP intégré (le BEP donne un CAP sous réserve d'inscription et d'épreuves spécifiques relatives à l'option du CAP), à l'issue des troisièmes générales ou technologiques.

Débouché du BEP : Bac Pro selon les spécialités, première d'adaptation (sur dossier) ou vie active comme ouvrier (OQ ou OP).

- Le Bac Pro est considéré comme le "Cycle terminal de la voie professionnelle". Les débouchés du Bac Pro sont ceux d'ouvrier "très qualifié" (OHQ), ou de chef d'équipe. Sa préparation comporte nécessairement deux années, première et terminale Bac Pro. Le Bac Pro est la continuation "naturelle" du BEP : l'accès au cycle est relativement large : onze BEP dont deux prioritaires et seize CAP dont six prioritaires. Par contre, le seul accès à la deuxième année du "cycle terminal de la voie professionnelle" est la première année du Bac Pro : il n'y a pas *a priori* de passerelle prévue vers la deuxième année de ce cycle qui forme donc un tout.

En résumé :

BEP	Bac Pro
"Cycle de détermination de la voie professionnelle" seconde professionnelle et de terminale de BEP Accès : BEPC, niveau troisième sur dossier Débouchés : Bac Pro selon les spécialités, 1ère d'adaptation (sur dossier), ou vie active comme ouvrier (OQ ou OP).	"Cycle terminal de la voie professionnelle" première et terminale Bac Pro Accès : BEP, CAP, 1ère F4, activité professionnelle Débouchés : ouvrier "très qualifié" (OHQ ou OP), chef d'équipe

Les programmes de mathématiques

Le Bac Pro étant considéré comme la continuation "naturelle" du cycle conduisant au BEP (et au CAP), nous examinons les programmes de mathématiques du Bac Pro et leur articulation à ceux du BEP.

- BEP : quelques dates

1971-1973 (arrêté du 25/07/73) programme lié à la création des BEP.

Ce programme qui présente les mathématiques comme discipline d'enseignement général est destiné à l'ensemble des sections des BEP industriels.

1992 (arrêté du 10/07/92) nouveau programme du BEP assujetti à la mise en place des secondes générales et technologiques.

Le texte de ce programme concerne l'ensemble des spécialités de BEP, les indications délimitant le programme spécifique de chaque BEP sont intégrées dans le texte.

Les libellés des thèmes mathématiques sont :

- des copiés-collés
 - de rubriques du programme de seconde générale,
 - de parties des "Travaux Pratiques" (TP) de seconde qui figurent alors comme rubrique du programme des BEP,
- des reprises de savoirs de collège comme la trigonométrie et certaines parties de la géométrie (Théorèmes de Thalès et Pythagore), que l'on peut considérer comme des savoirs mathématiques survivants de la réforme dite "des mathématiques modernes" (années 1970)
- et des savoirs de 1^{ère} E et S : les suites géométriques et arithmétiques.

La partie "Travaux Pratiques" si importante dans les programmes de 2^{nde} est absente dans ces programmes.

- Bac Pro : quelques dates

1987(arrêté du 4/8/87) programme lié à la création du Bac Pro.

Ces programmes sont destinés à l'ensemble des baccalauréats professionnels du secteur industriel (tronc commun) avec des modules (selon l'orientation technologique).

1995 (arrêté du 9/5/95) nouveau programme lié au changement de programme de BEP en 1992

Actuellement ces nouveaux programmes ne sont effectifs qu'en première année de Bac Pro. Nous examinerons l'articulation des deux programmes 1987 et 1992 et leurs relations avec celui de BEP.

Les directives du programme de 1995 sont ambitieuses, puisqu'elles donnent à l'enseignement des mathématiques trois objectifs, un objectif instrumental pour les disciplines scientifiques et technologiques, un objectif de formation scientifique et un objectif de formation générale :

"1. L'enseignement des mathématiques dans les classes préparant aux baccalauréats professionnels doit fournir les outils nécessaires pour suivre avec profit l'enseignement des disciplines scientifiques et technologiques. Il doit contribuer au développement de la formation scientifique des élèves [...]. Il doit enfin contribuer au développement de la formation générale des élèves {...}" (p.31 des programmes du Bac Pro 1995)

Dans le texte du programme de 1987 une articulation "cours / exercices-problèmes" est suggérée :

"2. Le cours proprement dit doit être bref : il porte sur quelques notions et résultats de base que l'élève doit connaître et savoir utiliser. L'essentiel des activités doit être consacré à la résolution d'exercices et de problèmes. Le professeur pourra organiser son enseignement selon les besoins et les nécessités de la formation." (p.32 des programmes du Bac Pro 1987)

L'observation des classes de mathématiques au niveau Bac Pro que nous avons pu mener au lycée de Sassenage montre que les enseignants de mathématiques respectent

cette contrainte "cours bref / exercices". La question qu'il resterait à examiner plus profondément est celle de la nature de cette articulation.

L'injonction sur la nécessaire brièveté du cours n'est pas particulière à la filière professionnelle, par contre l'articulation "cours/exercices" qui y est suggérée diffère de celle d'"activités/synthèse" conseillée dans les programmes de seconde indifférenciée et reprise dans les nouveaux programmes Bac Pro de 1995 :

"Dans cette perspective, la *résolution de problèmes* et *l'étude de situations* occupent une *part importante* du temps de travail, allant bien au delà de l'horaire de travaux dirigés en effectif réduit. [...] *La synthèse*, qui constitue le cours proprement dit doit être *brève* [...]" (p. 4 des programmes de seconde indifférenciée 1990)

"[...] l'étude de situations et la résolution de problèmes occupent une part importante du temps de travail. Le cours de mathématiques est constitué d'activités [...]. La synthèse, qui constitue l'essentiel à retenir, doit être brève" (p. 23 des programmes du Bac Pro 1995)

Une conséquence de cette prédominance des activités sur une partie cours qui devient une "synthèse" dans les nouveaux programmes de Bac Pro, est l'apparition d'une partie intitulée "Champ des activités" à la suite de la liste des thèmes.

Rien n'est dit à propos de la relation devant exister entre les savoirs du Bac Pro et ceux du cycle précédent BEP dans le texte des programmes de 1987 : dans les nouveaux programmes de 1995, ce sujet fait l'objet de nombreux commentaires, il est même le premier objectif énoncé :

"1 - Consolider et développer les acquis du cycle de brevet d'études professionnelles [...]"

On peut légitimement attribuer ce silence dans les programmes de 1987 au fait qu'au moment de la création du Bac Pro, les programmes pour le BEP étaient ceux de 1971-1973 : étant les héritiers de la réforme des mathématiques modernes, ils ne pouvaient donc servir de références, on ne pouvait pas en parler. Par un mouvement inverse, les programmes de BEP (1992) postérieurs à ceux des programmes en oeuvre actuellement dans les filières professionnelles pouvaient se référer aux contenus des programmes de Bac Pro de 1987 !

La comparaison des programmes BEP (1992) et Bac Pro (1987) devrait donc l'attester : en effet, on peut trouver dans le tronc commun, des reprises et des approfondissements des principaux savoirs de BEP comme "problèmes numériques et algébriques", "suites arithmétiques et géométriques", "statistique"..., mais aussi dans les modules spécifiques au cycle Bac Pro (qui disparaissent dans les nouveaux programmes de 1995) comme les modules T : trigonométrie ou G : géométrie.

Quelques thèmes nouveaux sont laissés au cycle terminal : dans le tronc commun "Résolution de l'équation du second degré", "Introduction et utilisation de la dérivée d'une fonction ...", "... fonctions logarithme et exponentielle" par exemple, ou dans les modules "calcul sur les nombres complexes", "calcul vectoriel dans le plan" par exemple (thèmes qui sont à rapprocher de savoirs nouveaux du cycle terminal des lycées généraux).

Au lycée de Sassenage, deux spécialités sont préparées : "Construction, Bâtiment, Gros Oeuvre"¹⁴ (dont le Bac Pro a été créé nationalement en 1990) et "Énergétique" qui

¹⁴ Le BEP "Construction, Bâtiment, Gros Oeuvre" a été créé en 1987 en remplacement d'u BEP de maçonnerie.

forment deux demi sections. Ceci ajoute une autre contrainte pour les enseignants de mathématiques. En effet les deux spécialités Bac Pro "Construction, Bâtiment, Gros Oeuvre" et "Énergétique" recrutent des populations caractérisées par des niveaux contrastés : recrutement à la baisse pour "Constructeur béton armé", recrutement "normal" pour "Énergétique".

A.2. Le lycée technique

Comme pour l'historique de la mise en place des lycées professionnels, nous nous bornerons ici à donner les principales dates concernant les filiations historiques des lycées techniques :

- 1880 : création des Écoles Nationales Professionnelles (ENP)
 - 1892 : création des Écoles Pratiques de Commerce et d'Industrie (EPCI)
- Ces deux écoles donnent naissance en 1941 aux Collèges techniques. La création du brevet de technicien en 1952 constitue une solution de poursuite d'études.
- 1959 : Collèges techniques et ENP deviennent des Lycées Techniques au sein desquels sont créées les classes de techniciens supérieurs.
 - 1966 : création des Instituts Universitaires de Technologie

a - Les diplômes

examen	Brevet de Technicien (BT)	Baccalauréat	BTS	DUT
création	19 février 1952 BT "Exécution de travaux " remplacé en 1985 par le BT "Encadrement de chantier- Génie civil (bâtiment et travaux publics)"	10 juin 1965 Bac de technicien 10 septembre 1990 Bac Technologique séries F4 et F9 puis 15 sept. 1993 série STI, "génie civil" et "génie énergétique"	1952 (LT) BTS "Adjoint technique d'entreprise du bâtiment", remplacé en 1989 par le BTS "Bâtiment"	1966 (IUT)

b - Le cycle terminal du lycée technique

Caractéristiques

- **Un cycle terminal, deux sections (bac Techno et BT)**

Dans la filière technologique du lycée Roger Deschaux, les remaniements intervenus à partir de la rentrée scolaire 1992 (d'abord pour la classe de seconde, puis pour les classes suivantes), se manifestent surtout par un changement d'"étiquette" pour le cycle terminal.

Pour le **cycle de détermination**, les classes de Seconde TSA (avec l'enseignement commun "Techniques des Systèmes Automatisés" et l'option spécifique "Productique") ont remplacé les classes de Seconde Technologique de détermination avec leurs modules spécifiques (bâtiment).

Le cycle terminal comporte deux types de sections qui recrutent après la seconde de détermination :

- des sections conduisant au baccalauréat technologique "Sciences et Techniques industrielles" (STI), avec deux options Génie Civil et Génie Énergétique qui

correspondent respectivement aux anciennes sections F4 et F9 (deux classes GC à chaque niveau 1ère et Term, une classe GE à chaque niveau 1ère et Term) ;

- des sections conduisant au brevet de technicien "Encadrement de chantier-Génie civil" (une classe à chaque niveau 1ère et Term TI (Techniques industrielles).

Ce "dédoulement" du cycle terminal est une caractéristique du lycée technique R.Deschaux. En effet, de moins en moins fréquentées, les filières BT sont en voie de disparition dans les lycées techniques selon la logique de la mise en place du baccalauréat professionnel et du remaniement des filières technologiques. Dans de nombreuses spécialités, ces BT ont disparu dans la logique, plus ancienne encore, de la mise en place des sections F de bac de technicien. A Sassenage, la filière BT garde de l'importance à cause du potentiel en enseignants et de l'implication de ces derniers dans son fonctionnement. La filière BT "concurrence" la filière BacPro : la plaquette du lycée la présente comme se différenciant du Bac Techno "par une approche plus pratique des problèmes de réalisation des ouvrages" et "débouchant sur les emplois de l'encadrement intermédiaire dans les entreprises du bâtiment et des travaux publics".

Le lycée comprend deux classes de première d'adaptation, correspondant aux options Génie Civil et Génie Énergétique. Ces classes d'adaptation permettent l'accès sur dossier à la filière technologique d'élèves titulaires d'un BEP. Elles donnent accès aux terminales GC, GE ou TI.

La réduction de trois classes de seconde, il y a quelques années, à deux classes en 95-96 illustre une certaine baisse des effectifs, actuellement contrebalancée par un recrutement extérieur en Première. Les enseignants évoquent les préoccupations de recrutement qui se manifestent au sein du lycée et le souhait de la mise en place d'une filière générale S ou d'une filière STI "Génie électrotechnique" pour retrouver un recrutement.

• **Deux sections avec des finalités historiquement différentes qui tendent à se rapprocher**

"Il faut absolument prévoir de poursuivre ses études après l'obtention du BT ou du Bac Techno" est-il précisé dans la plaquette du lycée au sujet des classes d'adaptation, ce qui s'accorde à l'intention majeure commune aux programmes de STI et de BT : "donner aux élèves une formation conçue en fonction de la poursuite d'études supérieures dans le domaine des sciences et techniques". De fait, cet objectif commun ne correspond pas à une identité de finalités. En particulier, le BT n'ouvre que sur les sections BTS tandis que le Bac Techno ouvre aussi sur des IUT, dans diverses spécialités !

Cette nécessité de poursuite d'études pour les BT apparaît officiellement dans les programmes de 1991. Alors que les programmes BT de 1985 prévoyaient "aussi bien l'entrée dans la vie professionnelle à l'issue du BT [...] que la poursuite d'études supérieures", la formation actuelle est "conçue en fonction de la poursuite d'études".

Les programmes de mathématiques dans le lycée technique

Notre étude porte sur les programmes du cycle terminal, les programmes de seconde étant commun aux filières générales et technologiques depuis 1981, comme nous l'avons dit plus haut.

Les programmes des deux sections du cycle terminal, que nous appellerons brièvement STI et BT, ont été mis en oeuvre à la rentrée 1991 pour les sections F et BT. Les objectifs et les contenus n'ont pas été affectés par le changement F/STI.

Ils sont soumis à deux premières contraintes :

- celle des contenus des programmes de seconde, objet de plusieurs remaniements, principalement en 1985 et en 1990 : il s'agit "d'assurer une bonne continuité avec ce programme".

- celle des perspectives de poursuite d'études.

Nous pouvons faire l'hypothèse qu'entre 1985 et 1991, les changements les plus marquants en BT ont découlé de la nouvelle contrainte de poursuite d'études et, plus précisément, qu'ils ont répondu de manière minimale à la contrainte des programmes de BTS. Les programmes des STI s'inscrivent, eux, dans "la poursuite de la politique d'ouverture des sections STI, tout en offrant aux élèves une formation mathématique de qualité adaptée aux finalités des sections considérés".

Nous ferons une analyse comparée des programmes de STI et de BT qui prennent différemment en compte cette deuxième contrainte puisque "ils visent à un cadre et un vocabulaire théoriques modestes, mais suffisamment efficaces pour l'étude des situations usuelles et assez riche pour servir de support à une formation mathématique solide" (en STI comme en S), "...mais suffisamment efficaces pour répondre aux besoins en mathématiques des autres disciplines" (en BT). Nous prendrons comme référence les programmes de la section S, pour faire ressortir les caractéristiques liées à la finalité de l'enseignement technologique. Ces programmes sont destinés à l'ensemble des sections de BT ou de STI, certaines parties étant à moduler selon les spécialités : nous ne retiendrons que ce qui concerne les spécialités du "bâtiment

Ici nous ne développerons que ce qui concerne les objectifs généraux et les caractéristiques de l'enseignement de l'analyse. On pourra trouver une analyse globale détaillée en annexe 2.

Des différences dans une unité affirmée avec les classes scientifiques générales

Programmes de S, STI et BT apparaissent avec une unité manifeste de structure (mêmes titres et numérotation) et de larges ensembles de paragraphes rigoureusement identiques (II.1 Organisation de l'enseignement et du travail des élèves, cadre général - III "Présentation du texte du programme").

En dehors des variations et suppressions qui concernent essentiellement en STI l'analyse (I-3a, IV-3 et 8) et les transformations géométriques, *les textes généraux pour les sections S et STI sont identiques*. Les textes généraux en BT sont ceux de STI avec une restriction (inédite en STI) pour des notions comme nombres complexes, statistiques et probabilités qui sont étudiées, mais "pour lesquelles aucune capacité n'est exigible des élèves en mathématiques".

En revanche, si les programmes de STI et S développent un paragraphe précisant les rapports entre "études de situations et "synthèse" ("le cours proprement dit"), pour les BT, il n'est pas question de cours, mais de "synthèse". L'absence de développement semble indiquer la place réduite que doit prendre cette synthèse en BT, alors que les

programmes de 1985 indiquaient déjà : "le cours proprement dit doit être bref". Cette absence rejoint la place moindre accordée en BT à "l'étude de situations", par la suppression des paragraphes où il est question de situations "assez riches" ou "plus complexes". Cela pose le *problème de la ressemblance des activités menées en BT et en STI sous l'emblème "étude de situations"* si présent dans les textes des programmes de 1991.

Notons que le mot "démonstration" apparaît à peine moins en BT qu'en STI, où il apparaît peu et principalement à propos de l'activité de l'enseignant (III.4), mais ce qui disparaît correspond à la mention explicite de ce qui relève de l'activité de l'élève (IV. 7 "...bâter une démonstration").

L'ouverture des sections STI et BT est manifestée par *une insistance plus précise qu'en S sur la prise en compte de tous les élèves* via les indications particulières concernant les classes d'adaptation (I.2e). Dans le texte même du programme, et dans tous les secteurs d'étude, on trouve des indications non présentes en S : "consolider les techniques élémentaires de calcul : pourcentages, proportionnalité, usage de fractions", "s'assurer que tous les élèves connaissent les propriétés et la représentation de fonctions usuelles...", "...en cas de besoin, consolider les acquis concernant les vecteurs du plan".

Les programmes de STI et l'enseignement de l'analyse

L'annonce de "contenus de plusieurs chapitres voisins de ceux de S" se réalise par la reprise à l'identique de parties de textes du programme de S. Il est à noter que dans les travaux pratiques, les listes des domaines d'où sont issues les situations à étudier comportent systématiquement en plus la technologie (et en moins les sciences biologiques).

En **1ère STI**, sous le titre "Fonctions", l'organisation du secteur de l'analyse (amputé de toute la rubrique "Suites") manifeste la subordination de l'étude des limites à la dérivation. Moyennant quoi, le texte du programme de ce chapitre apparaît largement comme une copie du texte de S. Un seul thème de T.P. n'apparaît pas en STI : "majorations et encadrements portant sur des nombres ou des fonctions". Mais cet "allègement" est significatif puisqu'il supprime le seul thème dont le libellé exprime en S le rôle central en analyse de la notion d'approximation et l'importance du quantitatif, au coeur des réformes¹⁵ de l'enseignement de l'analyse au lycée depuis les années 80.

En **Terminale STI**, nous retiendrons essentiellement la place majeure réservée à l'analyse (5 pages sur 7). Les objectifs en STI sont d'exploiter la pratique de la dérivation ainsi qu'une pratique élémentaire du calcul intégral. La liste des travaux pratiques relatifs aux fonctions est exactement celle de S, tandis que celle des travaux pratiques relatifs au calcul intégral en STI comprend celle de S.

En particulier, des problèmes dits quantitatifs, problèmes d'approximation ou d'encadrement, qui constituent une part importante des thèmes d'analyse étudiés en S, sont pris en compte à ce niveau, avec les limitations dans l'outillage qu'est l'absence de l'"inégalité des accroissements finis". Il resterait à étudier la nature du "rapprochement" avec les objectifs de S que les textes manifestent.

Les programmes de BT et l'enseignement de l'analyse

Tels qu'ils sont définis en 1991, les textes sont le plus souvent identiques à ceux de STI.

¹⁵ On peut se rapporter à l'étude d'Artigue (1996)

L'analyse constitue comme en STI la part la plus importante du programme. Le programme de 1ère BT laisse finalement une place formellement semblable à celle de STI à la notion de limite, mais la subordination de cette notion à l'étude de la dérivation est encore plus forte : le nombre dérivé n'est pas défini mais seulement interprété en terme de limite. En Terminale, la tendance à ne faire que la place strictement nécessaire à la notion de limite se manifeste par l'absence des propriétés algébriques relatives à la comparaison. Globalement, sur l'ensemble des deux années, la problématique de l'approximation est très réduite. Les thèmes du calcul numérique de solutions d'équations ou de valeurs approchées d'intégrales sont présents, mais ils donnent lieu à des délimitations qui n'apparaissent pas en STI.

On retrouve, comme en STI, une étude algébrique des suites géométriques, mais curieusement, dans les travaux pratiques de terminale BT, les suites géométriques sont explicitement rapportées à l'étude de phénomènes exponentiels discrets : l'emphase mise sur le thème des phénomènes exponentiels vise peut-être à contrebalancer l'absence du thème de l'étude d'autres situations conduisant à des fonctions.

Derrière l'apparente ressemblance qui résulte de la présence de paragraphes communs, il apparaît que cette partie analyse a "résisté" au changement de finalité des BT intervenu depuis 85. Sur l'ensemble des deux années, quelle signification accorder au fond à la présence du mot emblématique "limite" dès la Première ? Dans la réalité des classes, quelles sont finalement les distances avec STI ou avec le bac Pro ?

B. Enquête sur les disciplines enseignées et les besoins en mathématiques des professeurs de technologie

B.1. Disciplines enseignées au lycée Roger Deschaux

L'enseignement des mathématiques du cycle Bac Pro du lycée professionnel se fait officiellement sous l'étiquette "mathématiques-sciences" : l'enseignant de mathématiques se doit donc d'enseigner deux matières, les mathématiques et les sciences physiques à raison de 2 h par semaine pour chacune d'elles (sur 27 semaines la première année soit un total de 108h, sur 25 semaines la deuxième année soit un total de 100h). Dans les programmes, les mathématiques et les sciences physiques figurent dans le domaine dit de la « formation professionnelle, technologique et scientifique » et sont donc ainsi clairement associées à la formation professionnelle¹⁶.

« Ce regroupement donne une finalité professionnelle aux mathématiques et à la physique. Il y a dans cette présentation un décloisonnement des matières, qui tout en leur donnant davantage de cohérence, leur enlève une part de leur spécificité. » (Solaux 1994, p. 79)

La partie technologique occupe la plus grande place de la formation : 4h par semaine pour une partie "théorique" (soit un total de 108h la première année, 100h pour la deuxième année), 8h pour les activités en groupes d'atelier, dits "Atelier" et "Méthode" au lycée Roger Deschaux (soit un total de 216h la première année, 200h pour la deuxième année).

¹⁶ on trouvera dans Strässer et Sevenbergen (1996) une réflexion sur l'enseignement professionnel au niveau international.

L'enseignement des mathématiques au lycée technique relève officiellement de l'enseignement général : le programme de mathématiques des secondes TSA est celui de la "classe de seconde générale et technologique" mise en place en 1992 et héritière de la seconde "pour tous les élèves" mise en place en 1981. Cette seconde est "allégée" par rapport à la seconde technologique des années 80 : les disciplines technologiques ne contribuent plus à un alourdissement de l'horaire, le programme des "Techniques des Systèmes Automatisés" TSA (3h) est commun à toutes les secondes, seule la partie "Productique" (4h) est spécialisée.

Pour le cycle terminal Bac Techno défini en 1992, les mathématiques figurent dans les programmes comme une matière de formation générale, complémentaire aux matières dominantes que sont les matières technologiques. Ces dernières sont organisées sous les appellations "Sciences physiques", "Étude des constructions", "Étude des systèmes techniques industriels". Pour les classes du cycle terminal, les matières technologiques figurent aux emplois du temps sous les dénominations : "Méthodes", "Construction", "Atelier", "Topographie", "Labo".

Quelques données sur les enseignants de "technologie" du lycée Roger Deschaux

Ces données proviennent d'une enquête effectuée auprès des enseignants de « technologie » du lycée technique Roger Deschaux.

Les huit enseignants du lycée professionnel ayant répondu (sur 14) ont le statut de « professeur de lycée professionnel » soit du deuxième degré (PLP2), soit du premier degré (PLP1) : le statut de PLP2 est analogue à celui de certifié, celui de PLP1 à celui de PEGC. Leurs diplômes sont très divers : Brevet Professionnel (BP), Diplôme Universitaire en génie civil (DUT), Maîtrise de Science et Technique du Bâtiment (MST), compagnon sans diplôme universitaire. Quatre d'entre eux ont exercé un métier de la profession avant de devenir enseignant : chef de chantier, compagnon.

Sous l'étiquette qui figure dans les programmes « Technologie », les enseignants de technologie du cycle Bac Pro du lycée professionnel donnent comme « matières enseignées » : atelier, construction, dessin technique, énergétique, laboratoire, mécanique, méthode. La moitié de ces enseignants n'enseigne qu'une seule matière. Les autres enseignent soit deux soit quatre matières. *Aucun n'enseigne dans le lycée "technique" (sauf occasionnellement).*

Sous la même étiquette, les enseignants de lycée technique (21 ont répondu sur 29) sont soit agrégés (8/21) soit certifiés. La dénomination de leurs statuts est donc identique à celles en cours dans les lycées généraux.

Les enseignants de technologie du lycée technique donnent comme « matières enseignées » (sous l'étiquette « Technologie ») : automatisme, construction, laboratoire, énergétique, mécanique des solides, méthode, méthodologie, production, réalisation, topographie. Huit enseignants n'enseignent qu'une seule matière, quatre 2 matières, quatre 3 matières, trois 4 matières. *Aucun n'enseigne dans le lycée "professionnel".* Dix enseignent au niveau BTS.

Tableau. Professeurs "technologie" du lycée de Sassenage

	LP (sur 8)	LT (sur 21)
Statut	PLP2 (7) PLP1 (1)	agrégés (8) certifiés (13)
Diplômes	sans (1) BP (4) DUT (2) MST (1)	BTS (3) DUT (1) CAPET (7) Architecte DLG (1) Ingénieur (1) Agrégés (8)
Matières enseignées (appellations "courantes")	<i>construction</i> <i>laboratoire</i> <i>énergétique</i> <i>méthode</i> atelier mécanique [topographie] dessin technique	<i>construction,</i> <i>laboratoire,</i> <i>énergétique</i> <i>méthodes,</i> méthodologie productique, réalisation mécanique des solides, topographie [dessin technique] automatisme
Nombre de matières enseignées	1 (4) 2 (2) 4 (2)	1 (8) 2 (4) 3 (4) 4 (3)
autres métiers (avant d'être enseignant)	chef de chantier (2) compagnon (2)	Ingénieur (3) Conducteur de TP (1) Entrepreneur (1) Bureau des méthodes (1)

Légende. en italique : les désignations commune. Entre crochets : les matières enseignées non citées

Dans un même lieu (le lycée Roger Deschaux) les enseignants de "technologie" des lycées professionnel et technique sont donc clairement deux populations bien distinctes :

- ils n'enseignent pas dans les mêmes cycles, et par conséquent s'adressent à des populations d'élèves distinctes ;
- ils n'ont en général pas la même formation, ni les mêmes diplômes ;
- les matières "technologiques" enseignées n'ont pas toujours les mêmes désignations reflétant ainsi la différenciation des contenus. Ainsi, on retrouve dans les listes données par les enseignants des deux institutions des désignations communes comme "construction", "laboratoire", "méthode", "énergétique", (en italique dans le tableau), mais aussi méthodologie (au lieu de méthode), productique (au lieu d'atelier).

B.2. Enquête sur les besoins en mathématiques

Nous avons demandé aux enseignants de technologie du lycée technique Roger Deschaux de répondre individuellement et par écrit à un questionnaire. Nous analysons ici leurs réponses aux questions suivantes :

- Quelles sont les principales notions mathématiques que vos élèves devraient savoir ?
- Pour quoi faire ?
- Pour quelles matières avez-vous le plus besoin de mathématiques pour enseigner ?

a - En lycée professionnel

Rappelons que huit enseignants (sur 14) du lycée professionnel ont répondu.

À la question "Quelles sont les principales notions mathématiques que vos élèves devraient savoir ?", les enseignants techniques enseignants en Bac Pro ont répondu en majorité : les quatre opérations (4/8), la proportionnalité (4/8) (sous ses différentes étiquettes), le calcul de longueur, surface, volume (4/8), la trigonométrie (5/8), l'équation du premier degré (2/8). D'autres notions mathématiques sont mentionnées une seule fois comme le calcul sur les fractions, la notion de fonction et le produit vectoriel.

On remarque que les savoirs proposés comme devant être su par les élèves, relèvent principalement d'un corps de savoirs que nous avons déjà appelé "les mathématiques d'avant la réforme" (savoirs déjà présents au collège et au BEP) à l'exception de "calcul vectoriel" (hors programme pour la spécialité "Construction, Bâtiment, Gros Oeuvre"), "équation" et "fonction".

À la question "Pour quoi faire ?" ces mêmes enseignants établissent la liste de pratiques professionnelles relevant de tâches :

- précises comme établir un devis¹⁷ (5/8), faire des tracés (2/8), calculer des cotes, des surfaces, des volumes, des pentes (2/8), travailler avec des échelles (1/8),
- générales comme réaliser les ouvrages d'atelier ou de chantier (2/8), résoudre des problèmes techniques (1/8), ou encore comme nécessité dans le métier de charpentier (1/8).

"Pour quelles matières avez-vous le plus besoin de mathématiques pour enseigner ?"

Un enseignant résume bien les réponses des enseignants : il répond "toutes". En effet, chaque enseignant répond selon la spécialité de son enseignement : Technologie en énergétique (4/8), Atelier (3/8), Dessin technique (3/8), Analyse de construction (2/8), topographie (2/8), Mécanique(1/8), Méthode (1/8)

b - En lycée technique

Vingt et un enseignants (sur 29) du lycée technique ont répondu.

"Quelles sont les principales notions mathématiques que vos élèves devraient savoir ?"

Les réponses de ces enseignants restent attachées au corps des savoirs de mathématiques "d'avant la réforme" comme chez leurs collègues du Lycée professionnel : les quatre opérations (8/21), la proportionnalité (7/21) (sous ses différentes étiquettes), le calcul de longueur, surface, volume (3/21), la trigonométrie (15/21), l'équation du premier degré (4/21) avec en plus les pourcentages (4/21), les système d'équations (3/21), l'équation du second degré (5/21), la géométrie (Thalès, Pythagore ...) (8/21).

Cette stabilité des réponses est remarquable, proportionnellement peu de réponses s'écartent de ce corps de savoir : géométrie vectorielle (5/21), étude des fonctions (tracé du graphe) (4/21), dérivée (5/21), calcul d'intégrales ou de primitives (4/21), algèbre (3/21).

À la question, "pour quoi faire ?", quatre enseignants ne répondent pas, et pour ceux qui répondent on constate une grande dispersion des réponses : six des 17 enseignants qui répondent en fait à la question "Pour quelles matières avez-vous le plus besoin de

¹⁷ Métré, quantitatif, avant métré, devis ... : ce sont des déterminations de quantité de matériaux en linéaire, en surface, en volume, de prix ...

mathématiques pour enseigner ?". Pour les onze restants, il y a pratiquement autant de réponses que d'enseignants dont une réponse pour le moins ambiguë : "Pour faire joli, pour faire pratique" ! Seule la réponse "devis" réunit quatre enseignants.

Il ne semble donc pas y avoir pour ces enseignants d'opinions partagées sur l'usage des savoirs mathématiques. Le commentaire de l'un de ces enseignants est éclairant sur le divorce ressenti entre le cours de mathématiques et les besoins professionnels en mathématiques : "Bien qu'utilisant continuellement l'outil mathématique dans les disciplines techniques, les élèves ne font pas le lien avec le cours de mathématique et se demandent à quoi peuvent bien servir les mathématiques. Ils sont persuadés que ça n'est qu'une vue de l'esprit sans applications pratiques. Peut être pensent-ils aussi qu'il faut une "intuition" ou des "dispositions particulières" pour trouver la solution à un problème. Alors que l'ordinateur, "bovinement" grâce à des méthodes systématiques résout des problèmes très complexes. Les mathématiques gardent un côté mystérieux donc effrayant. Le moment où on utilise un outil mathématique en technique ne coïncide pas avec le moment où il est vu en maths. Au mieux il a été vu longtemps avant (à l'échelle de l'élève). Au pis il sera étudié en mathématiques après."

"Pour quelles matières avez-vous le plus besoin de mathématiques pour enseigner ?"

Les réponses amènent la même remarque que pour les enseignants de lycée professionnel, chaque enseignant répond selon la spécialité de son enseignement : Mécanique, Résistance des matériaux (RDM) (11/21), Topographie (4/21), Dessin (5/21), Méthode (calcul de coffrage en particulier) (3/21), Laboratoire (3/21), La thermique (3/21), construction (2/21), Réalisation (2/21)

Un enseignant déclare "Nous avons besoin des bases élémentaires de l'outil dans toutes les matières".

Il semblerait donc que ces enseignants perçoivent plus un besoin en mathématiques pour leur enseignement que dans les métiers auxquels ils préparent leurs élèves.

C. Deux études sur les formes d'existence de savoirs mathématiques dans l'enseignement technologique

Dans le domaine professionnel, on peut analyser certains savoirs mathématiques comme étant des conditions de possibilité des pratiques de ce domaine : ils sont des instruments visibles ou non visibles (naturalisés dans des instruments matériels par exemple) permettant la succession des gestes de la pratique. Sur le lieu des réalisations (le chantier dans le bâtiment) l'un des moments où de tels savoirs interviennent de manière visible est celui des contrôles. Nous distinguerons deux types de contrôles intervenant dans toute pratique professionnelle :

- le contrôle de la réalisation, retour sur le résultat contingent de l'action qui nécessite une évaluation en rapport avec l'enjeu de l'action et, éventuellement, une décision d'ajustement : contrôle que nous appellerons *vérification* ;

- le contrôle de la validité de l'action à venir par l'anticipation des gestes, des difficultés et des erreurs : ce contrôle nécessite le plus souvent des calculs sur les mesures dans les intervalles de tolérance pour garantir la qualité de l'ouvrage et minimiser son coût, un contrôle outillé par des *savoirs mathématiques*.

On pourrait raisonnablement en déduire que ces savoirs mathématiques intervenant au moment des contrôles sont "professionnels" au sens où celui qui y recourt sera un "bon professionnel", capable de contrôles et d'anticipations. Seront-ils considérés comme des

savoirs professionnels par les enseignants techniques ? Sous quelle forme sont-ils enseignés ? Par qui ?

Nous allons examiner ces questions à propos de deux exemples, celui de l'implantation d'un ouvrage et celui de la construction des escaliers.

C.1. Les cotes cumulées au niveau du Brevet Technicien (BT)

Les cotes cumulées, une technique pour l'implantation

Considérons la tâche habituelle sur le chantier qui consiste à implanter "des points sur un alignement" matérialisé dont un point de référence (R) est repéré (O) sur le plan de fondation du dossier de l'architecte.

Pour cette tâche, les cotes fournies par le plan peuvent être de deux sortes :

- mesures de distances de points successifs de l'alignement (cotes partielles)-

L'additivité des mesures permet le repérage

- mesure des distances à partir d'une même origine (cotes cumulées) - *Utilisation d'un repère. L'additivité des mesures permet le calcul des cotes partielles*

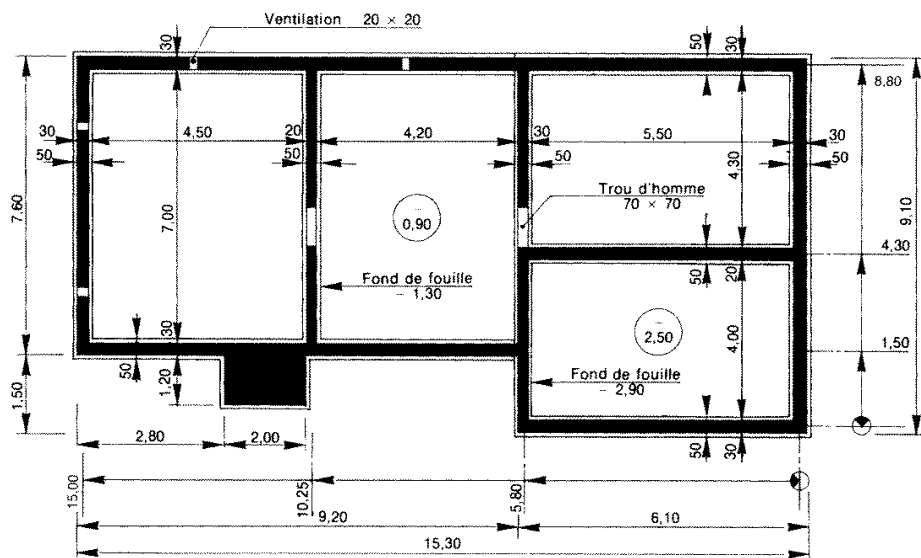


Fig. Plan de fondation

Cette seule mise en évidence de l'intervention des mêmes invariants mathématiques de la mesure conduirait à une analyse réductrice des pratiques qui interviennent dans la tâche : elle ne peut pas rendre compte des différences de techniques qui ne sont équivalentes ni pour les gestes engagés, ni pour la qualité des résultats. Or les pratiques sur le chantier sont contraintes par un projet contractuel, spécifié et garanti par les mesures fournies par le plan d'architecte : il en découle la nécessité d'un contrôle sur l'exactitude des mesures, renforcée par l'enjeu du respect des normes de tolérance et articulée à celui de la minimisation des coûts. Il s'agit donc de rendre compte de cette nécessité dans l'analyse.

Pour l'analyse des pratiques de mesures et de reports de distances sur des alignements dans les tâches d'implantation, nous avons choisi de nous appuyer sur un *découpage des constituants des pratiques en gestes et dispositif*¹⁸ : "le dispositif comprend l'ensemble des objets qui permettent que la pratique se déroule" ou encore "sans lesquels elle ne

¹⁸ Ce point de vue a été introduit par Y.Chevallard (1991) pour l'étude de l'activité mathématique.

pourrait avoir lieu". Nous analyserons les savoirs mathématiques comme des objets du dispositif, le plus souvent non visibles, parfois naturalisés dans des instruments matériels.

Étude en termes de gestes et de dispositif

- A partir de ce point origine O, on détermine la cote cumulée de chacun des points. Pour cela, on lit directement les cotations du plan, lorsqu'elles sont attachées à ce point. Sinon on effectue les opérations sur les cotes partielles : cela fournit une liste de mesures croissantes que l'on relève sur un schéma.

- Pour effectuer l'implantation, on tend dans l'alignement l'instrument de mesure, ruban souple ou métallique (peuvent intervenir là des considérations de dilatation, d'élasticité), et à partir du point de référence (R) les points sont successivement tracés à partir des cotes lues (la coordination des gestes doit assurer le tendu et l'horizontalité du ruban, puis le tracé à la verticale au fil à plomb).

S'appliquant à des longueurs inférieures à l'instrument de mesure, cette *technique des cotes cumulées* comprend le contrôle, préalablement au tracé, des cotes lues ou calculées¹⁹. Elle comprend aussi une vérification des écarts : on tend à nouveau le ruban et on vérifie les points, du plus éloigné au plus proche. Par rapport à une technique de report des longueurs, elle minimise à la fois la durée de la tâche et les erreurs :

- la vérification de la bonne utilisation de l'instrument n'intervient qu'une fois, et la précision est la même pour chaque point ;

- la minimisation des erreurs (inévitables) se justifie par la règle mathématique de composition des erreurs.

Le dispositif comprend donc des savoirs sur les causes d'erreur et sur leurs effets sur les mesures.

Les cotes cumulées, une technique présente dans l'enseignement en BT

Un très bref épisode sur un chantier-école du lycée technique

Le chantier observé consiste en une construction de garages au sein d'un ensemble immobilier : c'était un lieu de formation et d'évaluation pour les élèves de la classe de terminale TI du lycée technique préparant au BT "Encadrement de chantier".

L'enseignant de "construction" responsable du chantier-école houspille deux élèves attardés à discuter sur des calculs, préalablement à l'implantation de repères d'axes de murs intérieurs. L'un d'eux tranche finalement : "ne cherche pas, il faut faire en cumulé, c'est tout". L'absence de préparation de calculs intéressants à partir du plan, hors du temps de la réalisation, entraîne un retard qui rend visible l'anticipation incluse dans la technique.

Les deux enseignants de construction présents sur le chantier et interrogés insistent :

- sur l'importance qu'ils donnent à cette technique des cotes cumulées : "C'est la procédure économique par excellence. Mais on est obligé de leur dire. Sinon, elle ne vient jamais naturellement".

¹⁹ Notons que ce contrôle nécessite des connaissances à teneur mathématiques désignées parfois sous l'étiquette "lecture de vues" dans la formation professionnelle.

- sur son intérêt : "Il est évident que si vous reportez les partielles, vous accumulez des erreurs tout le long". "Ils doivent implanter 2m50, 2m50, 2m50, alors ... il y a cinq fois à répéter cela, vous arrivez au bout avec 1cm d'écart facilement. [...] Avec un petit plan (schéma) cumulé, on voit tout de suite et on va beaucoup plus vite".

Et, décrivant pour nous ce que finissent par faire les deux élèves : "Voilà, ils partent avec une cote d'origine, un départ là-bas, un alignement, et ils cumulent tout à partir de ça. Ce qui veut dire qu'on ne tend le décamètre qu'une seule fois et on trace. Cela évite de cumuler les erreurs".

Les cotes cumulées au lycée : quelle relation à des savoirs mathématiques ?

Les "cotes cumulées" font l'objet d'un enseignement au lycée avec de nombreuses reprises. La technique est rappelée tout au long de l'enseignement (dans les exercices et sur le chantier-école). L'aspect "économie" est pris en charge par les enseignants de construction. En revanche, pour eux, les raisons de la minimisation des erreurs vont de soi.

Nous avons pu constater qu'il en est de même dans les manuels de construction utilisés pour le niveau d'enseignement considéré : dans les manuels que nous avons examinés, les recommandations pour l'emploi des "cotes cumulées" et les déclarations (éventuelles) sur leur intérêt s'expriment sur le mode de l'évidence.

Or la compréhension des règles de composition d'erreurs d'origines diverses est une condition de fonctionnement optimal des différentes techniques pour l'implantation linéaire. On peut alors se demander où se fait l'enseignement sur les erreurs.

Actuellement, un enseignement sur les erreurs existe dans les cours de topographie destinés aux élèves de la section préparant au brevet de technicien supérieur "Bâtiment" (pour une analyse détaillée, lire Bessot 1997). Cet enseignement se présente comme un "tout structuré" organisé autour d'une typologie des mesures. Les notions de précision et d'exactitude y sont définies et étudiées, avec celles d'erreur systématique et d'erreur accidentelle. Une théorie des erreurs accidentelles y est développée qui s'appuie sur une modélisation en termes de probabilités (savoir enseigné en STI). Dans le texte du cours qui comporte par ailleurs de nombreux exercices de mesurage et de calculs de précision, on trouve alors un paragraphe sur la composition des mesures, dans le cas de mesures "de même type et enchaînées". Les calculs qui donnent l'erreur sur une somme, une différence, etc. sont présentés de manière détaillée : les notions mathématiques utilisées font partie des notions enseignées au collège. (Pour les erreurs considérées, on insiste sur le fait que les mesures sont algébriques, terme qui n'appartient plus au lexique des mathématiques du secondaire où l'on parle de nombres relatifs, depuis les années 76).

Il est clair que la technique des cotes cumulées, qui n'est pas mentionnée dans le texte du cours, peut être justifiée, dans son aspect "minimisation des erreurs", par un argument technologique (au sens de Chevallard) qui relève de ces développements sur les mesures "de même type et enchaînées". Précisons qu'en B.T. les cotes cumulées sont rencontrées dès les premiers travaux qui accompagnent le premier chapitre du cours de topographie, ainsi que dans les enseignements d'atelier. Or le cours de topographie est structuré autour de tâches de "levés" de mesures linéaires, dans le prolongement des enseignements de BEP, puis de mesures angulaires. Il vise à installer des techniques utilisant des instruments : leur bonne mise en oeuvre, et donc le bon emploi des instruments, seront testés dans des tâches-exercices de réalisation. Les justifications qui accompagnent ces procédés relèvent principalement de l'efficacité.

Pour les cotes cumulées, les enseignants prennent en charge l'argument "procédé économique" par un discours sur l'organisation avant le temps du chantier et pendant. En revanche, l'absence de prise en charge de la minimisation des erreurs peut s'expliquer par la conjonction de deux faits. Une telle justification repose sur des mathématiques du collègue qui la font aller de soi pour ceux qui savent des mathématiques. Mais son explicitation requiert des calculs et des notations du type x , emblème de tout un environnement mathématique construit autour des objets "mesure" et "erreur de mesure". L'enseignement général actuel en mathématiques ne comprend aucun chapitre sur ces questions de mesures et d'erreur. Cette non prise en compte relève d'un phénomène général d'évitement des problèmes posés par le mesurage effectif, bien repéré par Brousseau (1992) dans toute la scolarité obligatoire en France.

Ainsi, la contrainte du "tout structuré" à laquelle obéit l'enseignement de tout savoir, écarte la mise en place dans l'enseignement de BT de cet environnement de mathématiques "exogène" : à ce niveau, cet enseignement n'est donc pas de la responsabilité des enseignants de construction, ni même de topographie. Au niveau BTS, il n'en est plus de même puisque l'environnement mathématique de la notion d'erreur est construit en référence à tout un corpus de situations de mesure connu des élèves dont il constitue une modélisation.

C.2. Le tracé d'un escalier balancé au niveau du Bac Professionnel

Quand on consulte les ouvrages actuels ou anciens sur les escaliers, on peut repérer deux grands types de pratiques à teneur mathématique dans la tâche de construction d'un escalier :

- calcul du nombre de marches, de leur hauteur, de leur largeur ;
- tracés géométriques pour la réalisation du "balancement" d'un escalier à quartier tournant.

Dans le cadre de ce rapport, nous ne parlerons que du deuxième type de pratiques.

Le problème posé par les escaliers à quartier tournant²⁰

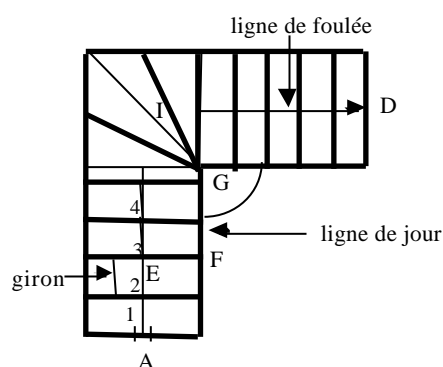


fig.1 Escalier à quartier tournant : les termes techniques

Ce problème est ancien, on le trouve mentionné dans l'encyclopédie Roret :

"On appelle *marches dansantes*, celles qui sont dans les *quartiers tournants*. Autrefois on ne faisait danser les marches qu'à partir du centre du limon²¹ courbe, [...] ce qui ne laissait presque pas de giron au collet²² [...], et ce qui rendait, par conséquent, ces quartiers tournants incommodes et dangereux. Aujourd'hui, et particulièrement quand les limons droits ne sont pas d'une grande étendue, presque toutes les marches sont dansantes, c'est à dire que celle du milieu ou quelques unes seulement sont *droites*, et conséquemment d'équerre avec ce limon, et que les autres commencent à *danser* graduellement, ce qui laisse un giron convenable au collet [...]" (Toussaint de Sens 1857, p.176)

Chez Riollot :

"Dans les escaliers à quartier tournant, afin d'éviter les marches trop étroites au collet, et dangereuses de ce fait, on élargit progressivement le collet d'un certain nombre de marches prises dans la courbe. Cette opération s'appelle « balancement »." (Riollot 1964, p. 193)

Pour trouver une solution à ce problème, on va chercher des procédés pour obtenir des largeur des collets qui croissent ou décroissent régulièrement.

Une grande diversité des procédés de balancement

Si on consulte les ouvrages pour les professionnels (voir en bibliographie) on ne peut que frapper par le grand nombre de procédés pour le balancement coexistent. Par exemple, chez Riollot (1964), on en dénombre quatre, chez Mannes (1995) six dont aucun ne se superpose à l'un de ceux de Riollot, ce qui fait, sur seulement deux ouvrages, dix procédés différents ! Soulignons que pour chacun de ces deux ouvrages on ne trouve qu'un seul procédé "pragmatique" et ces deux procédés faisant intervenir des tâtonnements sur place sont tout à fait dissemblables : chez Riollot²³ un procédé intitulé "par développement" et chez Mannes un procédé dit de "tracé à la main". Tous les autres procédés reposent sur des tracés "géométriques" accompagnés ou non de calcul.

²⁰ escalier avec changement de direction constitué d'une seule volée de marche (c'est à dire d'une suite ininterrompue de marches).

²¹ pièce de bois (ou de béton) à droite ou à gauche de l'escalier soutenant les marches.

²² partie étroite d'une marche balancée (ou marche dansante)

²³ que l'on retrouve à l'identique chez Matana 1993

A quoi peut-on attribuer cette diversité ?

Une hypothèse est qu'elle résulte de la transmission, soit "sur le tas" soit ésotérique et "concurrentielle", des savoirs des métiers dans des formations de type compagnon qui ont précédé la mise en place au début de ce siècle des formations professionnelles actuelles. Le secret entourant certains savoirs professionnels contribuait à leur non diffusion en dehors d'une certaine corporation et donc à leur diversité. Un corollaire à cette hypothèse est que dans une même institution où la formation est au contraire publique et collective, il existe une tendance à transmettre un nombre de procédés limités pour assurer la cohérence de l'enseignement au sein de l'institution.

Deux procédés enseignés dans les formations du Lycée professionnel

Ces procédés sont celui de la herse et celui dit "par développement de la ligne de jour". Le premier est enseigné par les professeurs d'atelier et la majorité des enseignants de construction, le deuxième semble non utilisé sur les chantiers, et n'est enseigné que par un seul enseignant X dans un cours de "construction". Dans la plupart des ouvrages (cf. Riollot 1964, ou Matana 1993) on trouve bien la présence de "développement de la ligne de jour", mais ce ne sont que des constats montrant les résultats des autres méthodes de construction .

Les enseignants d'atelier disent à X : "nous on explique avec la méthode de la herse et toi avec la tienne." Ils considèrent la méthode de X comme acceptable, mais ne l'enseignent pas parce que sur le chantier les ouvriers, y compris les compagnons, n'utilisent que la méthode de la herse !

Nous présentons maintenant ces deux procédés.

Méthode dite de la herse

Cette méthode est présente chez Riollot (1964) sous la dénomination de "triangle de balancement". Mais à cette époque elle est concurrencée par un autre procédé dénommé "échelle de balancement"²⁴ utilisant le calcul d'une "moyenne des collets" et un tracé géométrique, comme l'atteste le commentaire qui clôt la présentation des quatre procédés :

"On remarquera que, quel que soit le procédé employé, le résultat est sensiblement le même. Au point de vue pratique, l'ouvrier adopte plus facilement l'échelle de balancement, ce tracé ne nécessitant qu'une planche peu encombrante." (Riollot 1964, p. 218)

Aujourd'hui, cet argument d'encombrement (lié au coût du bois) en faveur de l'échelle de balancement a été balayé par l'usage du contre-plaqué²⁵. Ce procédé est présent dans la plupart des manuels français de formation actuels comme par exemple celui de Richaud

²⁴ que l'on retrouve encore chez Mantana (1993) qui la justifie par un recours à des savoirs mathématiques, par exemple : "La méthode de l'échelle de balancement adopte un tracé géométrique fondé sur l'hypothèse que la largeur du collet varie en progression arithmétique"

²⁵ Le contreplaqué permet de travailler sur une surface beaucoup plus "large" que la planche de bois naturel.

et Vuillerme (1989 p.124)²⁶. La méthode de la herse s'impose : elle semble dominante en France sur les chantiers²⁷.

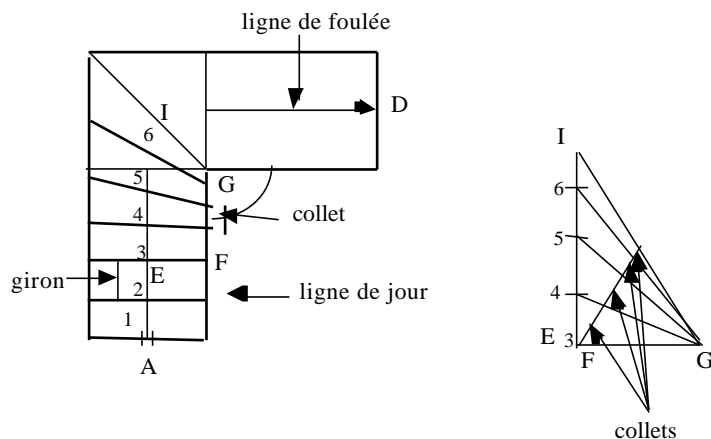


figure 2. Méthode de la herse

Ce procédé est un partage régulier de la ligne de jour en projection centrale de sommet G (voir en annexe II une réflexion mathématique sur ce procédé). Les professionnels font le tracé au sol, en vraie grandeur sur une plaque de contre plaqué : ils construisent ensuite les marches par copie de ce modèle.

Méthode "par développement de la ligne de jour"

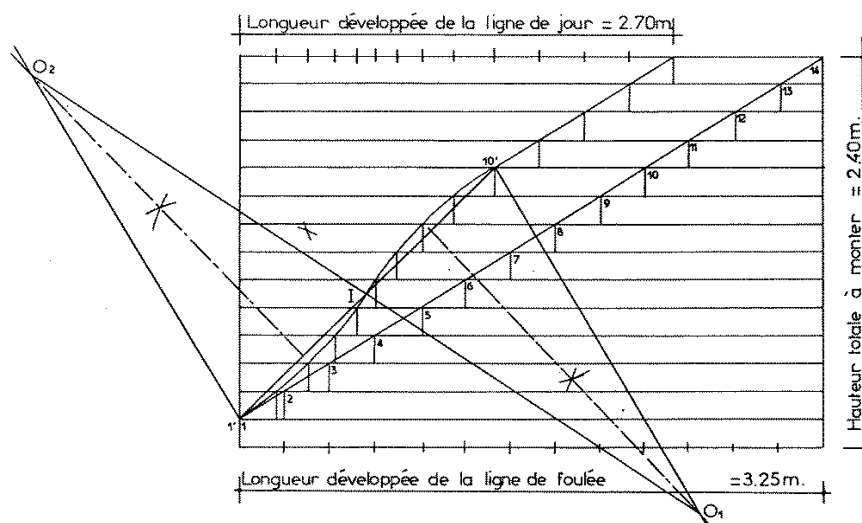


figure 3. Méthode de balancement d'un escalier par développement de la ligne de jour

Les enseignants d'atelier et de dessin technique estiment que cette méthode qui leur semble complexe (alors que la méthode la herse est si simple) n'est pas utilisée dans les chantiers du bâtiment. En effet, nous n'en avons trouvé aucune trace dans les ouvrages

²⁶ présenté comme "un outil de travail efficace pour les professeurs, à qui il permettra de faire travailler les élèves avec une grande autonomie". Les formations concernés semblent être les formations au CAP, BEP et aux baccalauréats professionnels.

²⁷ Remarquons que cette méthode ne figure pas parmi les cinq détaillées dans l'ouvrage allemand de Mannes. Serait-ce une méthode spécifiquement française ?

professionnels consultés. Elle est donc enseignée par X, enseignant de dessin technique dans un cours nommé "construction". En 1ère F4 (1969-70), X "l'a reçue en héritage" de son enseignant de dessin technique et de construction, sorti des Arts et Métiers, considéré dans le lycée comme "assez fort", "mathématisant" son enseignement technique d'autant qu'il y enseignait aussi de la géométrie descriptive avec passion.

Pourquoi le choix d'enseigner la méthode "par développement de la ligne de jour" ?

Les arguments donnés par X sont de deux types :

- Argument 1 : La méthode "par développement de la ligne de jour" est une méthode moins empirique que la méthode de la herse. Je n'enseigne pas la méthode de la herse parce que je n'en ai pas d'explication mathématique : si les élèves m'interpellent, je n'ai pas d'explication à leur donner.

- Argument 2 : Quelle que soit la méthode il faut faire un développement.

On appelle développement le rabattement de deux vues de côté que l'on raccorde : cette pratique a été reprise théoriquement par Monge dans sa géométrie descriptive.

Le menuisier est obligé de faire un développement pour les limons, le maçon également pour faire son coffrage. Les autres méthodes fournissent bien les collets des marches mais ensuite il faut reprendre la dimension qui va du nez des marches jusqu'au dessous du limon (planche dans laquelle on taille l'empreinte des marches et des contremarches), construire des arcs de cercle (autant que de marches) puis tracer une courbe tangente à tous les arcs pour obtenir le traçage des limons (voir figure 4). On fait dans ce cas la courbe à la main ou à l'aide d'une longue latte flexible (cf. Riollot 1964, p.214).

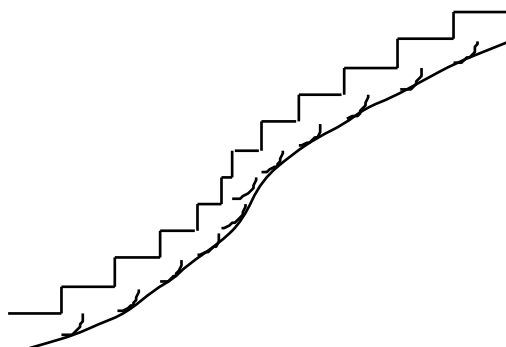


figure 4. Schéma du traçage du limon à la main

La méthode "par développement de la ligne de jour" donne, en plus de la mesure des collets, les centres O1 et O2 des cercles qui permettent de tracer "géométriquement" les limons par raccordement de deux arcs de cercles (voir le tracé en gras de la figure 3).

Ces deux arguments sont caractéristiques de deux types de rapport aux savoirs mathématiques :

- le savoir mathématique comme constituant d'un discours qui permet à l'enseignant (non mathématicien ici) de justifier la méthode enseignée autrement que par des arguments d'autorité ou d'efficacité pragmatique : un tel discours lui permet à la fois

de répondre à un désir de comprendre de la part de ses élèves et d'occuper sa position d'enseignant de construction²⁸ qui en sait plus que ses élèves.

- le savoir mathématique comme permettant une maîtrise de méthodes pragmatiques en englobant et anticipant des gestes de la pratique, ici ceux du développement.

Ces deux arguments sont l'un de nature didactique, du côté du métier d'enseignant, l'autre de nature professionnelle, du côté des métiers-cibles que sont pour les élèves les métiers du bâtiment.

Les opinions des élèves suite à l'enseignement par X de "sa" méthode sont contrastées comme le montrent les réflexions à haute voix de deux de ces élèves :

L'une admirative : "votre technique, elle est magnifique. Pour le limon, le prof. [d'atelier] il aurait pu nous apprendre celle-là. On va se la faire pour nous".

L'autre dubitative : "Je ne ferais pas ça toute ma vie ...".

V - Conclusion

A. Bessot, S. Déprez et M. Eberhard mettent en évidence des savoirs opératoires aux métiers du bâtiment par l'observation et l'analyse d'un chantier école (par. IV.C.1.) et de manuels professionnels (par. IV.C.2) :

"Nous dirons qu'un savoir est *opératoire* par rapport à une pratique sociale s'il permet d'engendrer le *système des connaissances* que cette pratique sociale met en oeuvre. L'affirmation du caractère opératoire d'un savoir par rapport à une pratique sociale donnée [...] a presque toujours un caractère polémique" (Artaud 1992, p. 40)

Ces savoirs opératoires pour les pratiques professionnelles observées pourraient être rattachés à des corps de savoirs mathématiques comme la théorie des erreurs et la géométrie descriptive de Monge. L'enseignement de ces deux corps de savoirs est soit pris en charge dans des enseignements non mathématiques (topographie pour la théorie des erreurs) soit n'a plus d'existence dans les filières technologiques et professionnelles en France (géométrie descriptive). Jusqu'à quel point ce transfert de responsabilité ou cette disparition transforme-t-il les savoirs opératoires et leur enseignement ?

La position déclarée des étudiants en sciences économiques par rapport aux mathématiques soutient "comme en creux" une hypothèse sous-jacente au travail de J-L. Dorier : les savoirs mathématiques sont opératoires dans les pratiques de modélisation en économie et ces pratiques sont utiles pour les futurs économistes (par. III.A.) Habituellement, les processus mathématisation ne sont pas du ressort de l'enseignement mathématique en sciences économiques. L'ingénierie présentée (par. III.B.) atteste de la possibilité d'une prise en charge d'un tel enseignement qui vise à transformer le rapport personnel aux mathématiques des étudiants en rendant opératoire des savoirs mathématiques : la constitution d'une métaphore fondamentale pour la modélisation pourrait permettre la dévolution d'une responsabilité des contrôles du processus de mathématisation aux étudiants.

²⁸ qui depuis Monge utilise des savoirs géométriques pour justifier ses tracés sans les rattacher pour autant à la géométrie descriptive.

Dans les programmes de mathématiques des filières professionnelles et technologiques, on peut remarquer à la fois des déclarations explicites sur le caractère instrumental des savoirs mathématiques présents et des justifications des choix de ces savoirs peu éloignées de celles des programmes des filières générales. Solaux (1994) parle bien du dilemme qui se cache derrière ce double positionnement :

"Trop insister sur la fonction instrumentale de l'enseignement général risque à terme de faire des bacheliers professionnels des citoyens qui ne verraient dans la culture que la condition d'un savoir-faire."

Il reste à s'interroger sur des raisons plus cachées de la présence et de la forme de ces savoirs qui résulteraient de l'histoire des filières technologiques et professionnelles et de leur rapport de dépendance ou d'indépendance vis-à-vis de filières générales.

Le besoin en mathématiques exprimé par des enseignants non mathématiciens renvoie principalement à une collection de savoirs mathématiques identifiables à des savoirs de base du collège, y compris pour la filière technologique : ce besoin exprimé semble davantage correspondre à un "bagage" minimum des élèves nécessaire au déroulement convenable de leur enseignement plutôt qu'à des savoirs opératoires pour la pratique. On peut se demander si la dispersion, voire la disparition, de corps de savoirs n'entraîne pas une difficulté à identifier comme savoirs mathématiques des savoirs isolés, visibles seulement au moment des contrôles et des anticipations des pratiques professionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

Adrait R., Sommier D. (1993) *Le Guide du constructeur en bâtiment*, éd. Hachette, 1979, réédition 1993

Artaud M. (1993) *La mathématisation en économie comme problème didactique. Une étude exploratoire*, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille II, IREM de Marseille, Marseille.

Bessot A. (1997) *Écologie d'une théorie des erreurs en topographie. Une étude de cas au niveau BTS Travaux Publics*, in Bailleul et al. (éds) *Actes de la IX^e école d'été de didactique des mathématiques*, ARDM, pp. 146-152.

Bessot A., Eberhard M. (1995) *Le problème de la pertinence des savoirs mathématiques pour la formation aux métiers du bâtiment*, in Arzac G. et al. (éd.) *Différents types de savoirs et leur articulations*, La Pensée Sauvage éditions, Grenoble, 13-32

Berthelot R., Salin M-H. (1992) *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans l'enseignement obligatoire*, Thèse, Université de Bordeaux I

Brousseau G., Brousseau N. (1992) *Le poids d'un récipient. Etude des problèmes de mesurage en CM*, *Grand N*, n°50, éd. IREM de Grenoble

Chevallard Y. (1991) *Dimension instrumentale, dimension sémiotique de l'activité mathématique*, Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique, Laboratoire LSD2-IMAG, Grenoble, année 1991-1992

Delebecque R. (1966) *Bâtiment.2. Éléments de construction*, Technique et normalisation, Librairie Delagrave

Dorier J-L. (1993) *Une expérience de niveau méta visant à changer le rapport aux mathématiques d'étudiants en sciences économiques*, in *Noirfalise (ed.) Actes de la 7^e école d'été de didactique des mathématiques*, IREM de Clermont-Ferrand, 84-89.

Dorier J-L., Duc-Jacquet M. (1996) *Mathématiques pour l'économie et la gestion*, Paris, Gualino éditeur.

Mannes W. (1995) *Technique de construction des escaliers, données techniques et recommandations pour la construction d'escaliers en bois, en métal, en béton et en pierre*, traduit de l'allemand par A.Maréchal, 3ième édition, 3ième tirage 1995, éd. Eyrolles

Matana M. (1993) *Escaliers, escaliers droits, à quartiers tournants balancés, circulaires*, Collection concevoir et construire, éd. Syros alternatives, Paris

Pelpel P., Troget V. (1993) *Histoire de l'enseignement technique*, Hachette éducation

Richaud H., Vuillerme B. (1989) *Lecture de plans de bâtiments*, éd. Nathan

Riollot C. (1964) *Menuiserie du bâtiment, technologie professionnelle pratique, Lycées techniques, Collèges d'Enseignement technique, Cours professionnels*, éd. Dunod

Roy R. (1995) *Escaliers en bois, épures et tracés*, 7ième édition, 3ième tirage 1995, éd. Eyrolles

Strässer R. et Sevenbergen R. (1996) Further Mathematics Education in Bishop A.J. et al. *International Handbook of Mathematics Education*, Kluwer ed., pp. 647-674.

Solaux G. (1994) *Les lycées professionnels*, Hachette Éducation

Toussaint de Sens (1857) *Nouveau manuel d'architecture complet ou traité de l'art de bâtir*, Nouvelle édition revue, corrigée et augmentée, Encyclopédie Roret

Vuillerme B., Richaud H. (1995) *Chantiers de Bâtiments, préparation et suivi*, éd. Nathan.

ANNEXE I

Programmes de STI et programmes de BT

Les programmes de STI

L'annonce de "contenus de plusieurs chapitres voisins de ceux de S" se réalise par la reprise à l'identique de parties de textes du programme de S. Il est à noter que dans les travaux pratiques, les listes des domaines d'où sont issues les situations à étudier comportent systématiquement en plus la technologie (et en moins les sciences biologiques).

En 1ère

Le secteur "Algèbre-Probabilités" inclut le texte de S, objectifs, contenus et commentaires compris.

L'algèbre comprend les mêmes études des équations et inéquations. Les éléments supplémentaires correspondent

-au déplacement d'un paragraphe de S sur les suites qui atteste de la restriction de ce chapitre à une étude algébrique des suites arithmétiques et géométriques

-à une rubrique sur les nombres complexes propre à STI qui précise un paragraphe déjà présent dans le programme 85 de F, sous la contrainte des besoins des sciences physiques.

Sous le titre "Fonctions", le secteur de l'analyse est amputé de toute la rubrique "Suites". Son organisation manifeste la subordination de l'étude des limites à la dérivation : il n'y a pas, comme en S, de paragraphes autonomes concernant les limites et seule est présentée la limite en 0. Ces remaniements imposent une présentation des objectifs propre à STI et des commentaires en forme d'aménagements, destinés à compenser l'absence des paragraphes autonomes. Moyennant quoi, le texte du programme de ce chapitre apparaît largement comme une copie du texte de S. Un seul thème de T.P. n'apparaît pas en STI : "majorations et encadrements portant sur des nombres ou des fonctions". Mais cet "allègement" est significatif puisqu'il supprime le seul thème dont le libellé exprime en S le rôle central en analyse de la notion d'approximation et l'importance du quantitatif, au coeur des réformes²⁹ de l'enseignement de l'analyse au lycée depuis les années 80.

Le secteur "Géométrie" est organisé dans une perspective qui rompt avec celle des programmes de S où la géométrie traite pour une large part de "problèmes de géométrie", étudiés dans différents cadres : le choix de ce que nous nommerons une problématique de "modélisation"³⁰ est exprimé dans la partie "objectifs" par un texte propre à STI. Si la liste des contenus reproduit presque celle donnée sous le titre "calcul vectoriel" en S, à quelques extensions dans l'espace près, l'absence de certains commentaires ou leur variation expriment l'orientation vers une géométrie pour "une certaine maîtrise du plan et de l'espace par la pratique des figures". Cette orientation est explicitée par le choix des deux thèmes de T.P. retenus à l'identique, concernant le calcul des grandeurs spatiales et l'étude des sections planes d'objets de l'espace. Remarquons que cette orientation est déjà celle des programmes de F4-F9 de 1985. Mais la refonte opérée par la reprise systématique du texte de S fait disparaître en 1991 les rubriques séparées Trigonométrie et Solides usuels (si le mot trigonométrie n'apparaît pas dans le

²⁹ On peut se rapporter à l'étude d'Artigue (1996)

³⁰ au sens de Berthelot et Salin (1992)

manuel utilisé au lycée³¹, en revanche les formules de l'ancien programmes "survivent" dans une planche).

Pour les programmes de **Terminale STI**, nous retiendrons essentiellement la place majeure réservée à l'analyse (5 pages sur 7) : l'algèbre se réduit à des compléments sur les nombres complexes, la pratique géométrique est entretenue par des T.P. Le programme de probabilités est une partie de celui de S.

En analyse, les objectifs de STI sont d'exploiter la pratique de la dérivation ainsi qu'une pratique élémentaire du calcul intégral. Il n'est pas question de continuité. La nécessité d'élargir le "langage des limites" pour l'étude des fonctions conduit à une recomposition du texte sur les limites de 1ère S. Mais sous les titres "calcul différentiel", "fonctions usuelles", le texte de STI est celui de S, amputé de "l'inégalité des accroissements finis". La liste des travaux pratiques relatifs aux fonctions est exactement celle de S.

Pour le calcul intégral qui comprend les équations différentielles, la suite des contenus et des commentaires est celle des programmes de S, amputée de la prise en compte des relations théoriques entre intégrale et primitives, ainsi que de la technique de l'intégration par parties. La liste des travaux pratiques en STI comprend celle de S.

En particulier, des problèmes dits quantitatifs, problèmes d'approximation ou d'encadrement, qui constituent une part importante des thèmes d'analyse étudiés en S, sont pris en compte à ce niveau, avec les limitations dans l'outillage notées ci-dessus. Il resterait à étudier la nature du "rapprochement" avec les objectifs de S que les textes manifestent.

Les programmes de BT

Tels qu'ils sont définis en 1991, les textes sont le plus souvent identiques à ceux de STI. Précisons les principaux aménagements ou écarts sur l'ensemble des deux années :

- En algèbre, l'étude des équations et inéquations est répartie sur les deux années, tandis que les nombres complexes ne sont pas traités.
- Des développements de statistiques sont "un terrain pour la consolidation des techniques de calcul (pourcentage, proportionnalité, fractions)", en terminale BT.
- Le programme de probabilités est une restriction de celui de STI, les variables aléatoires étant hors programme, répartie sur les deux années. Surtout, "aucune capacité n'est exigible des élèves", mention inconnue dans les autres programmes !
- Les travaux géométriques sont réduits aux calculs de grandeurs spatiales. Notons la disparition de la prise en charge des règles de la perspective qu'assuraient les programmes de 1985.
- L'analyse constitue comme en STI la part la plus importante du programme.

Le programme de 1ère BT laisse finalement une place formellement semblable à celle de STI à la notion de limite, mais la subordination de cette notion à l'étude de la dérivation est encore plus forte : le nombre dérivé n'est pas défini mais seulement interprété en terme de limite. En Terminale, la tendance à ne faire que la place strictement nécessaire à la notion de limite se manifeste par l'absence des propriétés algébriques relatives à la comparaison. Globalement, sur l'ensemble des deux années, la problématique de l'approximation est très réduite. Les thèmes du calcul numérique de solutions d'équations ou de valeurs approchées d'intégrales sont présents, mais ils donnent lieu à des délimitations qui n'apparaissent pas en STI.

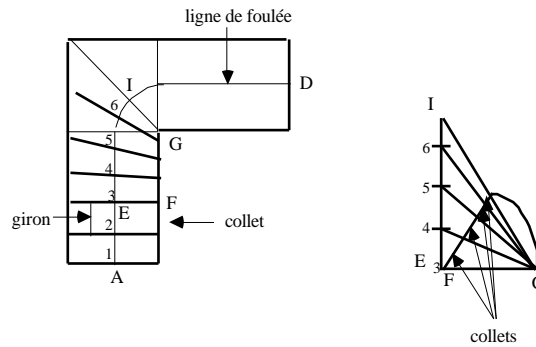
³¹ Dimathème, Première F, éditions Didier (1991)

On retrouve, comme en STI, une étude algébrique des suites géométriques, mais curieusement, dans les travaux pratiques de terminale BT, les suites géométriques sont explicitement rapportées à l'étude de phénomènes exponentiels discrets : l'emphase mise sur le thème des phénomènes exponentiels vise peut-être à contrebalancer l'absence du thème de l'étude d'autres situations conduisant à des fonctions.

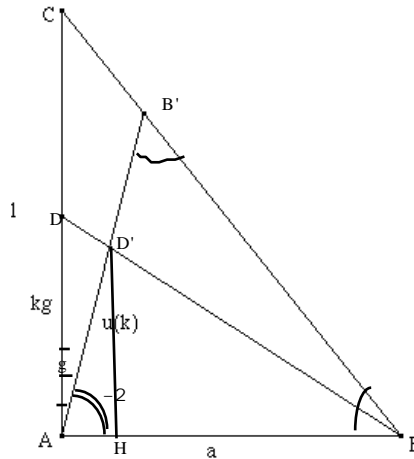
Derrière l'apparente ressemblance qui résulte de la présence de paragraphes communs, il apparaît que cette partie analyse a "résisté" au changement de finalité des BT intervenu depuis 85. Sur l'ensemble des deux années, quelle signification accorder au fond à la présence du mot emblématique "limite" dès la Première ? Quelles sont finalement les distances avec STI ou avec le bac Pro ?

ANNEXE II

Procédé de la herse : calcul de $u(k)$ ³²



Supposons n girons de même longueur formant une ligne de foulée de longueur totale l . Soit a la longueur de la ligne de jour et α l'angle de base du triangle isocèle de la méthode de la herse (on a $\tan \alpha = \frac{l}{a}$).



Calculons non pas la longueur de chaque collet, mais la totalisation $u(k)$ somme des longueurs des k premiers collets : sur la figure c'est la distance séparant le sommet A, de l'angle droit de la figure, du point D' .

Comme la totalisation des k premiers girons est une fonction linéaire de l'indice k du giron, la fonction $u(k)$ doit être une fonction homographique de ce même indice k (car on passe d'une totalisation à l'autre par une projection centrale de sommet B).

Fort de ce résultat théorique, effectuons dans le calcul : soit $x = AH$ et $y = HD'$

$$\frac{a}{gk} = \frac{a-x}{y}$$

$$\frac{a}{gk} = \frac{a}{y} - \tan(\alpha) \quad y = \frac{agk}{a + gk \tan(\alpha)}$$

$$u(k) = \frac{y}{\sin(\alpha)} \quad u(k) = \frac{agk}{a \sin(\alpha) + gk \cos(\alpha)}$$

$$g = \frac{l}{n}$$

et on trouve que

³² Nous remercions M. Guillaud de son aide précieuse.

$$u(k) = \frac{akl}{a \sin^2 - kl \cos^2}$$

Cette formule dépend bien des paramètres fondamentaux n (nombre de marches) et a (angle du triangle principal de la herse) car elle s'écrit aussi, en posant $a = l \cotan$ et $\sin^2 = 2 \sin \cos$

$$u(k) = \frac{kl \cotan}{2n \cos^2 - k \cos^2}$$

Quant à la longueur du collet numéro k , c'est $u(k) - u(k-1)$, qui est de la forme

$$u(k) - u(k-1) = \frac{M}{A + Bk + Ck^2}$$

Autant il est (peut-être) intéressant de remarquer que la somme des longueurs des collets dépend homographiquement du numéro du collet, autant la formule donnant la longueur du collet numéro k paraît sans postérité...

Le laboratoire Leibniz est fortement pluridisciplinaire. Son activité scientifique couvre un large domaine qui comprend aussi bien des thèmes fondamentaux que des thèmes très liés aux applications, aussi bien en mathématiques qu'en informatique.

Les recherches sur les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain et la didactique des mathématiques ouvrent cette pluridisciplinarité sur les sciences humaines, elles jouent un rôle particulier en favorisant les coopérations entre différentes composantes du laboratoire.

- * mathématiques discrètes et recherche opérationnelle
- * logique et mathématique pour l'informatique
- * informatique de la connaissance
- * EIAH et didactique des mathématiques

Les cahiers du laboratoire Leibniz ont pour vocation la diffusion des rapports de recherche, des séminaires ou des projets de publication réalisés par des membres du laboratoire. Au-delà, Les cahiers peuvent accueillir des textes de chercheurs qui ne sont pas membres du laboratoire Leibniz mais qui travaillent sur des thèmes proches et ne disposent pas de tels supports de publication. Dans ce dernier cas, les textes proposés sont l'objet d'une évaluation par deux membres du Comité de Rédaction.

Comité de rédaction

- * mathématiques discrètes et recherche opérationnelle
Gerd Finke, Andrés Sebõ
- * logique et mathématique pour l'informatique
Ricardo Caferra, Rachid Echahed
- * informatique de la connaissance
Pierre Bessière, Daniel Memmi, Michel Ocello
- * EIAH et didactique des mathématiques
Nicolas Balacheff, Jean-Luc Dorier, Denise Grenier

Contact Gestion & Réalisation : Jacky Coutin
Directeur de la publication : Nicolas Balacheff
ISSN : 1298-020X - © laboratoire Leibniz