

UNE MÉTHODE D'APPRENTISSAGE
FONDÉ SUR LE TATONNEMENT EXPERIMENTAL
DE L'APPRENANT

J-C RÉGNIER

Le "tâtonnement expérimental" est, selon C. Freinet (1896-1966) un processus sur lequel se fonde tout apprentissage. Nous cherchons à expliciter ce processus dans le cadre de l'enseignement des mathématiques en classe de Seconde de Lycée. Pour cela, nous avons élaboré une séquence didactique portant sur la notion de "fonction" de telle sorte qu'elle favorise une démarche de "tâtonnement expérimental" chez les élèves. Dans cet article, nous exposons les premiers éléments de notre réflexion en même temps que nous présentons la séquence didactique et les premiers résultats de l'expérience à laquelle elle nous conduit.

Pour bon nombre d'enseignants de mathématiques s'adressant à des adolescents lycéens dans le cadre actuel du système scolaire, organiser un enseignement efficace et agréable pour les élèves, et aussi pour eux-mêmes, demeure un souci constant et fixe un but. Pour l'atteindre chacun recourt à des stratégies plus ou moins personnelles.

La mise en place d'une méthode d'apprentissage "fondé sur le tâtonnement expérimental de l'apprenant" participe de ce projet. Afin de dépasser le simple niveau des convictions personnelles, nous avons recherché l'explicitation d'une théorie donnant un sens à cette notion et vérifiable à l'épreuve des faits. En quelque sorte, il s'agit pour nous d'analyser certains présupposés qui guident notre action pédagogique, d'en examiner la pertinence, d'en mesurer l'efficacité et d'en préciser les conditions requises.

Au cœur de notre problématique, il y a ce que nous appelons le "TATONNEMENT EXPERIMENTAL". Cette notion a été développée par C. Freinet et adaptée – en particulier par E. Lémery – aux situations d'apprentissage des mathématiques en collège. Elle nécessite une réflexion et une articulation avec d'autres notions comme celles "d'erreur", de "réussite", "d'acte réussi", de "trace", "d'expérimentation", ...

Dans le cadre de cette "théorie" de l'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental de l'apprenant, nous avons réalisé une séquence didactique portant sur "les fonctions en classe de Seconde de lycée". C'est cette séquence que nous présentons ici. Pour bien situer cette séquence, nous exposerons d'abord la théorie sur laquelle elle s'appuie et nous donnerons quelques résultats observés lors de la phase d'évaluation formative diagnostique de départ ainsi que ceux recueillis dans l'exploration du champ représentatif des élèves.

I Le "tâtonnement expérimental" selon Edmond Lemery

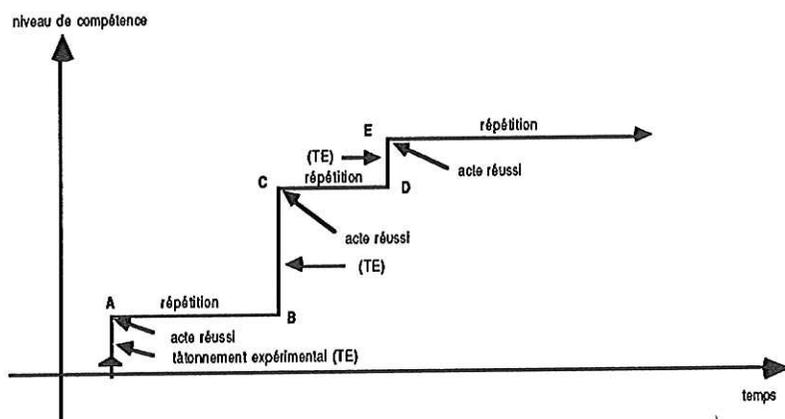
Dans son ouvrage "Pour une mathématique populaire" [L1] E. Lemery, professeur de mathématiques en collège, a consigné les résultats d'une longue réflexion issue de nombreuses observations conduites depuis plus de vingt ans dans ses classes. Sur la base du recueil de nombreuses "libres recherches d'adolescents au collège" il rapporte un témoignage vécu et vivant sur une opérationnalisation possible des idées de Freinet, dans le cadre de l'enseignement des mathématiques. Il y décrypte ses observations sur des travaux d'élèves, à l'aide d'une grille de lecture élaborée à partir des principes de Freinet. Ce qui nous intéresse particulièrement, c'est l'enrichissement du modèle proposé par Freinet décrivant le processus d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental.

Pour le voir, reprenons le premier schéma de "l'escalier" de Freinet, dans sa version adaptée aux apprentissages scolaires, rapporté dans l'ouvrage "la méthode naturelle" [F1].

"A partir du *premier acte réussi par tâtonnement expérimental* (A), l'individu répète cet *acte* jusqu'à ce que la *trace* soit creusée d'une façon indélébile, qu'elle soit devenue *mécanique et technique de vie* (B). Le *temps* de cet *exercice* varie avec la *perméabilité à l'expérience*, c'est-à-dire *l'intelligence*. Lorsque la *maîtrise mécanique de l'acte est acquise*, un nouveau tâtonnement expérimental conduit à un second acte réussi (C), qui, à son tour, va se répéter jusqu'à *l'automatisme* (D), puis laisser la place à d'autres tâtonnements".

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Cette description est illustrée par le dessin ci-après :



E. Lemery propose ensuite un second schéma, qui fait apparaître des facteurs occultés par le schéma de Freinet. Il applique ce modèle tant à l'individu apprenant qu'au groupe d'apprenants.

Phase n°	Description
1	L'individu part d'un acquis et d'un perçu. Un évènement, un besoin, l'expérience des autres (imitation), une situation problématique à résoudre déclenche le processus.
2	L'action s'engage dans une direction selon des hypothèses prometteuses jusqu'au moment où s'exerce "une critique"
3, 4, 5, 6	ce peut être : - une critique des faits apportés par le phénomène, la nature, la non réponse - une critique des personnes apportées par les exemples ou l'expérience des autres (élèves), par l'enseignant (part aidante du maître), par la production du groupe. Elle a pour effet de modifier, en général, la direction de recherche.
7	L'information et la connaissance interviennent dans le processus.
8	Ces "approximations successives" s'enchaînent jusqu'à ce qu'un but ou une "loi" soient atteints. C'est l'acte réussi.
9	On atteint alors le palier de renforcement par la répétition mécanique ou la répétition-intégration avec évolution.
10	Cette nouvelle "loi" peut, elle, être source de nouvelles expériences tâtonnées qui sont soit une <i>correction</i> , soit un <i>affinement</i> , soit un <i>enrichissement</i> de cette loi.

A l'issue d'une telle démarche oscillatoire, l'intégration de cette nouvelle "loi" constitue un enrichissement du savoir de l'individu. En ce sens, on peut dire qu'il s'agit d'un processus d'apprentissage. Enfin ce modèle donne aussi un sens à la notion de "mathématisation" du point de vue de l'apprenant.

II Le "tâtonnement expérimental" selon notre point de vue

Certes, sur le plan de la conviction militante, les propositions de Freinet comme celles de Lémery, nous satisfont suffisamment pour orienter et guider efficacement notre action quotidienne d'enseignant. Mais il n'en est plus de même quand nous nous situons dans le champ des questionnements de la "didactique des mathématiques". Ce questionnement générateur de doute scientifique, induit un désir d'y voir plus clair et de reculer les limites des incertitudes. Le modèle "oscillatoire" de Lémery nous paraît déjà plus satisfaisant que celui de "l'escalier" de Freinet. Aussi le prendrons nous comme point de départ.

Que pouvons-nous entendre par "tâtonnement expérimental" dans le cadre particulier de notre recherche où l'acteur principal du "tâtonnement" n'est autre qu'un apprenant, adolescent et lycéen ?

En présence d'une circonstance nouvelle ou d'un problème nouveau, cet individu va se mettre à tâtonner, c'est-à-dire, partant de ses acquis actuels inadéquats pour apporter automatiquement une solution satisfaisante, il va essayer selon divers chemins de produire une réponse. Ces essais se réalisent sur des objets concrets ou abstraits, sur des actions concrètes ou abstraites. Ils peuvent être latents ou manifestes et perceptibles par un observateur.

Ce tâtonnement est régulé par un ensemble de facteurs qui peuvent avoir un caractère soit contingent, soit nécessaire, soit encore aléatoire.

De la part de l'apprenant, ce tâtonnement résulte d'une *intention* d'action qui oriente le fonctionnement et détermine la coordination des mécanismes.

En quoi ce tâtonnement est-il plus expérimental qu'empirique ?

Certes c'est l'expérience qui guide l'action et mène à un but fixé par un besoin. Mais ce n'est là qu'un aspect du tâtonnement et le processus ne laisse pas l'individu à ce niveau. En effet, le caractère expérimental provient du fait que l'individu "réfléchit" et "raisonne" tout en tâtonnant. Partant toujours d'un acquis (en tant que "sujet connaissant"), il formule plus ou moins explicitement une foison de questions plus ou moins organisées. Cette explicitation traduit la

“réflexion” du besoin en une problématique. Le choix d'une question centrale avec une éventuelle aide extérieure venant d'un autre apprenant, d'un groupe, d'un enseignant ou d'un outil, oriente alors la recherche dans une direction. En fonction de ses acquis antérieurs mais aussi d'éléments contingents, nécessaires ou aléatoires, il émet des hypothèses qui constituent une anticipation des solutions possibles, relatives à la question. C'est alors que la mise en œuvre de procédures de contrôle va lui permettre de sélectionner les “bonnes” solutions. Puis de nouveau l'individu retourne à la question initiale, enrichie des informations issues de cette première boucle, pour s'engager dans une seconde boucle. Ce processus circulaire ou plutôt spiralé fonctionne jusqu'à ce que l'individu prenne la décision de s'arrêter soit pour des raisons internes (abandon, renoncement, satisfaction) soit pour des raisons externes (adéquation de la réponse à la demande, critère d'arrêt imposé).

Les effets psychologiques des résultats de ce contrôle et des expériences qui lui sont attachées, ont néanmoins un caractère ambivalent qui intervient dans la décision de l'arrêt. Ils peuvent engendrer soit une inhibition, soit une facilitation, proactives ou rétroactives. L'identification de la nature de ces effets sur un individu semble être un acte particulièrement difficile et délicat. C'est pourtant à ce niveau que l'enseignant a un rôle important à jouer dans sa relation à l'apprenant. Le dispositif pédagogique qu'il élabore, doit lui permettre d'en tenir compte.

C'est aussi à ce niveau que la notion “d'erreur” intervient. Le statut qu'elle acquiert et la signification qu'elle prend pour l'apprenant paraissent constituer un des déterminants du processus. Les effets ne semblent vraisemblablement pas identiques si l'erreur est vécue comme une “faute” ou seulement comme un “élément inexact dans certaines opérations”, “une chose fautive par rapport à une norme”, “une simple différence entre production et celle attendue dans un modèle ou éventuellement dans la réalité”.

Pour nous, l'erreur n'est le fruit ni d'une “lacune” ni d'un “manque de travail” (au sens habituel), ni une quelconque “violation d'une règle imposée par un code, conduisant à une attitude répréhensible et regrettable”. L'erreur est le résultat de la mise en œuvre de procédures inadéquates et non pertinentes dans une situation-problème, de procédures non conformes aux modèles rationnels attachés au problème.

Le tâtonnement expérimental constitue donc d'une certaine manière un ensemble de techniques d'investigation et de démarches de réflexion que se construit un individu avec l'aide d'un enseignant, d'un pair ou d'un outil. La production de bonnes solutions et ces solutions

elles-mêmes déterminent de nouvelles connaissances pour l'individu, qui viennent enrichir ses acquis initiaux par restructuration.

Quel est le sens de cet "acte réussi" qui produit du savoir pour l'individu ?

La notion d'*acte réussi* nous reporte au couple "réussite/échec". Là nous avons affaire à deux termes inséparables, aux acceptions multiples, fortement connotés, porteurs d'une lourde charge affective. Si on peut considérer logiquement l'échec comme une simple non-réussite, il n'en est pas de même sur les effets psychologiques.

Un échec place l'individu dans une situation qui lui impose le choix d'une des trois conduites suivantes :

- recommencer l'acte selon la même direction
- recommencer l'acte en prenant une autre direction
- abandonner l'acte et renoncer à l'atteinte du but.

Dans le cadre scolaire, l'expression "échec scolaire" évoque souvent l'image d'un individu isolé, parfois même humilié par ses insuccès accumulés, manifestant une incapacité à affronter les tâches qui lui sont demandées, et qui plus est, réprimandé par sa proche famille. La cause dominante de cet "échec global" est, selon notre opinion, l'accumulation d'échecs ponctuels non dépassés. Il peut être aussi dans certains cas la conséquence d'une conduite d'échec qui fait que l'individu, persuadé qu'il ne peut qu'échouer, échoue effectivement là où il aurait dû réussir ou bien encore conserve un sentiment d'échec là où il a réussi. Rétroactivement, l'apparition de cette conduite d'échec peut, elle aussi, résulter d'un cumul d'insuccès ponctuels.

Pour notre part, nous considérons *l'échec* en tant que phénomène ponctuel dont il convient d'en relativiser les circonstances. Dans le cadre restreint de notre étude, nous retenons encore les deux catégories que nous avons explicitées dans d'autres travaux (R.4). Ainsi avons-nous distingué "échec par erreur" et "échec par non-réponse". Quant à la réussite, c'est-à-dire l'aboutissement au résultat adéquat, elle ne soulève pas des difficultés de l'ampleur de celles qu'induit l'échec. Force est de constater, par exemple, que face à un échec, l'individu s'investit dans des processus de justification et de simulation visant à se dissimuler à lui-même cet échec. Un tel comportement ne s'observe pas face à la réussite qui induit chez l'individu un sentiment de satisfaction, générateur de l'envie de prolonger ou de renouveler son action.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Les effets négatifs d'une réussite ponctuelle s'observent au travers de deux types de conduite désignés par les termes de "sous compréhension" et de "compréhension partielle". On peut aussi rencontrer le cas d'individus qui ayant réussi, s'en tiennent là et se reposent sur leurs lauriers.

Quoi qu'il en soit, l'acte réussi s'avère avoir un retentissement beaucoup plus positif que l'acte échoué, sur l'individu. On observe en général que le niveau d'aspiration s'élève après un succès mais s'abaisse après un échec. Toutefois, pour l'individu, l'échec devient positif dès lors qu'il est une prise de conscience intellectuelle de sa propre responsabilité et que tout se mobilise en lui pour surmonter et dominer cet échec. Ce changement de perspective est fortement dépendant du statut attribué à l'erreur dans le processus d'apprentissage. Il s'appuie sur la distinction profonde entre la *faute* et l'*erreur*. Le sentiment de faute génère la culpabilisation et l'effet attendu est le repentir alors que dans cette optique, le sentiment d'échec génère une prise de conscience objective et l'effet attendu est la remise en cause. Nous pensons que le repentir s'accompagne d'une soumission aux normes et induit la passivité alors que la remise en cause participe d'une sorte de révolution culturelle et entretient une activité mentale nécessaire au développement cognitif.

Qu'est-ce qui différencie ce tâtonnement expérimental et la démarche scientifique expérimentale ?

Si globalement la différence n'est pas sensible, il nous semble qu'elle existe néanmoins par au moins deux aspects :

- le premier est ordonné aux finalités : le tâtonnement expérimental est un moyen dont se saisit l'apprenant pour accroître son champ d'action à l'intérieur d'un domaine déjà exploré et maîtrisé du savoir, alors que la démarche expérimentale scientifique vise à accroître ce savoir en repoussant les limites de sa vérité d'une époque, en la précisant et en l'ajustant.
- le second est ordonné à la transparence du fonctionnement : la démarche expérimentale scientifique se réalise selon des protocoles explicites qui en assurent une certaine transparence et essentiellement sa reproductibilité alors que le tâtonnement expérimental s'effectue selon des processus intérieurs individuels difficilement accessibles à un observateur extérieur.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Une méthode d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental est donc une méthode qui permet à l'individu apprenant de s'engager *intentionnellement* dans ce processus pour parvenir à l'objet d'apprentissage.

Dans le cadre restreint de la classe, lieu de notre étude, cette intentionalité qui exprime un besoin motivant l'individu, nous interpelle. Les objets d'apprentissage offerts par le savoir mathématique et déterminés institutionnellement au travers des programmes officiels d'une part, et par la formation universitaire des professeurs de mathématiques d'autre part, n'ont aucune raison apparente d'être des objets naturels de désir spontané, suscitant un besoin chez les lycéens. Et si toutefois quelques élèves éprouvent ces besoins et les manifestent au travers de demandes orientées vers des objets mathématiques, il nous semble que cela tire son origine moins de la recherche pour satisfaire ces pulsions que de contraintes exogéniques de nature socio-culturelle ou socio-économique.

Dans ces conditions, que devient la "libre recherche" ?

Dans la situation idéale attachée à nos principes pédagogiques, les problèmes sont apportés dans la classe par les élèves eux-mêmes. Le fait de les poser ainsi témoigne du déclenchement d'un processus de recherche individuelle ou collective. C'est ce que nous appelons la "libre recherche". Elle n'exclut nullement la "part du maître". Celui-ci intervient non pas a priori, mais a posteriori à la demande de l'élève ou de son propre chef pour contrôler les productions lorsqu'elles atteignent un stade avancé, pour apporter une éventuelle contradiction ou pour guider, relancer, encourager en cas de blocage. Toutefois, au cours des douze années scolaires écoulées, ce fait s'est avéré relativement rare en classe de Seconde. Disons suffisamment peu fréquent pour qu'une telle pratique ne soit pas considérée comme facilement généralisable sans condition particulière.

Par ailleurs cette pratique n'est pas sans risque : les problèmes posés peuvent s'avérer d'une complexité telle que les obstacles vont s'accumuler et réduire l'intérêt initial et l'enseignant ne disposera pas des moyens nécessaires pour relancer le processus de recherche dans une voie prometteuse, faute de compétence suffisante. Ponctuellement, cette situation ne serait pas grave mais sa répétition excessive provoquerait une dérive de la méthode vers des buts contraires aux principes fondateurs.

C'est pourquoi, dans la situation habituelle, c'est l'enseignant qui apporte les situations-problèmes en classe. Il les aura choisies en fonction d'une pluralité de critères plus ou moins explicites. Toute la difficulté réside alors dans la dévolution de cette problématique, de

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

l'enseignant vers les élèves. Cela nécessite une phase d'appropriation de cette problématique par les élèves durant laquelle l'enseignant tient le rôle prépondérant de guide et d'incitateur. Ce rôle est maintenu jusqu'à ce que les élèves s'engagent dans la recherche et poursuivent d'une manière autonome les investigations. C'est pourquoi l'expression "libre recherche" est remplacée par celle de "recherche guidée". Dès que les élèves se sont saisis complètement du problème, on se retrouve dans des conditions voisines de celles de la "libre recherche" et les procédures mises en œuvre sont celles du tâtonnement expérimental. La prépondérance du rôle de l'enseignant réapparaît dans l'extraction des productions des recherches des élèves, les notions, les concepts et les méthodes qui correspondent aux buts et aux objectifs cognitifs de la classe. Cette action est facilitée dans la situation "recherche guidée" puisque l'enseignant aura choisi des problématiques en fonction d'objectifs fixés, ce qui lui permet de conserver une certaine maîtrise de la situation.

En les circonstances présentes et en notre qualité d'enseignant de mathématiques, nous nous retrouvons bel et bien devant une problématique du champ de la didactique des mathématiques sans pour autant en nier le caractère éminemment interdisciplinaire (psychologie, biologie, sociologie, sciences de l'éducation, histoire et épistémologie des mathématiques).

Notre travail consiste pour une part à identifier un maximum de variables didactiques et de les éprouver en figeant au mieux les autres paramètres. Pour répondre à ces exigences nous avons élaboré un premier outil : une séquence didactique autour de la notion de "fonction" en classe de seconde. Cette élaboration fait appel à des procédures qui relèvent de "l'ingénierie didactique". Cette séquence a ensuite été expérimentée en classe de Seconde au cours des années scolaires 85/86 et 86/87. Il s'agit de classes où l'auteur de ces propos enseigne. Ceci nous place dans une situation d'observateur impliqué qui nécessite le recours à des protocoles adéquats. Cette séquence didactique correspond à une tentative d'opérationnalisation de la méthode d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental. Sa mise en pratique vise à recueillir les effets didactiques. A côté de cette première démarche, nous envisageons ultérieurement d'autres procédures d'investigation et d'observation portant sur les processus mentaux effectivement mis en œuvre par les apprenants pour résoudre un problème, c'est-à-dire affronter un objet d'apprentissage et se l'approprier comme un nouvel objet de connaissance.

La difficulté essentielle demeure dans notre propre incapacité de procéder à une observation directe de ce qui se passe dans la tête des individus en situation de problème. J.M. De Ketele

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

relate dans son livre (D.1.) "Observer pour éduquer" (page 123) une technique possible désignée sous le nom de "technique de Rimoldi" de laquelle nous pourrions nous inspirer. Nous pourrions aussi nous appuyer sur la méthode clinique de Piaget. A ce propos, nous remarquons que Piaget accepte ce principe de tâtonnement qui n'exclut en aucune façon le processus d'assimilation-accomodation.

Une telle observation nous apporterait de précieuses informations sur la validité du concept de tâtonnement expérimental que nous avons tenté de définir intensionnellement.

III Une opérationnalisation des conditions du tâtonnement expérimental : exemple d'une séquence didactique sur la notion de fonction en classe de Seconde.

Le document complet d'une centaine de pages rapportant dans les détails cette séquence didactique fera l'objet d'une publication prochaine, à l'I.N.R.A.P. de Dijon. Nous nous contenterons d'une description sommaire en nous fondant sur le référentiel terminologique et conceptuel que nous avons explicité dans les parties précédentes.

Ici nous ne rentrerons ni dans l'analyse historique et épistémologique du concept de fonction, ni dans celle de son enseignement.

Passons donc à la description de la séquence.

PHASE N° 1 : la dévolution de la problématique aux apprenants

- Etape n° 1.1** Le plan de travail :
Il est élaboré par l'enseignant et distribué à chaque élève. Il fixe le cadre général et la trame de la séquence.
Il est informatif.
- Etape n° 1.2** L'exploration du champ représentatif des apprenants.
Il s'agit d'une prise d'information au moyen d'un questionnaire écrit auquel chaque élève répond par écrit.
- Etape n° 1.3** L'exploration du champ cognitif des apprenants.
Un test vise à contrôler d'une part la maîtrise de certains savoirs et savoir-faire considérés comme des prérequis à l'étude, d'autre part ce que les individus connaissent

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

déjà relativement à l'objet d'apprentissage et que nous désignons par préacquis. A l'issue de la séance de contrôle, un document autocorrectif est remis à chaque élève. En fait, ici, il se réduit à fournir les réponses aux items du test. Des compléments sont apportés oralement par l'enseignant selon la demande des élèves. Après hétérocorrection des épreuves, l'enseignant peut aussi être amené à mettre en place certaines remédia- tions ponctuelles, éventuellement individualisées, soit en organisant des séances de "soutien" centrées sur les élèves les plus en difficulté par rapport aux attentes des prérequis, soit sous la forme d'un travail autonome avec des livrets autocorrectifs (R.1)

Ces deux étapes relèvent de l'évaluation formative diagnostique de départ.

Etape n° 1.4

La mise en route de la problématique.

Cette étape est la plus délicate et correspond à l'analyse que nous avons produite dans la troisième partie à propos de la "Libre Recherche/Recherche guidée". Elle se déroule en trois temps.

— premier temps —

Voilà ce que nous avons communiqué oralement :

« Nous allons nous intéresser à une question qui touche au problème des conditionnements et des emballages :

— à quels problèmes peuvent être confrontés les fabricants ? »

Le rôle de l'enseignant est alors de provoquer un débat dans la classe, de faire émerger les réponses, de les noter au tableau sans exclusive. Avec l'aide des élèves, on procède à un classement de ces réponses. Celles que nous avons effectivement obtenues lors de la première expérience se ramènent aux variables suivantes :

- facilités de manutention, rangement, empilement
- esthétique
- volume, contenance
- destination : contenu, transport, conservation
- matériaux : nature, densité, résistance, utilisation.

De là, en relation avec les objectifs visés par l'enseignant, la question centrale, "imposée sans résistance manifeste" porte sur la "forme géométrique" des emballages.

— second temps —

Le travail demandé à chaque élève est une éventuelle prise de contact avec certains fabricants afin de recueillir quelques informations "concrètes et réalistes" sur la question. Il leur est aussi demandé de collecter dans leur environnement quotidien, quelques exemplaires d'emballages dont ils doivent étudier la construction et le calcul du volume et de la surface latérale. Ce travail fait l'objet d'une courte synthèse rédigée. A la suite de quoi les recherches individuelles sont mises en commun. On procède alors à un travail sur les surfaces et volumes usuels. Chaque élève réalise de manière autonome une recherche documentaire sur ces objets géométriques (triangle, rectangle, carré, parallélogramme, disque, sphère, cône, cylindre droit, cube, ...). Cette recherche doit aboutir à un dossier rédigé contenant les représentations géométriques graphiques de ces objets et les formules de mesures qui leur correspondent. Ce compte-rendu est corrigé par le professeur.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

— troisième temps —

Il est l'aboutissement du processus de dévolution et doit assurer l'engagement optimal de l'apprenant dans le processus de résolution, de ce qui est supposé devenir *son problème*. Dès lors, le rôle de l'enseignant se déplace et réduit sa prépondérance. Cette mise en situation est médiatisée par une suite de fiches-guide. Sur la base de ce questionnement, chaque élève rédige un compte-rendu individuel qu'il remet au professeur à l'échéance fixée par le plan de travail (Annexe A)

PHASE N° 2 : activités autonomes de recherche et exercice du tâtonnement expérimental.

- Etape n° 2.1** — l'enseignant réorganise le groupe-classe en groupes restreints de 3 ou 4 élèves sur la base des données recueillies durant l'étape n° 1.3. Il est aussi possible de compléter ces informations par d'autres de nature socio- affective glanées lors des situations antérieures dans la classe (usage de sociogrammes).
- par groupe, les individus vont poursuivre leurs recherches en confrontant leurs opinions et leurs réponses individuelles. Les consignes sont fournies par écrit et complétées oralement par l'enseignant. (Voir Annexe B). Cette structure vise à opérationnaliser le "conflit sociocognitif". (R5)
- Etape 2.2** Exploration du champ représentatif .
- Etape n° 2.3** L'analyse des comptes rendus produits à l'issue des travaux de groupes permet à l'enseignant de procéder à une première *synthèse*. Elle consiste à mettre en évidence un certain nombre de notions et d'explicitier la mathématisation du problème.
- Etape n° 2.4** La synthèse précédente est dirigée vers une relance des individus dans les activités, en exploitant les informations ainsi apportées, et vers une aide pour atteindre le but fixé par le problème (production d'une réponse mathématiquement correcte) de la sorte on réunit les conditions de production *d'un acte réussi*.
- Etape n° 2.5** En restant dans le même processus d'activités cognitives, il s'agit d'amener l'individu à se réinvestir dans des questions voisines de la précédente. La production finale est de nouveau individuelle mais les échanges interindividuels d'informations sont tout à fait libres.
Cette étape participe de la mise en place de conditions favorables à une conduite de transfert.
- Etape n° 2.6** Seconde synthèse.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

PHASE N° 3 : évaluation formative de fin d'activités

- Etape n° 3.1* Test individuel sur un problème voisin :
Etude de l'aire d'une classe de rectangles isopérimétriques (épreuve en temps limité et "surveillé")
- Etape n° 3.2* Hétérocorrection conduite par l'enseignant.

PHASE N° 4 : décontextualisation de la notion de "fonction" ainsi abordée dans une problématique particulière

- Etape n° 4.1* – Distribution d'un document photocopie exposant les éléments théoriques et historiques relatifs à la notion. Celui-ci est rédigé sous une forme "ouverte" qui en fait un outil impliquant l'activité de l'apprenant au cours de sa lecture.
Ce document doit être étudié par chacun avant l'étape suivante.
- Etape 4.2* – L'enseignant commente le contenu du document photocopie et apporte des compléments.
L'enseignant répond aux questions posées par les élèves.
– L'enseignant organise le contenu de ses apports autour d'une mise en relation des éléments théoriques avec les produits issus des activités manipulatoires.
- Etape 4.3* Exercices d'application considérés comme une activité intégrée au processus au niveau du "palier de répétition".

PHASE N° 5 : évaluation formative de fin de séquence didactique

- Etape n° 5.1* Test préliminaire autocorrigé
- Etape n° 5.2* Auto-évaluation de l'atteinte des objectifs
- Etape n° 5.3* Test final hétérocorrigé
- Etape n° 5.4* Bilan individuel de travail.
- Etape n° 5.5* Correction du test final
- Etape n° 5.6* Exploration du champ représentatif

PHASE N° 6 : fin de la séquence, passage à la séquence suivante portant sur le thème des "suites"

Quelques mots concernant les procédures évaluatives :

Ainsi que nous l'avons précisé, la finalité dominante de l'évaluation au cours de cette séquence didactique est d'aider l'apprenant à progresser dans son processus de formation. C'est pourquoi nous qualifions cette évaluation de "formative". Toute l'organisation de notre travail est orientée vers une acceptation par l'élève de l'erreur comme phénomène inhérent à tout processus d'apprentissage, de l'échec en tant qu'acte de prise de conscience d'un savoir inopérant ou inadéquat.

Pour faciliter cette transformation, toutes les productions contrôlées sont évaluées à l'aide d'une échelle à trois modalités :

modalités	codes
objectif atteint globalement	+
objectif partiellement atteint	0
objectif non atteint ou objectif insuffisamment atteint	-

Le recours à l'usage de la "note traditionnelle" est limité à l'épreuve du test des prérequis-préacquis, et celle du test final hétérocorrigé. Et encore, celle-ci revient-elle à un "pourcentage" ! Nous n'évoquerons ici ni le rôle inhibiteur de la pratique de la notation traditionnelle, ni la critique impitoyable que nous lui préférons — aidé en cela par des travaux comme ceux de M.C. Dauvisis (D.2) — ni nos recherches concernant des procédures de substitution cohérentes avec notre option pédagogique. Nous renvoyons le lecteur intéressé à notre publication (R.3). Toutefois, nous ne négligeons pas l'obligation institutionnelle qui nous est faite de recourir à la notation "de 0 à 20". Nous en faisons un usage le plus proche possible de nos principes : par exemple nous ne calculons pas de moyenne, nous expliquons longuement aux élèves en quoi la note est une variable qualitative (en particulier à l'occasion de la séquence didactique sur le thème "statistique").

Enfin le test final hétérocorrigé offre aussi les apparences d'une procédure d'évaluation sommative. La prise en compte de ses résultats dans la décision finale concernant l'orientation à l'issue de la classe de Seconde contribue à lui faire jouer ce rôle. Toutefois, l'organisation pédagogique annuelle rend à cette épreuve son caractère formatif.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Deux aspects de ce dispositif général peuvent l'illustrer : (R.3)

- le premier est lié à l'existence d'une épreuve d'évaluation sommative en fin d'année.
- le second est relatif au fait que tout au long de l'année, l'agencement des séquences didactiques est tel qu'il facilite la redondance et permet le réinvestissement des divers savoirs, savoir-faire et savoir-être.

Quelques mots concernant les différents types de situations pédagogiques que nous rencontrons au sein de la classe. Nous avons identifié [M.1] :

A.la situation impositive collective

B.la situation individualisée

C.la situation interactive

La séquence proposée s'articule autour de ces trois situations comme le montre le tableau ci-dessous :

situation	A		B			C	
Etape n°	1.3	3.2	1.1	2.2	4.3	2.1	(2.5)
	1.4	4.2	1.2	2.5	5.1		
	2.4	4.3	1.3	3.1	5.2	(4.3)	
	2.6	5.5	1.4	4.1	5.3	(5.1)	
			5.4	5.6			

Au cours de cette séquence, seul l'étape n° 2.1 peut être considérée comme une situation interactive institutionnalisée. Il n'en reste pas moins que cette interactivité fonctionne aussi de manière plus spontanée au cours des étapes 2.5, 4.3, 5.1. Dans le dispositif général il subsiste des séquences plus centrées sur les situations interactives.

En l'état actuel de nos travaux d'investigation, nous ne sommes pas en mesure d'en dire plus sur cette séquence didactique. Nous nous contenterons d'aborder en quatrième partie quelques résultats issus de la première expérimentation.

IV Quelques résultats issus de la première expérimentation (année scolaire 1985/86).

1 Evaluation formative diagnostique de départ (étape n° 1.3)

Cette épreuve est constituée de trois tests :

- le test des prérequis formé de 30 items
- le test des préacquis formé de 11 items
- le test "usage de la calculatrice" de 7 items.

Pour l'ensemble des 48 items de cette épreuve soumise aux 31 élèves de la classe de Seconde dont nous avons la responsabilité, nous avons obtenu les résultats globaux suivants :

nombre d'items réussis (réussite forte R+)	0-15	16-20	21-26	27-32	33-38	39-42	43-48
nombre d'élèves relatif à chaque intervalle	0	3	4	7	8	8	1

en particulier pour les 11 items du test des préacquis, nous avons :

nombre d'items réussis	0-1	2-4	5-6	7-8	9-10	11
effectifs	1	8	8	5	8	1

2 Exploration du champ représentatif concernant la notion de fonction (étapes n° 1.2, 2.2, 5.6)

Si nous nous référons au dictionnaire le terme "fonction" renvoie à trois acceptions que nous caractérisons comme suit :

- A - "ce que doit accomplir une personne pour jouer un rôle dans un groupe"
- B - "rôle caractéristique que joue une chose dans l'ensemble dont elle fait partie"
- C - "relation qui existe entre deux éléments telle que toute variation du premier entraîne une variation correspondante du second".

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

L'acception à laquelle nous nous attachons dans notre domaine mathématique est fournie par la troisième formulation C.

Il est clair que l'ensemble des individus ont rencontré ces trois acceptions et en particulier dès la classe de 4^{ème} au collège ; ils ont fréquenté la définition même de la notion mathématique. De plus, dans la période qui a précédé la mise en œuvre de la séquence, les élèves ont reçu des informations concernant cette notion par exemple dans les séquences sur le thème "trigonométrie" et sur le thème "statistique".

Voici ce qui résulte du dépouillement des questionnaires :

Etape n° 1.2

«dans le domaine mathématique, as-tu entendu parler de la notion de "fonction" ?»

réponse	oui	oui vaguement	non je ne crois pas	non jamais	sans réponse
effectif	15	12	3	0	1

quant à l'évocation, elle se rattache aux acceptions précédentes selon la répartition suivante :

acception	A-B	B	B-C	C	non réponse
effectif	2	5	1	21	2

Etape n° 2.2

«au stade actuel du travail, as-tu l'impression de reconnaître un lien entre les activités et la notion de "fonction" ? »

réponse	oui	non	je ne sais pas
effectif	4	6	21

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Une analyse des justifications qui accompagnent ces réponses conduit à repérer 9 catégories d'arguments.

La réponse est "je ne sais pas" ou "non" car ...	nombre d'apparitions
- a - je ne peux établir le lien car je ne connais pas la signification	2
- b - je ne perçois pas le lien mais il se peut que le travail réalisé amène un travail sur les fonctions — ou — je crois qu'il en existe un	3
- c - on n'a pas fait de cours proprement dit	2
- d - à part les représentations graphiques et (peut être) les relations, je ne vois pas le lien	1
- e - je ne vois aucun rapport ou peu de rapport	8
- f - je ne m'en souviens plus	3
- g - ce que l'on a fait ne m'a pas encore permis de donner une signification au terme "fonction"	2
- h - absence d'application avec des tableaux, des expressions de $f(x)$, des graphiques comme en 3ème	2
- i - aucun rapport avec ce qui a été étudié en classe de 3ème	1
sans justification	1

Ainsi, seulement 7/31 affirment percevoir un lien entre ces activités et la notion.

Etape n° 5.6

Cette étape est l'étape finale de la séquence didactique. A la question portant sur l'évocation du terme "fonction", la quasi-totalité rapporte une évocation du type C. En affinant l'analyse des formulations nous avons identifié les cinq catégories suivantes :

Codage	l'évocation renvoie ...l'évocation renvoie ...
C.1	à la définition mathématique
C.2	aux ingrédients : tableaux, graphiques, notation ensemble de définition
C.3	à quelque chose hors du domaine mathématique
C.4	à un outil pour des calculs et des études
C.5	à l'idée de dépendance

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Les individus se répartissent selon ces catégories de la manière suivante :

modalités	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	non-réponse	absent
effectifs	12	8	2	4	2	1	1
		1					

Et lorsque l'on demande d'en donner la définition mathématique on obtient :

validité de la réponse	juste	fausse	sans réponse	absent
effectif	15	1	14	1

Ces résultats font apparaître le déplacement de la représentation évoquée vers la représentation attendue du concept. Mais force est de constater que la moitié seulement des individus parviennent à formuler la définition de la notion. Cela mérite sans doute d'être approfondi, afin de dépister la part de psittacisme dans les groupes où les définitions sont récitées à 100% par cœur.

Comparons maintenant cette capacité à produire la définition avec celle à répondre aux questions du test final. Dans un premier temps, pour des commodités d'étude, nous avons extrait un échantillon de 7 items sur les 28 proposés. Le contenu de ces 7 items figure en annexe – Annexe C.

Le tableau ci-dessous apporte les effectifs de réussite.

item n°	1	10	11	13	16	20	28
nombre de réussites fortes R+	25	14	22	27	18	15	18
nombre de réussites faibles R-	29	23	22	27	28	27	20

Effectif total : 31

NB : R+ : réponse fournie isomorphe à la réponse attendue.

R - : réponse fournie isomorphe à une réponse située dans un voisinage de la réponse fournie.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Nous avons concentré notre observation sur la sous-population de 21 élèves qui ont fourni une évocation de type C.1 et C.2, proche de la définition mathématique.

Item n°	1 et 10		11		13 et 16		20		28		total
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	
validité de la réponse											
définition exacte	7	1	7	1	6	2	8	0	8	0	8
définition inexacte	9	4	8	5	11	2	11	2	6	7	13

A première vue ces tableaux laissent à penser que la capacité d'énoncer la définition s'accompagne d'une réduction d'échec mais elle ne constitue pas un prérequis à la réussite. Il resterait à prouver le degré de signification statistique de cette hypothèse.

L'incidence didactique serait alors de ne pas se centrer sur la capacité à énoncer une définition d'un concept comme un indicateur de la capacité à faire fonctionner ce concept. Nous nous en tiendrons là pour cette fois.

V En guise d'absence de conclusion

L'essentiel de cet exposé a été construit à partir d'une approche réflexive et qualitative de la notion de "tâtonnement expérimental" en tant que notion fondant un processus d'apprentissage. Le but était de progresser dans le travail de conceptualisation que nous avons entrepris. Ici l'approche quantitative a été délibérément laissée de côté et les quelques éléments qui en relèvent ont été concentrés dans la quatrième partie. L'information qui y est rapportée ne contribue pas directement à éclairer la problématique, mais elle permet de réguler le processus dans une seconde phase d'expérimentation. Ainsi, la prise en compte du degré d'importance à accorder l'énoncé de la définition comme indicateur d'efficacité du processus didactique, par exemple, ...

RÉFÉRENCES

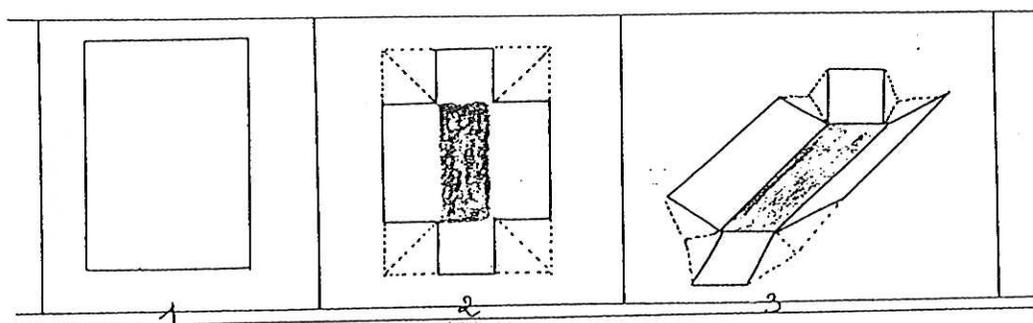
- (D.1) J.M. DE Ketele *Observer pour éduquer* P. Lang - Berne Francfort / M- 1980 p.213.
- (D.2) M.C. Dauvisis *Objectifs de l'enseignement des mathématiques et docimologie*.
Thèse de doctorat d'Etat - 1982 - Univ. Toulouse le Mirail - 3 tomes p. 834.
- (F.1) C. Freinet *La méthode naturelle* Tome 1 - Delachaux et Niestlé.
- (I.1) I.C.E.M. Dans les traces du Tâtonnement Expérimental B.T.R. n° 18-19 -
Avril 76.
- (L.1) E. Lémery *Pour une mathématique populaire* Libres recherches d'adolescents
au collège Casterman - 1983 p. 172.
- (M.1) Ph. Meirieu *L'école, mode d'emploi : des méthodes actives à la pédagogie
différenciée* Editions E.S.F. Paris 1985 p. 174.
- (R.1) J.C Régnier *Elaboration d'un livret autocorrectif* Rapport de D.E.A. de
mathématique (didactique) Universités de Nancy I et L.P. Strasbourg - 1980.
- (R.3) J.C.Régnier *Etude d'une tentative de Formation à l'autoévaluation d'élèves de
classe de Seconde de Lycées, dans le cadre de l'enseignement des mathématiques*
Tomes 1 - 2 - 3 Septembre 1986 D.E.A. de Sciences de l'Education.
- (R.4) J.C. Régnier *Evaluation et Autonomie* I.R.E.M. Strasbourg - mai 1983.
- (R.5) J.C. Régnier *Mathématiques et Coopération* *Animation et Education* n° 45
Décembre 1981 en collaboration avec A. Denis et R. Dimier.

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

Annexe A : Etude d'un exemple :

Nous allons nous intéresser cette fois à un cas particulier : celui de la construction d'une boîte parallélépipédique (type boîte à sucre ou à chaussures) sans son couvercle.

- Soit en utilisant le film ci-dessous réaliser un exemplaire de cette boîte à partir d'une feuille de format usuel A4 (21x29,7)



Mesurer l'aire latérale et le volume :

boîte n°
①

aire	unité	volume	unité
$a =$		$v =$	

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

• Soit en utilisant les consignes ci-dessous :

- prendre une feuille de format 21 x29,7 (unité : cm)
- délimiter quatre carrés de même dimensions, un en chacun des quatre angles de la feuille rectangulaire, en traçant des pointillés
- découper ces quatre carrés
- plier les quatre morceaux rectangulaires restant afin d'obtenir la boîte recherchée (parallélépipède)

ou encore

- tracer en pointillés les diagonales des quatre carrés (celles qui sont issues des sommets de la feuille rectangulaire)
- plier selon ces diagonales et les côtés des carrés adjacents aux bords intérieurs de la partie restante de la feuille de papier
- réaliser la boîte en rabattant les faces latérales.

Annexe B : Etude du problème de l'existence d'une boîte (type sucre) dont le volume est maximum

Modalité de travail : par groupe de quatre.

Chacun ayant construit quatre exemplaires de la boîte et calculé les aires latérales et les volumes respectifs, le groupe dispose ainsi de seize données.

- Mettre en commun ces informations et trouver deux présentations différentes des résultats obtenus.

Quelles conjectures pouvez-vous formuler ?

Le volume de la boîte dépend-il de la découpe ?

La surface latérale dépend-elle de la découpe ?

Quelles sont les différentes "variables" qui interviennent dans ce problème ?

Quelles sont les "relations" qui lient ces "variables" ?

Le tâtonnement expérimental de l'apprenant

On pourra se reporter à la fiche méthodologique :
"Comment résoudre un problème"
remise en début d'année scolaire.

Production

Rédiger une synthèse du travail donnant la démarche et les réponses aux diverses questions.

Remettre cette synthèse au professeur à la fin de la séance.

Annexe C

Item 1

Pour représenter la fonction f déterminée par

$$f(x) = \frac{1}{4x^2 - 1} \text{ pour } x > \frac{1}{2}$$

on a utilisé une table traçante connectée à un ordinateur.

On a choisi de représenter f pour $0,51 \leq x \leq 5,51$.

Le graphique est inscrit dans le carré fourni dans l'épreuve de côté 10 cm qui correspond à $0,51 \leq x \leq 5,51$ et $0 \leq y \leq 25$.

Calculer $f(5)$:

Item 10

Soit la fonction

$$\begin{cases} f \\ E \rightarrow \mathcal{R} \\ x \rightarrow f(x) = 1 - \frac{1+x}{1-x} \\ E = \mathcal{R} - \{1\} \end{cases}$$

Calculer $f(-0,01)$.

Item 11

On considère la fonction

$$g: \begin{cases} E \xrightarrow{g} \mathcal{R} \\ x \rightarrow g(x) = 120x - 4\sqrt{x} - \sqrt{1-x} - 40 \\ E = [0; 1] \end{cases}$$

Parmi les nombres de l'ensemble A en est-il qui ont pour image par g le nombre 0 ?

$$A = \left\{ -b; -\frac{9}{19}; 0; \frac{25}{169}; \frac{1}{4}; \frac{5}{16}; \frac{9}{25}; \frac{1}{2}; \right\}$$

Indiquer la réponse.

Item 13

Soit f l'application de \mathcal{R}^+ dans \mathcal{R} définie par $f(x) = x^2 + 1$.

Pour obtenir une image f(x) supérieure à 1000, suffit il de prendre : $x \geq 10$? Cocher oui ou non.

Item 16

Justifier la réponse de l'item 13 précédent.

Item 20

On considère la fonction

$$h \begin{cases} E \xrightarrow{f} \mathcal{R} \\ x \rightarrow h(x) = \frac{1}{3}x^3 \\ E = [-3; 3] \end{cases}$$

Dans le plan muni d'un repère orthonormé

$(O, \overrightarrow{OI}, \overrightarrow{OJ})$ (unité $OI = OJ = 1\text{cm}$),

construire la représentation graphique (\mathcal{C}) de h.

Item 28

Dans le plan donné à l'item 20, le point K a une ordonnée qui vaut $8/3$.

Que vaut son abscisse ?