L'ÉVALUATION ET LES THÉORIES DE L'APPRENTISSAGE EN SITUATIONS SCOLAIRES

1. Tendances actuelles de l'évaluation en France.

1.1 Différences

Face à l'évaluation et aux théories de l'apprentissage, les tendances se différencient suivant la position institutionnelle des organismes qui les présentent.

1.1.1

L'administration une tendance évaluative avec le but de décider des directives et des programmes, de les transmettre et d'en contrôler l'application. Au primaire, les nouveaux programmes ont pour distingué la première fois des objectifs opérationalisés) et des instructions (inspirées d'expériences préalables de l'I.N.R.P et de l'I.R.E.M Dans le secondaire, les nouveaux programmes ne comportent pas de dispositions évaluatives.

1.1.2

A l'égard des élèves, les professeurs ont une position semblable à celle de l'évaluation, mais ils doivent de plus trouver les solutions pour pallier les insuffisances de leurs élèves relevées actuellement par l'évaluation classique, c'est à dire en terme de savoir".

D'une façon très générale, les professeurs sont intéressés à réfléchir sur leurs objectifs, il existe des groupes d'étude et de recherche sur la pédagogie par objectifs (G.R.E.P.P.O, G.E.D.E.O.P etc.) qui font des études intéressantes [1]. Les professeurs espèrent ainsi à la fois améliorer leur enseignement et préciser leur contrat avec l'administration et les parents. Cependant, les résultats obtenus par les élèves ne paraissent pas sensiblement meilleurs que ceux que l'on obtenait avec les anciennes méthodes d'évaluation. Les améliorations proposées :

- choix des objectifs avec l'élève,
- création personnelle des épreuves,
- traitements statistiques par le professeur, demandent toutes un très gros travail sans rapport avec les améliorations espérées. Cette opinion est assez répandue chez les professeurs.

1.1.3

Les scientifiques qui collaborent avec les enseignants dans les I.R.E.M par exemple, donnent des informations ponctuelles scientifiques dans leur spécialité : mathématique, psychologie, pédagogie, etc. mais l'utilisation didactique de ces informations garantie par le contrôle d'une connaissance pas scientifique de cette didactique. C'est pourquoi ils ne désirent statut scientifique ce qu'ils donner un disent professeurs à propos de didactique. Ils pensent de plus que l'évaluation des résultats et la pédagogie par objectifs ne permettent pas de faire des économies sur la formation mathématique des professeurs.

1.1.4

Les chercheurs scientifiques qui observent et analysent les faits didactiques (dans les I.R.E.M au C.N.R.S ou à l'U.E.R de didactique de PARIS VII) sans aucune intention de déterminer à court terme ce que doivent faire les maîtres, estiment que les taxi nomies d'objectifs peuvent être utiles pour l'administration, mais ne sont pas une bonne approche pour l'analyse scientifique de l'enseignement.

1.2 Orientation des recherches

Les travaux actuels de ces chercheurs sont orientés dans les directions suivantes :

1.2.1

Organiser un modèle de comportement relatif à un concept des réponses des élèves.

De cette manière, on substitue la décomposition formelle des résultats des élèves sur les objectifs du maître (suivant une taxonomie ad hoc) une description intrinsèque adaptée à l'analyse scientifique du fonctionnement didactique du concept. En particulier, on rompt avec la référence à des termes généraux qui ne permettent pas une bonne description des situations et des comportements comme par exemple "compréhension" (absolue).

1.2.2

Etudier les Conditions d'existence et de stabilité de ces modèles, conditions relatives ou interactions entre élève, système éducatif et milieu spécifique des concepts :

- soit directement par des observations des classes (I.R.E.M de BORDEAUX, PARIS SUD,, ORLEANS,. Institut de Psychologie de GENEVE) ou par des questionnaires (I.R.E.M de STRASBOURG et RENNES).
- soit indirectement avec des études d'épistémologie (I.R.E.M de MARSEILLE)
- et souvent en conjuguant les deux méthodes.

Des recherches sont également faites pour essayer de percevoir les interactions de l'imaginaire entre des phénomènes d'apprentissages (IREM de REIMS : J. Nimier)

2. Tendances actuelles des théories de l'apprentissage scolaire.

2.1 Etudes de Didactique

Nous venons de voir qu'en France, l'évaluation restait reliée avec l'étude de la théorie des situations et des apprentissages scolaires. Ces études, dites de didactique, se développent de manière assez convergentes dans les directions suivantes

2.2. Etude et utilisation de phénomènes sociaux dans la classe :

- situations de communication dans lesquelles se construisent des langages et des formalisations
- situations de débat et de validation expli

cites (BORDEAUX : BROUSSEAU 2; GENEVE : PERRET-CLERMQNT [3]

2.3. Types de modèles

Distinguer des types de modèles (qu'utilise l'élève) relatifs à un même concept conduit par conséquent à distinguer différents types de situations didactiques

- a) Les représentations ou « modèles implicites » sont construits dans les situations d'action
- b) Les formulations et les langages sont construits dans les situations de communication
- c) Les modèles explicitables et les connaissances théoriques sont construites dans les situations de débat.

2.4. Etude et utilisation de situations plus ouvertes

L'emploi de situations plus ouvertes est à l'étude. Ce sont des situations où la proportion de réussite à court terme est moindre mais où les savoirs plutôt que d'être récités sont mis en œuvre en même temps qu'ils sont appris (COLMEZ, DOUADY, BROUSSEAU) [4], Par exemple, quand 80 % des élèves peuvent donner presque immédiatement la réponse à une question, les 20 % qui restent ne peuvent faire autre chose qu'apprendre bien vite et sans réflexion ce qu'ils "devraient savoir". Si les proportions sont inversées, l'appropriation peut de venir le projet de tous.

2.3. Processus d'apprentissages pour l'enseignement

L'étude et la création de processus où l'apprentissage est provoqué par l'évolution de situations bien choisies, sous l'action des élèves eux-mêmes (processus dialectiques)ont été entreprises.

Ainsi que l'étude et la classification des obstacles (épistémologiques, didactiques, etc.)

2.6 Analyse de ces processus ou/et de leurs résultats.

2.6.1

L'Analyse de la complexité psychogénétique des problèmes et des comportements relatifs à un concept en terme d'invariants de calculs opératoires et de structures, (VERGNAUD [5]), par exemple

a montré que les problèmes additifs peuvent être hiérarchisés suivant une complexité définie par la présence d'états, de transformations, de compositions de transformations, etc. Cette hiérarchie explique l'ordre des acquisitions (avant et aussi après la réforme) et elle peut être décrite par référence à une axiomatique mathématique actuelle.

2.6.2

L'Analyse de la complexité didactique en termes de structure et de variables informationnelles (voir § 4) tend à expliquer l'apparition des comportements par des considérations sur le coût mental. Ceci permet d'utiliser les variables de commande pour provoquer les apprentissages comme adaptation à une situation. BROUSSEAU [6].

2.6.3.

L'analyse épistémologique (et historique) d'un concept mathématique avec les mêmes théories utilisées pour l'étude des situations didactiques dans le but de permettre la réalisation avec les élèves d'une meilleure épistémologie artificielle (ou expérimentale) (IREM de MARSEILLE : CHEVALLARD) (IREM d'ORLEANS : A.ROUCHIER).

2.7. Etude des comportements spécifiques

L'étude chez les étudiants des comportements spécifiques de diverses notions et concepts mathématiques a été entreprise grâce à des méthodes statistiques

- * nouvelles :
- questionnaires à modalités (STRASBOURG : F. PLUVINAGE)[71
- graphes de démonstration (GRENOBLE N. BALACHEFF)[8]
 - * ou classiques :
 - études cliniques (PARIS VII : J. ADDA) [9]
- étude de taxonomies par l'analyse factorielle des correspondances (IREM de RENNES : R. GRAS [101)

3. Interaction entre évaluation et apprentissage dans l'enseignement des mathématiques.

3.0

Nous ne pouvons pas éviter l'évaluation institutionnelle des résultats de l'éducation. Mais pour que celle-ci puisse rendre les services qu'on en attend, il est indispensable en même temps d'approfondir notre connaissance scientifique des situations d'apprentissage scolaire et de développer des techniques d'enseignement nouvelles et mieux appro priées au contenu.

3.1

Dans des situations de problèmes le fonctionnement "naturel" de la pensée conduit assez souvent les élèves à former des représentations ou des modèles faux. Pourtant ce fonctionnement spontané est souhaitable.

3.2

Il est d'autant plus difficile de leur faire rejeter ces conceptions fausses qu'elles sont plus complexes, plus anciennes, et que les situations d'apprentissage utilisées sont plus fermées, plus orientées vers l'assimilation et le conditionnement.

3.3

Pour éviter ces difficultés et la recherche de situations adéquates spécifiques du contenu, les didacticiens et les maîtres doivent renoncer à ce que l'apprentissage comporte des phases d'accommodation, et soit le résultat du fonctionnement des concepts.

3.4.

Le choix de situations fermées, d'assimilation ou d'application, les conduit à rechercher l'économie dans une rationalisation ou une axiomatisation qui assure la compatibilité des connaissances acquises, mais qui souvent dans ce cas s'oppose à leur fonctionnement véritable.

3.5

Ainsi, beaucoup d'enfants et ensuite de professeurs n'acquièrent qu'une fausse pratique du savoir, traité comme un catalogue d'algorithmes à stocker en mémoire. Ils deviennent incapables de résoudre des problèmes nouveaux, même en technologie et ignorent la pratique de la pensée scientifique.

Un tel enseignement renforce le partage de notre société en deux groupes incapables de communiquer ente eux. Le plus grand

nombre participe à la culture « mosaïque où les savoirs créés par d'autres servent à tout sauf à contrôler et à créer de nouveaux savoirs. Ces faits posent à l'éducation un ensemble de défis. Ils sont étudiés en différents endroits dans le monde. Il est fait plus spécialement et dans cet exposé de travaux se déroulant en France, en Suisse et au Royaume Uni. C'est en mathématiques que les problèmes se posent de la façon la plus claie et la plus pressante.

3.6

L'évaluation seule ne permet pas de corriger les phénomènes rapportés plus haut et parfois elle les accentue. Cela ressort des études cliniques menées en plusieurs endroits sur l'intégration de l'évaluation dans la pratique des maîtres

- i) L'évaluation permet à certains maîtres de pallier, en partie, aux insuffisances les plus évidentes de son enseignement
- ii) Elle les conduit ensuite à une diversification et à une multiplication des objectifs intermédiaires, donc à recourir à des situations fermées visant des apprentissages à court terme, avec pour corollaire l'effet de rationalisation.
- iii) Enfin tôt ou tard l'évaluation se limite à certains objectifs convenus les maîtres les visent par dés apprentissages d'algorithmes et de savoirs non fonctionnant. L'économie conduit à céder sur les exigences relatives à la compréhension.

3.7

Pour combattre ou corriger ce processus, il est nécessaire de proposer aux professeurs de nouveaux types de situations didactiques plus ouvertes et plus sûres, spécifiques des concepts visés et qui en provoquent une authentique genèse par les interactions avec le milieu qu'elles permettent. Un certain nombre d'Instituts de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) sont occupés à cette tâche. Le renouvellement des situations didactiques de cette sorte est indispensable car on a constaté des phénomènes d'obsolescence lors de leur emploi répété par un même professeur.

En conclusion l'évaluation intégrée et la pédagogie par objectifs ne suffiront pas à un système éducatif pour gérer l'enseignement d'un savoir comme les mathématiques. Il faudra la compléter par des systèmes

- d'évaluation indépendants de l'organisation administrative de l'éducation
- d'analyse théorique des situations didactiques, c'est-à-dire des interactions entre le système éducatif, les élèves et le milieu ambiant qui sont spécifiques des connaissances mathématiques
- de production de situations didactiques qui permettent la genèse des concepts par les étudiants.

Ces systèmes existent en France ce sont les I.R.E.M.

4. ELEMENTS DE PREUVES

4.1 Modèles faux

4.1.1 Dans une thèse récente ,Laurence VIENNOT [11] a étudié le raisonnement spontané des étudiants et des enfants en dynamique élémentaire. Elle a montré :

que dans les situations susceptibles de faire intervenir une relation causale entre force et mouvement, le raisonnement spontané conduit à des relations fausses comme

.que malgré l'enseignement du modèle scientifique le modèle faux subsistait très longtemps.

.Elle a montré que, bien que formellement contradictoires, les deux modèles étaient utilisés en même temps par des étudiants, le premier dans les, problèmes qualitatifs, le second dans les problèmes quantitatifs. Ce fait tendrait à mon trer que les théories physiques enseignées aux étudiants sont utilisées par eux comme des algorithmes sans être associées à une conceptualisation correcte.

Nous reviendrons plus loin sur les conclusions que L. VIENNOT tire de ses observations. Cette propension des élèves à construire des représentations fausses n'est pas un fait isolé et E. SALTIEL [121 a fait des observations semblables à propos des changements de coordonnées galiléens (les élèves croient que la vitesse ou que la trajectoire sont des propriétés intrinsèques du mobile).

4.1.2 L'apparition de modèles spontanés et faux est un fait bien connu aussi en mathématiques. Pour pouvoir illustrer les rapports de ces raisonnements avec l'apprentissage, je vais emprunter un exemple à PLUVINAGE-DUVAL et BUISSON [13] qui ont étudié ce phénomène sous le nom de sous-compréhension.

A des questions du genre

a ... {b, a, c}

 $\{a,b\}...\{a, p, m.\}$ où on attend un symbole ensembliste tel que \in , ou \notin ou \subset etc.

certains élèves de 11 à 12 ans répondent en utilisant l'algorithme représenté par le graphe suivant (fig. 1)

Y a t-il des accolades des deux côtés ?	ce qui est à gauche figure-t-il à droite?	réponse
Oui	oui	
	Non	⊄
non	Oui	€
	non	∉

Figure 1

Evidemment si on pose à ces enfants des questions comprenant des accolades superposées ou des ensembles infinis, ou des égalités avec de multiples désignations, ils échouent.

4. 1. 3 Remarques : Pour identifier ce genre de modèles eaux

il est nécessaire de compléter l'évaluation des réussites et des échecs des élèves (par rapport à une liste d'objectifs) par l'analyse des réponses elles mêmes et leur interprétation en termes de représentations de l'élève. Cette tâche relève d'un point de vue et de techniques en pleines évolutions et assez différentes de l'évaluation classique. Elle implique entre autres que l'on distingue

- les erreurs qui dénotent des comportements erratiques associés à une insuffisante fiabilité des algorithmes et de 1'élève

et les erreurs liées entre elles en un modèle générateur.

L'étude de ces modèles spontanés qui diffèrent de ceux que l'on veut enseigner se poursuit en France (IREM de Strasbourg, Bordeaux, Orléans, Rennes, Marseille, Paris Sud etc. U.E.R de Didactique des Disciplines de Paris VII) et au Royaume-Uni.

(A.BELL [14], ORTON, M.BROWN au Chelsea Collège)

4.2

4.2.0

L'intérêt pour ces comportements erronés spontanés vient de ce qu'il ne suffit pas d'enseigner le modèle vrai pour qu'ils disparaissent. De plus, ils jouent un rôle important dans le comportement didactique des maîtres. Ils apparaissent et se reproduisent régulièrement. On peut donc penser qu'ils l'indice d'un fonctionnement aberrant des connaissances élèves et / ou d'un mauvais déroulement de l'apprentissage. Les professeurs les traitent comme tel en tout cas.

4.2.1

Or, les travaux de Piaget et ceux de Bachelard ont mis évidence que l'existence d'étapes dans le développement de la pensée, d'approches erronées d'une démarche correcte sont non seulement inévitables mais nécessaires. Même si des conquêtes provisoirement efficaces se révèlent par la suite être un obstacle au développement d'un concept, certains de ces obstacles sont constitutifs de la connaissance.

Bien sûr, l'enseignement se préoccupe de phénomènes plus locaux que les grandes étapes de l'épistémologie (génétique ou générale) et toutes les erreurs ne sont pas fécondes ni utiles.

Cependant, ces travaux conduisent à considérer les modèles faux comme des réactions "raisonnables" des élèves aux conditions de leurs rapports avec leur milieu. Il faut les comprendre et les étudier avant d'arrêter une stratégie didactique.

L'attitude qui consiste pour l'enfant à forger des modèles efficaces pour les situations qu'il a rencontrées et qu'il pense retrouver est une expression fondamentale de la pensée. Elle se développera inévitablement dès le moment où l'on proposera des problèmes à l'enfant.

4.2.2

On a tenté de représenter cette tendance par l'indice d'intérêt d'un modèle tel que (H \Rightarrow C) dans une situation didactique définie par la formule

$$I(H \Rightarrow C) = f(H \Rightarrow C) \cdot f(H) \cdot (1 - f(C))$$

où I (H \Rightarrow C) représente l'intérêt du modèle (H \Rightarrow c) (Tous les "modèles" peuvent se mettre sous cette forme)

f(x) représente la fréquence avec laquelle un sujet n rencontré, dans cette situation didactique, des cas vérifiant, (réalisant) la propriété x.

Cet indice n'est probablement pas réaliste mais il indique bien quel genre de rapports d'équilibre s'établissent entre l'ensemble des situations didactiques qu'a rencontré un enfant et les raisonnements spontanés.

Ainsi, dans l'exemple rapporté plus haut, la stratégie observée permet aux élèves de répondre correctement à plus de 80% des exercices que proposent les ouvrages de leur niveau (1 année secondaire)

Elle correspond à une adaptation personnelle.] et économique des élèves aux problèmes qui leur sont proposés.

4.2.3

Pour la commodité de l'exposé, nous allons distinguer dans le modèle qu'utilise un élève, l'algorithme de résolution — représenté ici par un arbre — et les conceptions développées pour sa mise en œuvre.

— les critères de choix par exemple — (Verquaud parle de calcul relationnel et d'invariants). A en arbre faux correspond souvent une conception fausse.

4.3 Evolution des modèles au cours d'un apprentissage.

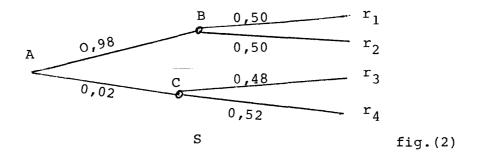
4.3.0

Globalement les modèles de l'enfant se complexifient. Par exemple, G. Vergnaud a montré comment l'enfant maîtrise progressivement en 5 ans les problèmes additifs. De nombreux autres travaux en France concernent l'évolution des connaissances de l'élève au cours d'apprentissages divers, provoqués et guidés ou non, certains étudient plus précisément le caractère et le rôle des obstacles.

Il semble que l'organisation et la croissance des modèles e élève tende à obéir aux lois d'économie informationnelle.

4.3.1

Prenons par exemple un modèle organisé selon le schéma S deux critères doivent être appliqués successivement : A, puis B. Supposons qu'il existe une dépendance logique qui fasse que B ne peut être décidé que si la réponse à A est connue, et que les fréquences de présentation des cas soient celles qui sont indiquées sur la figure (2)



L'information apportée par l'application du critère A est faible, aussi son apprentissage risque de mal se faire. (L'intérêt 1(A) est faible). Il est plus économique de construire S1, avec un critère B1 différent de B mais voisin, qui fonctionnera sans référence à A et qui donnera la bonne réponse par exemple dans 95 % des cas

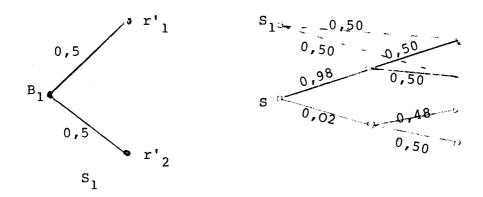
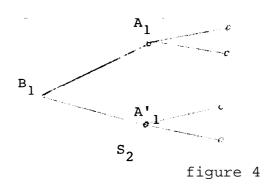


figure 3

- 4.3.2 Lorsque la "connaissance" S_1 se révèlera insuffisante et inadaptée parce que le "coût" des erreurs qu'elle provoque deviendra inacceptable. Par exemple, l'élève et le maître auront le choix entre deux attitudes :
- * la première consiste à remodeler complètement S_1 , à le rejeter, pour construire S et à remplacer B1 par B. Cette modification profonde des concepts qui contrôlent les décisions est comparable à ce que Piaget appelle une accommodation, une modification profonde des schèmes du sujet pour s'adapter au milieu.
- * l'autre solution consiste à conserver B1 comme une sorte de règle, mais à lui adjoindre des exceptions et des conditions supplémentaires A1 et A'1 correspondant à A:S2



Cette solution peut se comparer à ce que Piaget appelle assimilation, c'est-à-dire interprétation d'une situation nouvelle avec un schème déjà acquis, bien qu'ici aussi il y ait une modification des schèmes du sujet.

4.3.3 Dès que les modèles sont assez anciens et assez

.1...

complexes "l'accommodation" devient beau coup plus coûteuse (à court terme), difficile, délicate à provoquer et à conduire par le maître que "L'assimilation". Cette assertion est facile à vérifier.

On trouve des situations comparables dans l'histoire des sciences : l'astronomie de Ptolémée résiste et échappe à la falsification jusqu'à Copernic par l'adjonction au système fondamental géocentrique auquel on ne peut pas renoncer d'une foule d'hypothèses accessoires : excentriques et épicycles. Il était plus "simple" de compliquer une théorie que d'en inventer une nouvelle [15]

4.4 Conséquences pédagogiques.

4.4.0

Cette difficulté à trouver des situations qui permettent de remplacer facilement une conception fausse par une vraie (dès que cette conception est complexe), a plusieurs conséquences didactiques importantes et qui toutes viennent de ce que les maîtres cherchent à éviter l'apparition de ces modèles faux dans le champ de leurs activités.

4.4.1

Les maîtres essaient d'abord d'enseigner directement le modèle "vrai" aux élèves

- a) soit en enseignant précocement des algorithmes complexes tout faits, lorsque c'est possible; "précocement" veut dire "avant que puissent être présentées aux enfants des situations qui leur permettraient de construire l'algorithme comme résultat d'une authentique mathématisation" Tout ce qu'il reste à faire à l'enfant c'est d'appliquer l'algorithme lorsque certains indices exogènes l'indiquent.
- b) Soit l'enseignant découpe la connaissance en informations locales qui seront les parties du modèle enseigné. L'ordre dans lequel ces informations sont fournies permet d'organiser de l'extérieur le modèle qu'utilisera l'élève et prend donc une grande importance.

Dans les deux cas, il semble que le maître ait pu ramener l'appropriation de la connaissance à des acquisitions de savoirs qui peuvent se concevoir dans des situations d'apprentissage

fermées, voire du conditionnement.

4.4.2

Les enfants développent mieux leurs modèles personnels dans des situations motivantes mais ouvertes. Les risques d'apparition des modèles faux y sont donc plus grands que dans les situations fermées. Pour éviter l'apparition des modèles faux, les maîtres renoncent aux situations ouvertes.

4.4.3

Il n'est pas encore possible de distinguer, à l'aide des évaluations classiques, des connaissances acquises par une suite organisée d'assimilations ou même de conditionnements de celles qui sont acquises par une genèse authentique des concepts. Au contraire, le recours à la définition locale des objectifs tend à calquer l'évaluation sur le découpage de l'enseignement donc sur celui de la connaissance en savoirs particuliers. Et par conséquent, cette attitude renforce à son tour le découpage en situations fermées. Je ne connais pas de résultats convaincants relatifs à l'influence d'aménagements didactiques quelconques sur les résultats présentés dans les taxinomies d'objectifs, autres que les acquisitions de savoirs.

4. 5. Conséquences didactiques.

4.5.1

L'habitude d'utiliser des situations didactiques fermées pose pourtant des problèmes. Pour enseigner comment appliquer un algorithme les maîtres cherchent à "algorithmiser" son emploi, c'est-à-dire à fournir des méthodes, des heuristiques, qui sont enseignées comme si elles faisaient partie des mathématiques. Pour justifier les deux méthodes du § 4.4.1 a et b, les professeurs sont ainsi conduits à concevoir l'ensemble des mathématiques comme un énorme algorithme unique.

Le travail essentiel du didacticien consistant, dans cette conception, à trouver une organisation totale de la connaissance.

4.5.2

C'est ainsi que les promoteurs de la réforme des années 60 dite des mathématiques modernes ont vu — souvent contre leur gré — les professeurs utiliser les axiomatiques modernes des mathématiques comme des programmes d'enseignement, comme principe organisateur et unificateur. La plupart d'entre eux souhaitaient fournir un

instrument qui permette de combattre l'apprentissage aveugle des algorithmes mais leur projet a été retourné et par l'effet de b) a renforcé le recours au conditionnement.

C'est en ce sens seulement que la "réforme a échoué" par rapport: à ses objectifs, et à cause des insuffisances de nos connaissances en didactique des mathématiques. Un retour aux méthodes anciennes ne résoudrait rien.

4.5.3

Les automatismes tels que a), enseignés de cette façon ne satisfont jamais aux lois d'économie dont nous parlions plus haut — car les savoirs supposés connus sont toujours beaucoup plus sophistiqués que les problèmes effectivement résolus ne le supposeraient. Il s'agit toujours de passer d'un algorithme général — donc complexe — à une utilisation particulière.

Inversement, les savoirs appris selon la méthode b) ne sont presque jamais suffisamment organisés en modèles pour fournir des représentations efficaces.

Les enseignants oscillent perpétuellement entre les excès 1 et les excès b. Ils croient résoudre les problèmes posés par l'un en accentuant l'autre. Mais ils conjuguent cours et problèmes sans que jamais s'instaure entre eux une véritable dialectique scientifique.

4.5.4

M.H SALIN [16] a pu observer ces phénomènes. Dans l'exemple relatif à l'inclusion et l'appartenance on fait l'expérience qui consiste à proposer aux professeurs des classes visées, d'introduire des exercices de contrôle faisant appel à des "exceptions" accolades superposées... etc. On observe que ces professeurs prévoient que les enfants feront beaucoup d'erreurs. Et ceci, bien que nous nous soyons assurés que le cours avait été correct (c'est à dire visait une "compréhension" et non un modèle faux) . On propose alors d'adjoindre aux exercices ordinaires des exercices de ce type, les professeurs montrent alors une certaine retenue, puis refusent "d'augmenter leurs cours". Ce fait montre que les maîtres avaient implicitement accepté, admis dans contrat didactique qu' une partie de leurs élèves fonctionneraient avec le modèle faux. Ils reçoivent d'ailleurs comme légitimes les protestations de ces élèves (on n'a pas fait d'exercices de ce genre). Ainsi les maîtres ont un double discours sur les situations proposées, un discours théorique et mathématique, qui est une manifestations correcte du savoir actuel et un discours

didactique basé sur la correction des modèles spontanés développés par les élèves dans des situations fermées.

4.5.5

En conclusion, les élèves construisent tout de même des modèles faux mais surtout n'ont, à aucun moment, une activité scientifique réelle. La plupart du temps, les savoirs appris hors de tout fonctionne ment, ne fonctionnent pas et la plupart ne sont même pas appris. Le rendement éducatif reste faible. Ces faits sont bien connus depuis longtemps. Comment se fait—il qu'on ne sache pas bien y remédier ?

4. 6 Inadéquation de l'évaluation à la correction de certains processus didactiques.

4.6.1

Il ne suffit pas de signaler au maître que des modèles faux subsistent chez ses élèves pour qu'il puisse les faire disparaître. Nous venons de voir qu'il faisait tout ce qui était en son pouvoir pour les éviter, mais que le fonctionnement spontané de la pensée des enfants en produisait toujours. Dans ces conditions, que peut produire une évaluation ? peut—elle débloquer le système ?

4.6.2

Pour répondre à cette question nous allons revenir aux travaux de L. Viennot et de E. Saltiel en didactique de la physique. Elles ont observé que les professeurs connaissent les erreurs qu'elles signa-. lent. Mais leur stratégie didactique consiste en ceci chaque fois que les élèves ne savent pas résoudre un problèmeoù distinguer "la mise en équations" le maître lui explique la situation par référence avec ce "qui se voit", c'est-à-dire en s'appuyant sur un raisonnement spontané. Le professeur sait exactement, grâce à sa représentation scientifique, quels sont aux modèles spontanés qui sont corrects emprunts justifiés. Ilécarte les autres. Ilrenforce le ainsi raisonnement spontané supposé être accord en avec le modèle scientifique. Mais l'étudiant continue à n'avoir aucun moyen de distinguer les cas où l'algorithme s'applique de ceux où il ne s'applique pas. Il continue à échouer sans savoir pourquoi puisque c'est le raisonnement spontané qui contrôle l'emploi de l'algorithme et que ce raisonnement n'a jamais fait l'objet d'un procès scientifique.

Plus l'élève échoue, plus le maître explique et plus le phénomène s'accuse. Plus l'étudiant cherche à algorithmiser ses modèles, moins il accomplit un travail scientifique et plus il échoue.

4.6.3

Des processus de ce genre expliquent la stabilité des connaissances fausses ou des apprentissages inadéquats. Les comportements des maîtres constituent des réponses optimales, dans leur système actuel d'analyse, aux situations qu'ils rencontrent. Elles sont rarement le fruit de leur ignorance des résultats de leur enseignement. On voit par l'exemple ci—dessus qu'il n'aurait pas suffi d'évaluer les résultats relatifs aux objectifs des maîtres pour obtenir les corrections cherchées.

4.7 La Didactique des Mathématiques en France.

4.7.1

Des phénomènes comme ceux que nous venons de rapporter constituent un champ scientifique nouveau que nous appelons en France "Didactique des Mathématiques" en donnant à ce mot un sens un peu original.

4.7.2

Comme on le voit, il s'agit de prendre comme objet d'étude l'ensemble des interactions entre le système éducatif, l'élève et le milieu et qui sont spécifiques d'une connaissance donnée. Nous espérons que ces recherches continueront à fournir des situations didactiques utilisables par les maîtres, qui satisfassent aux conditions d'une genèse véritable des concepts enseignés. La difficulté de communiquer ces situations aux maîtres, et plus généralement d'agir sur le système éducatif, est masquée par l'illusion administrative.

4.7.3

L'étude de la didactique est pourtant d'autant plus nécessaire que se répand davantage, chez les responsables des systèmes éducatifs, la référence à un modèle "industriel" de l'éducation.

Dans cette conception, l'enseignement consisterait à distribuer les savoirs constitués comme des produits. Il suffirait d'en contrôler la consommation et le stockage.

.1...

4.7.4

Ce que nous avons dit ci—dessus permet pourtant de prévoir que cette conception se révèlera aussi inadéquate, même si, compromise dans l'illusion administrative, l'administration se refuse à le reconnaître. Il faut préparer ce moment—là par des recherches appropriées comme celles qui ont lieu actuellement dans les I.R.E.M que j'ai cités.

4.7.5

En attendant, il faudrait essayer d'enrayer l'aggravation des différences dans la pratique du savoir entre les élèves selon les milieux ou les pays.

En France, Lautrey [17]a montré qu'une cause importante des différences de réussites scolaires entre les enfants tenait à des différences de rigidité mentales, dues elles—mêmes à des manières différentes de pratiquer "la règle" dans les rapports familiaux.

Les implications didactiques de ces résultats sont importantes ; les professeurs de mathématiques sont directement concernés par la pratique et l'appropriation des "règles". La possibilité de les poser, de les respecter, de les contester, de les changer... doit s'apprendre d'abord en mathématique, car ces modifications et ce jeu n'y dépendent que de l'enfant lui—même. C'est par la pratique des savoirs plus que par les quantités de connaissances que les sociétés et les personnes diffèrent entre elles et peuvent traduire ces différences en rapports de force.

Campinas - février 1979

BROUSSEAU Guy Maître—Assistant Université de BORDEAUX-I