courrier des lecteurs

la didactique peut-elle casser des briques ? (1)

par André Cauty
Université de Nantes

Quelques illustrations du fait que les résultats théoriques obtenus en didactique des mathématiques interpellent les acteurs de l'éducation, les conduisant à voir d'un autre œil et à modifier — parfois profondément — leurs pratiques enseignantes.

0.1. La question posée par Serge Pouts-Lajus n'est pas sans intérêt. Malgré son allure provocante, elle repose tout le problème de la nécessaire articulation de la didactique, en tant que théorie, et de la pédagogie, en tant que pratique. Cette question — qui n'est d'ailleurs pas nouvelle — ne laisse pas indifférents les didacticiens. Les travaux consacrés à l'ingénierie didactique et présentés à la deuxième école d'été de didactique des mathématiques (Olivet, juillet 1983) sont là pour en témoigner.

(1) Reprise du titre d'un article de S. Pouts-Lajus, paru dans le Bulletin n° 338, avril 1983.

0.2. Je ne pense pas que le Bulletin de l'A.P.M.E.P. soit le lieu idéal pour développer dans toute leur ampleur les réponses à une question d'une telle complexité. Je ne verserai donc au dossier qu'un simple témoignage. Un témoignage, pour prendre acte du fait que le didacticien-enseignant réussit (souvent) à articuler les éléments des théories qu'il développe et les moments de son activité enseignante.

0.3. Je me propose donc : a) de présenter quelques résultats théoriques que j'ai pu obtenir en tant que didacticien et b) d'illustrer par quelques exemples comment ces résultats me contraignent à modifier mes façons d'enseigner (que ce soit aux élèves, aux étudiants ou aux futurs enseignants (2).

0.4. Pour éviter toute équivoque, il convient que je précise que je connais trop superficiellement la didactique expérimentale dont parlait l'auteur de *La didactique peut-elle casser des briques ?*. En conséquence, mon témoignage n'engage que moi et ne doit pas être interprété comme une réponse à cet article et à ses prises de position vis-à-vis de la didactique expérimentale. Je me place personnellement dans un courant de didactique théorique et mes efforts visent à *construire des théories explicatives des faits que l'on peut observer dans l'économie du système didactique : le triplet (maître, élève, savoir).*

0.5. Mon travail de recherche s'appuie sur une science humaine, la linguistique, voire l'ethnolinguistique, à laquelle j'emprunte de nombreux concepts et de nombreuses méthodes. Je rappelle ici simplement que l'objet de la linguistique est *l'étude du langage appréhendé à travers la diversité des langues naturelles*. Il s'agit donc d'un objet abstrait (le langage). Il est construit de manière telle que les langues naturelles soient en quelque sorte une actualisation empirique et observable du langage. Cet objet abstrait n'est pas plus donné au linguiste (ni au didacticien, ni au pédagogue, ni à quiconque) que l'atome n'est donné au physicien ou le code génétique au biologiste. Le linguiste part de textes formulés dans des langues naturelles ; il met en place des protocoles d'observation et de manipulation de ce qui a été défini comme observable ; il construit des représentations permettant de noter les invariants dégagés par l'observation et la manipulation des observables ; il cherche à valider en retournant aux textes et aux langues ; et il tente encore d'évaluer la pertinence des systèmes de représentations ainsi élaborés.

(2) Je suis mathématicien et linguiste, et les hasards de l'existence m'ont conduit à enseigner : dans le supérieur, dans un C.P.R., dans des lycées (Seconde, Première, Terminale), dans des centres de formation pédagogique. Actuellement, je suis assistant associé.

0.6. L'originalité de mes recherches consiste en ce que les textes dont je pars sont des textes écrits par des mathématiciens pour représenter un "état de choses mathématiques".

0.7. Comme toutes les langues naturelles, les "langues mathématiques" sont des *systèmes de représentations, composés de signes, utilisés par des usagers qui visent à construire et échanger des représentations analogues.* L'originalité des mathématiques est d'avoir développé des langues spécialisées, adaptées aux problèmes qu'elles se proposent de traiter. C'est ce que nous appelons l'*écriture symbolique*. Les énoncés de l'écriture symbolique sont des *formules*, c'est-à-dire des chaînes structurées de *symboles* ; un peu comme les "phrases" sont des chaînes structurées de "mots". Ces chaînes sont structurées, en ce sens que les unités qui se suivent doivent appartenir à des catégories grammaticales précises, respecter une sorte de modèle. En français, par exemple, on pourra faire suivre un substantif, un verbe, un autre substantif : "Tarzan aime Jane". En mathématiques, on pourra écrire la formule "$a \in E$".

0.8. De même que les analyses physico-chimiques ont défini des particules fondamentales, la linguistique a permis de déterminer un objet théorique fondamental. Cet objet, que je trouve fascinant, est le *signe linguistique*. Selon le linguiste B. POTTIER, "le signe, quelle que soit sa dimension, a toujours les mêmes constituants : signe = signifié + signifiant".

Le *signifiant* est le support (audible ou visible) qui véhicule l'information. Le *signifié* est la composante du signe qui constitue l'information communiquée. *Il est lui-même composé* d'une *substance spécifique* et d'une *forme générique*.

"La substance du signifié est constituée par des ensembles de traits sémantiques" et "La forme du signifié est caractérisée par des traits classificatoires qui sont la base des catégories".

Nous verrons plus loin (§ 2.1.) que la reconnaissance de la forme du signifié (opération relevant de la syntaxe) est indispensable à la compréhension d'un message. Et je suis personnellement convaincu que la prise de conscience de l'importance des phénomènes de syntaxe conduit à des modifications pédagogiques importantes.

Quoi qu'il en soit de l'importance de ce point, notons en résumé, la définition du signe :

Signe
Signifié — Signifiant
Substance — Forme

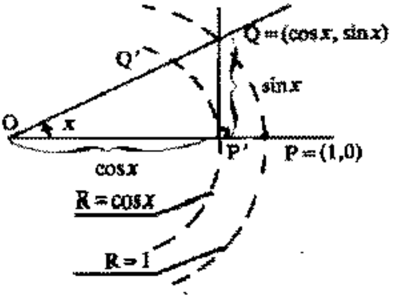
soit encore : $$Si = \frac{Sé \,/\, Sy}{Sa}.$$

0.9. Le lecteur comprendra que la plus grande partie de ce travail théorique n'intéresse pas directement le pédagogue. On peut bien dire que "la didactique ne casse pas de briques" ; ou — ce qui serait plus exact — constater que l'objet de la didactique n'est pas la pratique du pédagogue, ni celui de la pédagogie. Il n'est cependant pas possible d'en rester à ce constat. Il feint, en effet, d'oublier les rapports que la théorie et la pratique entretiennent : chacun sait qu'une découverte théorique peut donner lieu à des applications qui, elles, sont susceptibles de modifier les pratiques (la réciproque étant vraie).

0.10. Le premier constat du linguiste est que les "langues mathématiques utilisent beaucoup plus d'énoncés hétérogènes que les langues naturelles. (Celles-ci se défendent d'ailleurs contre ces invasions comme le montrent les campagnes contre le franglais). Un énoncé hétérogène est un énoncé qui exploite — de manière imbriquée — les ressources de plusieurs systèmes, de plusieurs "langues". Par exemple : des signes linguistiques — des "mots" — et des symboles mathématiques, ou encore : des "mots" et des "dessins" relevant d'un code graphique.

1.1. Ce premier résultat théorique relève de l'observation immédiate : les énoncés mathématiques sont généralement hétérogènes. Ce résultat, pourtant banal, peut avoir des conséquences sur la pratique de la classe (et bien plus importantes qu'il n'y paraît !). Il implique en effet qu'un énoncé hétérogène est tout aussi mathématique qu'un énoncé qui ne ferait appel qu'au seul formalisme des puristes. Prenons un exemple.

1.2. Les enseignants de première savent qu'on admet généralement, sans démonstration dans cette classe, que la limite de $\frac{\sin x}{x}$ est égale à 1 lorsque x, exprimé en radian, tend vers 0. La raison de cette attitude est peut-être due au fait que la démonstration est difficile à mettre en œuvre lorsqu'on s'impose arbitrairement de renoncer à la production d'énoncés hétérogènes parfaitement admissibles et largement attestés chez les mathématiciens professionnels. Pour l'enseignant de première, cela veut dire qu'il peut démontrer facilement la proposition précédente ; simplement en produisant un énoncé hétérogène qui intègre des éléments graphiques, des éléments de l'écriture symbolique des mathématiciens et des éléments de français standard. Voici quelques éléments de ce texte hétérogène :



$$\widehat{P'Q'} \leqslant P'Q \leqslant \widehat{PQ}$$

$$x \cos x \leqslant \sin x \leqslant x \qquad (1)$$

1.3. Dans cet énoncé, c'est la figure qui permet d'établir (de façon très économique) les inégalités (1). La démonstration en résulte car ces inégalités entraînent directement que le quotient $\frac{\sin x}{x}$ est compris entre 1 et $\cos x$.

2.1. Un résultat théorique plus important peut être formulé de la manière suivante :

La compréhension d'un signe ou d'un symbole (respectivement d'un énoncé) suppose la reconnaissance préalable de sa composante (respectivement sa structure) syntaxique.

2.2. La reconnaissance des structures syntaxiques est cependant souvent délicate car la grammaire est toujours mise en œuvre de manière implicite par les locuteurs d'une langue donnée. Un francophone, par exemple, ne confond pas les phrases "il lit un livre" et "il livre un lit", parce qu'il saisit (immédiatement ou non) le terme /lit/ (respectivement /livre/) comme un *verbe* après le *pronom* /il/, et le terme /livre/ (respectivement /lit/) comme un *substantif* après l'*article* /un/ ; c'est-à-dire parce qu'il reconnaît la structure syntaxique de ces phrases et les composantes syntaxiques des constituants de ces phrases. Mais il y a fort à parier que notre francophone aurait beaucoup de difficultés à rendre explicites les mécanismes de reconnaissance syntaxique qu'il a pourtant mis en œuvre pour accéder au sens de ces phrases.

2.3. Il est facile de montrer que l'élève qui apprend à parler "mathématiques" doit, lui aussi, s'approprier les mécanismes syntaxiques de cette discipline. La découverte et l'appropriation par l'élève de ces mécanismes sont d'autant plus difficiles et aléatoires que le professeur de mathématiques n'a jamais été formé à reconnaître la syntaxe des "langues mathématiques".

2.4. Bien plus, l'enseignant de mathématique n'a pas toujours conscience du fait que la syntaxe des écritures symboliques est complexe et non systématique. Par exemple, un même symbole renvoie — selon le contexte — à des opérations différentes (comparer : -2 et $3-2$) ; un même procédé de juxtaposition marque des structures différentes tant à l'écrit qu'à l'oral :

$23 = 2\times 10^1 + 3\times 10^0$ (en supposant que la base soit dix),

$2\frac{1}{2} = 2 + \frac{1}{2}$,

$2a = 2 \times a$,

$2^3 = 2$ élevé à la puissance 3,

mille vingt-quatre = $1000 + 20 + 4$,
mille quatre-vingt = $1000 + (4 \times 20)$,
vingt mille quatre = $(20 \times 1000) + 4$,
vingt-quatre mille = $(20+4) \times 1000$,
quatre mille vingt = $(4 \times 1000) + 20$,
quatre-vingt mille = $4 \times 20 \times 1000$.

Quelles sont les "composantes syntaxiques" du signe + dans les formules suivantes :

$$x=y+z \ ; \ M=A+\vec{t} \ ; \ 2I=A+B \ ?$$

Ces remarques suffisent à établir que le professeur de mathématique (au contraire de son collègue de langues) ne connaît qu'implicitement la syntaxe des écritures symboliques.

2.5. Mon expérience auprès d'élèves-instituteurs me permet d'affirmer que c'est toujours avec un très grand étonnement que la plupart d'entre eux découvrent que la numération parlée n'est pas un système isomorphe à celui de la numération écrite de position, et qu'une grammaire peut être construite pour représenter le fonctionnement de la numération orale et rendre compte par exemple du fait que /dix sept/ est bien formé tandis que /sept dix/ ne l'est pas, et que /six vingt/ ne l'est plus.

2.6. La prise de conscience de l'importance de la syntaxe peut modifier la pratique de la classe, et la façon de concevoir la formation des enseignants. Des instituteurs, par exemple, recommanderont d'adopter les termes *septante, octante, nonante* dans le but de simplifier les premiers apprentissages de la syntaxe de la numération parlée. Des auteurs plaideront pour des notations susceptibles de favoriser la reconnaissance des "composantes syntaxiques" des différents symboles: $f(x) = \mathrm{M}x + \mathrm{C}$ montre, plus clairement que $f(x) = \mathrm{m}x + \mathrm{c}$, qu'il y a une différence entre un paramètre et une variable.

2.7. Les conséquences pratiques de ces résultats théoriques ne pourront être mises en application que sous certaines conditions :

a) que la théorie se développe et soit largement diffusée

b) que se constitue un corps d'ingénieurs didacticiens

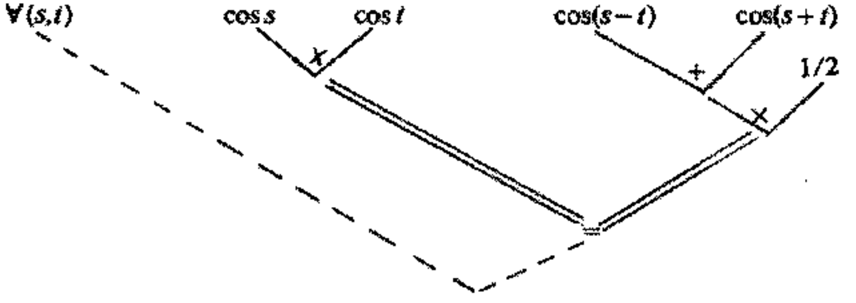
c) qu'une articulation s'établisse entre les travaux des chercheurs et ceux des praticiens.

3.1. Comme corollaire du résultat théorique présenté en **2.**, nous ferons remarquer que les activités de traduction (par exemple, d'une formule symbolique en un énoncé en français) ne peuvent être menées à bien et de manière systématique qu'*après* avoir réalisé ce qu'on peut appeler une "analyse logique" de l'énoncé-source.

3.2. Aucune analyse n'est nécessaire pour ânonner la formule (E) suivante :

$$\text{(E)} \quad \cos s \,.\, \cos t = \frac{1}{2}\,[\cos(s-t)+\cos(s+t)]\ .$$

Par contre, il est *impossible* de traduire cette formule en français standard sans en avoir reconnu au préalable la structure syntaxique qui peut être représentée par un schéma du genre de celui-ci :



où est représentée la structure syntaxique et indiquée la quantification (souvent implicite) qui détermine les conditions dans lesquelles la proposition peut être tenue pour vraie.

3.3. Après reconnaissance de cette structure, il est possible de traduire en français la formule (E), par exemple :

> "Le produit des cosinus des angles s, t est égal à la demi-somme des cosinus de la différence et de la somme des angles s, t".

Et on peut rétablir, si la nécessité s'en fait sentir, les conditions sous lesquelles cette proposition est vraie, c'est-à-dire la quantification portant sur les variables s, t .

3.4. On peut se demander pourquoi, depuis la réforme des années soixante, les traductions en français standard des formules mathématiques disparaissent de la plupart des manuels et de la pratique de la classe ; et s'interroger sur la signification et les motivations de ce phénomène de transposition didactique. Mais avant de s'interroger, il fallait bien mettre en évidence le phénomène.

3.5. Nous avons souligné en **2.4.** que l'enseignant ne dispose pas de représentations explicites des phénomènes syntaxiques de sa "langue mathématique". Nous pensons que cet état de choses le conduit en général à gommer au maximum, au niveau des signifiants, tout ce qui marquerait la complexité de ce que nous appelons la composante syntaxique des symboles employés. Par exemple, en Terminale, on "simplifie" les notations en écrivant $|d|$ au lieu de $|\det_{B,B'}(x_i)|$; ou en Première, on ne fait pas apparaître dans les notations les fonctions réciproques des fonctions circulaires qui sont pourtant au centre de la question de la résolution des équations trigonométriques.

4.1. Nos travaux théoriques ont encore montré que le dynamisme de la démonstration est *porté* par des changements d'interprétation (fonction symbolique) et *réglé* par des procédés de synonymie et de paraphrase — égalité et équivalence — (fonction syntaxique) ; et que l'hétérogénéité des codes est *gérée* par des procédés de changement de signifiants (polymorphisme).

4.2. Illustrons ces phénomènes par l'exemple du problème de la Minerve (3) :

> Un fermier possède une vache appelée Minerve. Il a décidé de délimiter un pâturage RECTANGULAIRE pour y installer sa vache. Le pâturage ne sera clôturé que sur TROIS CÔTÉS seulement, car il sera installé le long de la rivière (ainsi, Minerve pourra aller boire ou se baigner !).
> Le fermier veut utiliser, pour cette réalisation, les 1200 mètres de clôture qu'il a reçus de son cousin. Il vous fait appel pour savoir comment s'y prendre pour que Minerve dispose d'une surface de pâturage MAXIMALE.

4.3. La plupart des solutions proposées par les personnes qui connaissent au moins un peu de mathématiques reposent sur un changement d'interprétation de l'écriture $S = x(1200 - 2x)$.

A la ligne i de la démonstration, cette écriture a été introduite pour exprimer l'aire d'un rectangle de dimensions x et $1200 - 2x$. Il s'agit donc du signifiant d'un nombre, d'une mesure d'aire exprimable par exemple en mètres carrés.

A la ligne $i + 1$, la même écriture reçoit une valeur référentielle totalement différente : le mathématicien y voit en effet l'expression d'une fonction $S(x)$ de la variable x, continue, dérivable, etc, c'est-à-dire autre chose que le signifiant d'un nombre.

Il ne reste plus qu'à mettre en œuvre les mécanismes connus : recherche de la dérivée, recherche des zéros de la dérivée, détermination du maximum de la fonction, etc. C'est-à-dire, utiliser les règles d'emploi des symboles d'égalité et d'équivalence (parasynonymie et paraphrase) ou, dit autrement, mettre en œuvre la fonction syntaxique des écritures.

(3) Adaptation libre de l'exemple 2 proposé dans l'ouvrage américain de W.M. PRIESTLEY, *Calculus : An Historical Approach*, Springer-Verlag, New York, 1979, p. 6.

4.4. Montrons comment les changements de signifiants (polymorphisme) permettent de gérer l'hétérogénéité des codes. Nous avons vu (**0.10.** ; **1.2.**) que le mathématicien produit plus que tout autre locuteur des énoncés hétérogènes. Nous avons alors souligné toute l'efficience de ce procédé pour la saisie de phénomènes complexes. Il nous faut maintenant souligner que les risques d'erreurs, d'ambiguïtés ou de quiproquos, en sont corrélativement multipliés ; tout spécialement dans les situations de communication. En effet, la valeur référentielle du message (telle qu'elle a été voulue par l'énonciateur) ne peut être analogue à la valeur référentielle (re-)construite par le co-énonciateur, que dans la mesure où les interlocuteurs partagent les mêmes habitudes de mise en signes de leurs conceptualisations, ou s'ils ont la possibilité d'interagir l'un sur l'autre pour ajuster les règles des syntaxes qu'ils utilisent. Voyons quelques exemples.

4.5. Dans une terminale A, le professeur propose l'équation :

$$(E) : \quad \log_x y + \log_y x = 238 .$$

Aucun élève ne trouvant de moyens d'attaquer cette équation, le professeur suggère de transformer (E) en (E') : $\log_x y + \dfrac{1}{\log_x y} = 238$.

Cette suggestion ne provoquant aucune réaction, le professeur transforme (E') en (E") : $\alpha + \dfrac{1}{\alpha} = 238$. Cette deuxième transformation n'est à son tour exploitée que par un seul élève de la classe. Le professeur l'envoie au tableau, ce qui met fin à la recherche des autres. A la récréation, un autre élève vient trouver l'enseignant et lui dit : "Si vous aviez écrit $x + \dfrac{1}{x} = 238$, j'aurai su le faire ; mais avec α je n'ai rien vu".

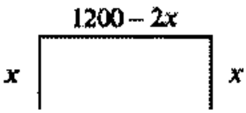
4.6. Dans notre jargon, toutes les transformations de (E), proposées successivement par le professeur, relèvent de la fonction syntaxique. Elles ont pour effet de souligner la structure de l'énoncé (E). Les différentes traductions n'altèrent pas le sens de l'énoncé (comme c'était le cas pour les différentes lectures de $S = x(1200 - 2x)$. Après chaque traduction, il est cependant plus facile de reconstruire la valeur, le sens de l'énoncé parce que sa structure a été rendue plus transparente. Toutes ces transformations de (E) sont réglées par une logique de type grammatical, par des règles de ré-écriture. Ces règles reposent évidemment sur les axiomes de l'égalité et de l'équivalence, mais aussi sur la synonymie et la paraphrase des linguistes. Ces ré-écritures successives ne sont pas gratuites ; les synonymes ne disent jamais exactement la même chose. Il n'en est pas de même de la transformation proposée par l'élève à la récréation $(\alpha \mapsto x)$. Il n'y a là, en effet, qu'un changement de signifiants qui ne modifie en rien les possibilités d'accès à la signification (quand on écrit $12 = 3 \times 4$, cela peut aider à saisir que 12 est multiple de 3 ; écrire $12 = \mathrm{XII}$ n'aurait pas cette vertu). La substitution proposée par l'élève ne relève pas de la fonction syntaxique. Nous disons que c'est un fait de polymorphisme, comparable au fait que les Anglo-saxons notent $\binom{n}{p}$ ce que nous notons en France C_n^p. Ce type de changement (qui n'affecte que le signifiant) ne modifie ni la forme ni la substance du signifié. Il n'a en conséquence aucune vertu dynamique propre.

4.7. Un collègue mathématicien, ayant reçu une première version de cet article, me signalait, dans une lettre, à propos des § **4.2.** et **4.3.** : "Je crois avoir détecté une erreur dans **4.3.** : les dimensions du rectangle sont x et $\frac{1}{2}(1200-2x)$, et $S=\frac{1}{2}x(1200-2x)$. Minerve va manger comme deux. Cette erreur, il est vrai, n'altère en rien votre propos".

Cette réaction illustre clairement nos positions théoriques sur le fait que le quiproquo semble être le mode de fonctionnement habituel de la communication entre des interlocuteurs qui ne se trouvent pas dans une situation d'interaction.

Dans **4.3.**, en effet, nous n'avons pas précisé explicitement le "rôle" de la variable x. Elle peut renvoyer soit à la largeur, soit à la longueur du rectangle. Pour mon collègue qui doit nécessairement (re-)construire la valeur référentielle de cette variable, deux solutions sont possibles :

(a)

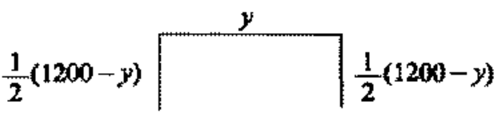


$S = x(1200-2x)$

$S' = 1200-4x$

S' s'annule pour $x=300$

(b)



$S = \frac{1}{2}y\,(1200-y)$

$S' = 600-y$

S' s'annule pour $y=600$.

Elles conduisent toutes les deux à conclure que S est maximale dans le cas de figure suivant :

Il est clair, je pense, que la formule $S=x(1200-2x)$ du § **4.3.** a été écrite en faisant jouer à x le rôle de la "largeur" (solution **(a)**), tandis que mon lecteur a lu cette formule en donnant à x le sens se référant à la solution **(b)**. Il m'a fait confiance pour le calcul de la deuxième dimension du rectangle puisqu'il ne corrige pas la formule donnant l'autre dimension du rectangle.

5.1. Le résultat théorique rappelé en **4.1.** et les illustrations données de **4.2.** à **4.7.**, posent évidemment des questions dont les réponses ne peuvent manquer d'influencer la pratique de l'enseignement. S'il est vrai que le dynamisme de la pensée mathématique repose sur la fonction symbolique et la fonction syntaxique et que le polymorphisme permet de gérer l'hétérogénéité des codes, la question se pose de savoir s'il est possible de concevoir, et mettre en œuvre un entraînement systématique visant à développer harmonieusement les compétences "symboliques, syntaxiques et polymorphiques" de l'élève. Faut-il, par exemple, multiplier les exercices types, ou au contraire, proposer de "vrais" problèmes ? Quelle proportion des uns et des autres convient-il de respecter ? Quel type d'enchaînement de situations serait susceptible de favoriser l'apparition de telle ou telle compétence ? Qui, dans la classe, doit-il avoir la maîtrise du choix des symboles ? etc.

5.2. C'est évidemment à l'enseignant que revient le dernier mot, mais celui-ci peut-il se priver d'un cadre théorique qui lui permettrait de voir ce qui se passe dans ce mystérieux triplet des relations "maître-élève-savoir" ? Est-il indifférent pour lui de savoir que les productions mathématiques n'apparaissent que dans des situations de débat ou de conflit ? Est-il indifférent pour lui de savoir que certaines "erreurs" permettent de diagnostiquer une faiblesse sur l'axe symbolique (les "perles") ou sur l'axe syntaxique (le "psittacisme") ?

5.3. Personnellement, je ne le crois pas. Et je puis assurer le lecteur que beaucoup de mes petites trouvailles pédagogiques sont le fruit d'une longue réflexion théorique sur cet objet théorique que je trouve fascinant : le signe linguistique. Rien que pour le plaisir, présentons encore une autre de ses facettes ; celle qui permet de distinguer ce qu'on appelle parfois le sens et la signification ; disons le sens intrinsèque et la signification situationnelle.

La phrase "J'ai mal à la tête" possède un sens intrinsèque que je découvre à l'aide d'une grammaire et d'un dictionnaire. Cependant, dans une situation réelle, je pourrai l'employer avec une signification situationnelle tout à fait différente et qu'aucun dictionnaire ne pourra m'indiquer. Par exemple, pour réclamer de l'aspirine, pour demander que l'on fasse moins de bruit, que l'on aère la pièce enfumée où je me trouve, pour montrer ma fatigue à la suite de la lecture de cet article, etc.

Cette distinction entre l'intrinsèque et le situationnel affecte évidemment chacune des trois composantes du signe linguistique (ou du symbole mathématique) ; il convient de distinguer la forme et la substance situationnelles ainsi que le signifiant situationnel :

5.4. Dans l'état actuel des choses, la didactique des mathématiques reste une science neuve, peu diffusée et encore moins vulgarisée. L'ingénierie didactique n'est encore qu'embryonnaire. Mais ces sciences sont déjà bien vivantes. Elles trouveraient à coup sûr un second souffle s'il se créait des lieux où didacticiens et pédagogues apprendraient à s'écouter, à se respecter et à collaborer. Le moment en est sans doute venu.