

A quoi servent les régulations des erreurs des élèves dans l'enseignement ?

Analyse des pratiques de 8 professeurs dans des leçons d'arithmétique

Marie-Pierre Chopin

Maître de Conférence en Sciences de l'Éducation
Équipe DAESL
Laboratoire Cultures, Éducation, Société (EA – 4140)
Université Victor Segalen Bordeaux 2

Version française de la publication originale en langue anglaise :

Chopin M.-P. (2009), « Regulations of pupil's mistakes in teaching: what purpose do they serve? An Analysis of the Teaching Practice in 8 Classes during Lessons of Arithmetics », *SEMT 2009* (International Symposium Elementary Mathematics Teaching, Faculty of Education), Charles University, August 2009, Prague.

« Les conseils formulés aux maîtres pour rendre leur pratique professionnelle plus efficace en matière d'enseignement des mathématiques portent essentiellement sur trois points : la manière de s'adresser aux élèves, l'importance de la synthèse et la prise en compte des erreurs des élèves. »

IGEN, *L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire*, 2006¹

La nécessité de réguler les erreurs commises par les élèves au cours de l'enseignement est une injonction très forte faite aux enseignants en France comme ailleurs. En théorie, elle vise l'amélioration de l'apprentissage, notamment celui des élèves les plus faibles. En pratique, elle peut-être très coûteuse en temps, et ne présente pas toujours l'efficacité attendue. L'analyse présentée dans ce texte propose une explication à ce phénomène. Elle repose sur les résultats d'une recherche portant sur l'enseignement de l'arithmétique auprès de 197 élèves de 10-11 ans (Chopin 2007). Après avoir présenté l'expérimentation mise en place et défini la manière dont nous avons transcrit et étudié les régulations réalisées par les professeurs, nous proposons d'analyser leur fonction pour l'avancée du temps didactique :

¹ Il s'agit d'un rapport officiel (n°2006-34), rédigé par l'Inspection Générale de l'Éducation Nationale (IGEN), concernant le cycle 3 de l'école française c'est-à-dire les deux dernières années de l'école élémentaire (les élèves ont entre 8 et 11 ans). L'IGEN, créée en 1802, est placée sous l'autorité directe du ministre, exerçant auprès de lui des fonctions d'expertise, d'encadrement et d'évaluation et formulant à son intention des avis et des propositions concernant la politique éducative en France.

comment ces régulations sont-elles effectivement utilisées dans le cours de l'enseignement ?
Et surtout comment comprendre que les professeurs s'y prennent ainsi ?

1. Étude mise en place

L'étude est de type expérimental. Elle repose sur la comparaison de leçons réalisées par 8 professeurs dans des classes de CM2 (ceci équivaut à la dernière année de l'enseignement primaire en France).

a. Un objet d'enseignement commun aux 8 classes

Les leçons observées portent sur le même domaine mathématique, le calcul relationnel, et plus précisément sur des problèmes relevant de la quatrième structure additive de la typologie de Vergnaud (1989 ; 2009) : les problèmes TTT². Voici, par exemple, un problème classique :

*Louise joue deux parties de billes.
Elle joue une partie. A la seconde partie, elle perd 4 billes.
Après les deux parties, elle a gagné 6 billes.
Que s'est-il passé à la 1^{ère} partie ?*

Ce genre de problèmes ne fait appel qu'à deux types d'opération : l'addition et la soustraction. La difficulté opératoire est en outre limitée par le choix de ne faire intervenir que des nombres inférieurs à 10. L'objet est donc à la portée d'élèves de 10-11 ans. En revanche, ces problèmes sont caractérisés par le fait qu'il n'existe pas d'état initial : on ne sait jamais combien *Louise* a de billes avant de jouer les parties. Cette difficulté est nouvelle pour l'ensemble des classes observées. D'ailleurs, lorsque les élèves sont soumis à un pré-test constitué de 22 problèmes TTT de difficulté variée, les résultats montrent que les classes ont un niveau de réussite initial comparable³.

b. Des durées d'enseignement différentes

L'objet d'enseignement a été présenté à chacun des professeurs (individuellement). Nous leur avons ensuite demandé de réaliser des leçons dans le but de faire progresser leurs élèves sur ce thème. Mais nous n'avons pas donné à tous les professeurs la même quantité de temps pour cela :

- quatre professeurs ont disposé de 2 heures (2 leçons d'1 heure) ;
- quatre autres ont disposé de 4 heures (4 leçons d'1 heure).

Certains professeurs (des classes-4h) ont eu ainsi deux fois plus de temps pour réaliser le même enseignement que leurs collègues (des classes-2h), et ce auprès d'élèves de niveau

² La particularité de cette structure est de ne mettre en jeu que des transformations positives ou négatives, sans qu'aucune indication ne soit fournie sur l'état numérique initial – d'où son appellation courante : " TTT " (" 1^{ère} Transformation – 2^{ème} Transformation - Transformation composée ").

³ Une analyse de variance a été réalisée et ne renvoie aucune différence significative entre les 8 classes.

scolaire identique. Ce dispositif permettra de répondre à plusieurs questions : les régulations seront-elles aussi nombreuses dans les deux groupes de classes ? Seront-elles aussi fréquentes ? Quelle sera leur nature ? Et surtout, quels seront leurs effets sur l'acquisition de nouvelles connaissances pour les élèves ?

c. Mesure des acquisitions des élèves

À la fin des enseignements, les élèves sont soumis à un post-test, identique au pré-test, qui permet de mesurer les progressions réalisées⁴. Par précaution, un autre test a été soumis quelques semaines après la fin de l'enseignement. Il est appelé « re-test » et permet d'évaluer la pérennité des acquisitions six semaines après la fin de l'enseignement.

2. Codage des régulations réalisées par les professeurs

Les leçons des 8 professeurs ont été filmées. Ceci a permis d'effectuer des retranscriptions du déroulement de l'enseignement et de faire apparaître, pour chaque classe, la suite des régulations effectuées au cours de la leçon, c'est-à-dire toutes les interventions du professeur visant à recadrer les élèves, à corriger leurs erreurs, etc. Ces régulations ont été comptabilisées et analysées selon deux critères : leur nature (en quoi consiste la régulation ?) et le moment de leur réalisation au cours de l'enseignement.

a. La nature des régulations

Nous avons distingué 4 types de régulation organisés par les professeurs :

- **les régulations phatiques.** Il s'agit pour le professeur de prendre acte de l'erreur produite par l'élève mais de la traiter dans le but qu'elle ne nuise pas à l'avancement de la leçon et que la relation didactique entre le professeur et l'élève soit maintenue. Le professeur peut par exemple produire un effet Topaze (Brousseau, 1987 ; Novotná & Hošpěsová 2007), c'est-à-dire suggérer à l'élève la réponse attendue en rendant sa question de plus en plus explicite (même si en faisant cela il modifie le savoir nécessaire pour produire la réponse) ;
- **la présentation ou le rappel d'une règle,** d'une méthode, etc., relative au savoir en jeu et censée permettre à l'élève de dépasser son erreur. Le professeur prend l'entière responsabilité de la régulation en enseignant de manière directe, c'est-à-dire en « montrant » le savoir nécessaire pour produire la réponse. La régulation repose alors sur l'ostension (Salin 1999) ;
- **les changements de dispositif d'enseignement.** Dans les classes observées, les professeurs ont parfois modifié le dispositif d'enseignement pour réguler les erreurs de leurs élèves. Mais ces modifications sont souvent superficielles, c'est-à-dire qu'elles

⁴ Cette mesure est basée sur un indice de progression construit par Sarrazy (1996). Il est trop complexe pour être présenté ici. Le lecteur pourra se reporter à Sarrazy (1996) ou Chopin (2007).

ne concernent pas la structure du problème auquel les élèves sont confrontés. Le professeur se contente de changer l'habillage des énoncés, de demander aux élèves de se regrouper pour surmonter leurs difficultés, etc. ;

- **la mise en place d'un débat** en grand groupe, entre élèves, où le professeur joue essentiellement le rôle d'animateur. Dans ce type de régulation, la seule consigne est que les élèves doivent discuter du problème et échanger entre eux. C'est par cet échange que sont censés apparaître les moyens, pour chaque élève, du dépassement de ses erreurs.

b. Le moment de la régulation

Nous avons distingué deux moments au cours desquels les régulations peuvent être organisées :

- **les phases d'activité** où les élèves travaillent individuellement ou en petits groupes à résoudre certains problèmes ou exercices soumis par les professeurs. Un grand nombre des erreurs commises le sont à ce moment-là et le professeur qui circule généralement de table en table peut en prendre acte ;
- **les phases de mise en commun ou de correction** où la classe retrouve une dimension collective puisque tous les élèves sont engagés, avec le professeur, dans le même type d'action (présentation des réponses, corrections, etc.).

Sur la base de cette grille d'analyse nous avons comparé les régulations réalisées par les professeurs dans les classes-2h et les classes-4h dans le but de repérer des stabilités et des variations dans la manière dont elles sont utilisées.

3. Résultats

Quatre résultats seront rapportés ici successivement. Ils seront mis en lien à travers l'analyse dans la quatrième partie.

a. Les régulations sont un instrument de l'avancée du temps didactique pour les professeurs (résultat 1)

Le calcul de la fréquence horaire des régulations pour chaque classe (combien de régulation en moyenne pour une heure d'enseignement ?) montre que plus le temps est réduit, plus les professeurs procèdent à des régulations régulières. La fréquence de régulation est en moyenne plus importante dans les classes-2h (9,9 régulations/h) que dans les classes-4h (6,6 régulations/h). Ceci signifie que les régulations peuvent être considérées comme un véritable instrument de l'avancée du temps didactique pour les professeurs : elles sont un moyen de l'enseignement. Ceci signifie-t-il que plus elles sont nombreuses (dans l'absolu) plus les élèves progressent ? Les résultats suivants montrent que non.

b. Le volume des régulations n'est pas lié aux progressions réalisées par les élèves (résultat 2)

Avec plus de temps, les professeurs ont pu réaliser davantage de régulations : on compte une moyenne de 26 régulations pour les classes-4h contre 19 pour les classes-2h. Mais le graphique suivant montre que cette différence ne s'est pas traduite pas des progressions différentes entre les groupes :

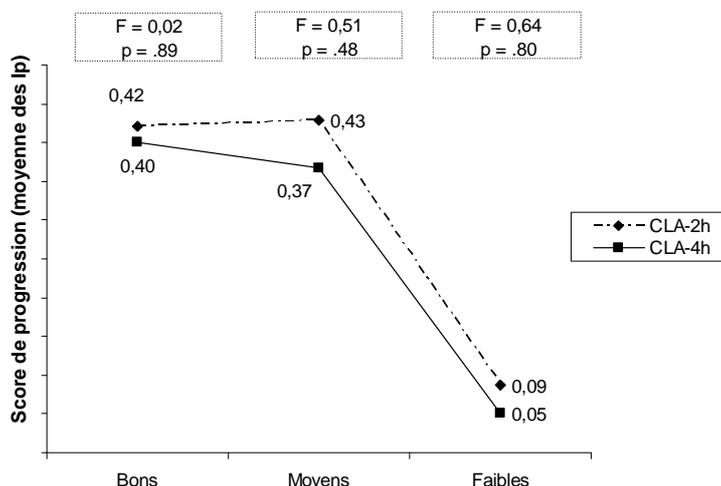


Figure 1 – Profils de progression des classes-2h et des classes-4h

Les analyses de variance (rectangles sur le haut de la Figure 1) montrent que les progressions des élèves sont comparables quel que soit le niveau scolaire (bon, moyen ou faible). L'analyse du re-test (soumis, rappelons-le, 6 semaines après la fin des leçons) montre même que les acquisitions ont été plus pérennes dans les classes-2h que dans les classes-4h. Ces résultats ont de quoi surprendre à première vue. Ils seront expliqués plus loin, à la lumière d'autres résultats.

c. La nature des régulations varie en fonction de la durée d'enseignement disponible (résultat 3)

La nature des régulations réalisées dans les deux groupes de classes varie de manière significative en fonction du temps d'enseignement disponible ($\chi^2 = 12,07$; $p = .01$) :

	Contenu de la régulation			
	Régulations phatiques	Recours à la règle	Changement de dispositif	Débat entre élèves
CLA-2h	26	36	5	12
CLA-4h	21	36	17	31

Tableau 1 – Distribution des formes de régulation dans les classes-2h et des classes-4h

En 2 heures ou en 4 heures, les professeurs recourent de la même manière aux régulations phatiques ainsi qu'à l'enseignement d'une règle relative au savoir en jeu. En

revanche, une variation apparaît entre les deux groupes par rapport au changement de dispositif ainsi qu'au débat : plus les professeurs disposent de temps, plus ces modalités de régulations sont présentes. Un tel résultat montre que, lorsque les conditions (ici temporelles) le leur permettent, les professeurs s'arrêtent plus longuement sur les erreurs commises par les élèves (puisque'ils ne les traitent pas de manière phatique), et que la régulation de ces erreurs ne passe pas par un enseignement direct de la réponse ou de la méthode adéquate. Au contraire, les professeurs engagent les élèves à surmonter par eux-mêmes leurs difficultés, soit en se confrontant à un nouveau dispositif, soit en échangeant avec les autres élèves.

d. Avec plus de temps les régulations se déroulent davantage en collectif (résultat 4)

Le dernier résultat concerne les moments de mise en place des régulations. Dans les classes-2h, 41% des régulations se produisent au cours de la phase d'activité où les élèves travaillent seuls ou en petits groupes. Dans les classes-4h, seulement 26% des régulations se produisent dans les phases d'activité. Autrement dit, plus les professeurs disposent de temps, plus la proportion de régulations collective est importante (au détriment des régulations individuelles). Même si l'on peut comprendre que l'utilisation importante du débat comme mode de régulation implique que celles-ci se déroulent dans les moments collectifs, on aurait pu penser que le temps supplémentaire aurait pu permettre au professeur de procéder à davantage de régulation individuelles au cours des phases d'activité. Il semble ici que les professeurs aient eu besoin de réaliser leur régulation d'une manière collective. Comme nous le verrons dans la quatrième et dernière partie, ce résultat s'éclaire par l'analyse.

4. Interprétation et discussion

En théorie, réguler les erreurs des élèves consisterait à leur permettre de dépasser les obstacles conceptuels rencontrés au cours de l'enseignement. Cette définition de la régulation peut être qualifiée de « cognitive » : elle est tournée vers l'activité conceptuelle de l'élève. Nos résultats montrent que, en pratique, les choses ne se passent pas vraiment de la sorte.

Dans notre étude, les professeurs paraissent sensibles à la nécessité de réguler les erreurs de leurs élèves de la manière la plus efficace qui soit. Plus ils disposent de temps, plus ils tentent de pratiquer une pédagogie différente du point de vue de cette régulation : la proportion de régulations phatiques est moins importante, et les professeurs font en sorte que les élèves soient de véritables acteurs de la régulation de leurs erreurs en favorisant les changements de dispositifs ainsi que les débats entre élèves plutôt que des enseignements ostensifs. Comment comprendre alors que ces pratiques ne se traduisent pas par des progressions plus importantes chez les élèves ? Comment expliquer que les élèves de classes-4h ne progressent pas davantage que ceux des classes-2h ?

Une hypothèse serait que, au-delà de ces différences apparentes dans les types de régulation réalisées par les professeurs des classes-2h et des classes-4h, les situations (au sens de Brousseau 1987) effectivement aménagées pour que les connaissances des élèves évoluent ne sont pas si différentes dans les deux groupes de classes. En particulier, leur adidacticité n'est pas suffisante (nous l'avons montré ailleurs, cf. Chopin 2007) pour que l'apprentissage puisse se réaliser sans enseignement explicite ou ostensif. On comprend alors que, dans les classes-4h, les régulations s'organisent majoritairement d'une manière collective (résultat 4). Les professeurs utiliseraient de tels moments pour une sorte d'enseignement par procuration : au cours des débats entre élèves, ce sont généralement les meilleurs élèves qui enseignent aux autres ce que le professeur n'a voulu révéler – et qu'il n'a pas non plus réussi à dévoluer par un aménagement du milieu didactique (Brousseau, 1987). Au final, et malgré des différences de surface, les régulations des professeurs continueraient de jouer la même fonction pour l'avancée du temps didactique dans les deux groupes de classes.

Ceci met en évidence la dimension irréductiblement didactique (et non strictement cognitive) des régulations réalisées par les professeurs : ces régulations ont un rôle capital pour l'enseignement à une classe dans son ensemble, avant que de viser l'apprentissage de chaque élève en particulier. Cette idée est liée au statut que revêt l'erreur dans l'enseignement, comme le rappellent Raveinsten et Sensevy (1994, p.1) :

« Combien seraient bouleversés les rapports dans la classe, si l'élève, à l'instar du maître idéal, ne fournissait plus d'erreurs ! Quelle serait la substance, la matière première, à partir de laquelle se construirait, avec le maître, le dialogue sur l'apprentissage ? L'erreur, par le discours qu'elle provoque, par le message qu'elle envoie, par les repères qu'elle crée, est bel et bien le principal vecteur de la communication sur ce qui façonne pour l'essentiel la relation didactique [...]. »

Encore faut-il que l'erreur puisse conserver sa dimension didactique. Car la tendance actuelle, s'exprimant par exemple en France dans les rapports officiels pour l'enseignement à l'école élémentaire, consiste à penser qu'une régulation efficace des erreurs des élèves serait celle qui se joue sur un plan avant tout cognitif et privé. Voilà ce que notait le rapport officiel cité au début de notre texte, à propos de l'enseignement des mathématiques au cycle 3 en France (IGEN 2006, p. 49) :

« Dans nombre de classes, les erreurs sont analysées et démontées. Mais trop souvent, l'analyse de ces erreurs est collective. [...] Si un seul élève écrit 604 comme le résultat de $600 + 40$, il n'est pas pertinent d'analyser l'erreur collectivement. Il est préférable de voir discrètement si l'élève reproduit cette erreur et, dans ce cas, d'en rechercher la cause auprès de lui, avec lui. »

Ce conseil donné aux professeurs témoigne du fait que, à propos de la régulation des erreurs, le didactique court facilement le risque d'être "écrasé" sous le cognitif. L'erreur est alors considérée comme une caractéristique personnelle de l'élève, devant être régulée en tant

que telle, c'est-à-dire personnellement. Ce n'est que lorsqu'elle concerne un nombre "suffisant" de personnes dans la classe qu'elle devrait être régulée collectivement. Une telle perspective nie dangereusement le statut autrement plus complexe de l'erreur (Salin, 1976) ainsi que la dimension largement sociale de l'apprentissage. Elle occulte que l'erreur est liée à l'enjeu conceptuel de la leçon et que son apparition dit parfois quelque chose d'essentiel pour le jeu didactique qui concerne toute la classe.

Les professeurs se trouvent donc pris au cœur d'une véritable tension. En théorie on leur demande de produire des régulations individuelles et cognitives ; en pratique, ils se retrouvent confrontés à des nécessités strictement didactiques peu compatibles avec une définition cognitive et privée des régulations. Contrairement à une idée reçue, ce n'est pas forcément le manque de temps qui les empêche de réguler individuellement les erreurs de tous les élèves : ce sont des nécessités fonctionnelles de l'avancée du temps didactique. En tant que telles, elles ne sont pas préjudiciables à l'avancée du temps didactique : elles sont au contraire une condition de cette avancée. Dans l'étude que nous avons présentée ici, des calculs de corrélation ont permis d'établir que les élèves avaient d'autant plus progressé que leurs erreurs avaient été traitées de manière phatique ($p. < .05$), surtout pour les élèves faibles ! À la lumière de tels résultats, une vigilance s'impose face à l'importance actuellement donnée à la question de la régulation des difficultés des élèves. Tout laisse à penser que celles-ci ne pourront être favorables à leur progression que si elles peuvent conserver leur pleine dimension didactique, c'est-à-dire qu'elles restent un moyen pour l'enseignement.

Références bibliographiques

- Brousseau G. (1987). *Theory of Didactical situations in mathematics 1970-1990* [Translation from French M. Cooper, N. Balacheff, R. Sutherland & V. Warfield. Kluwer Academic Publishers, 304 p.
- Chopin M.-P. (2007). *Le temps didactique dans l'enseignement des mathématiques. Approche des modes de régulation des hétérogénéités didactiques*. Thèse pour le doctorat de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2, 337 p.
- IGEN (2006). *L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire*. Paris: Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Rapport n°2006-034, 70 p.
- Novotná J. & Hošpěsová A. (2007). « What is the Price of Topaze ? » In Woo, J. H., Lew, H. C., Park, K. S. & Seo, D. Y. (Eds.). *Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 4, 25-32. Seoul: PME.
- Salin M.-H. (1976). *Le rôle de l'erreur dans l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire*. Mémoire de DEA de didactique des mathématiques, LADIST
- Salin, M.-H. (1999). Pratiques ostensives des enseignants et contraintes de la relation didactique. In G. Lemoyne et F. Conne (éds), *Le cognitif en didactique des mathématiques*. Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal, p.327-352.
- Sarrazy B. (1996). *La sensibilité au contrat didactique. Rôle des Arrières-plans dans la résolution de problèmes d'arithmétique au cycle trois*. Thèse pour le doctorat de l'Université de Bordeaux 2, 775 p.

- Vergnaud G (1990). « Développement et fonctionnement cognitifs dans le champ conceptuel des structures additives », In G. Netchine-Grynberg, *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 277 p.
- Vergnaud G. (2009). « The Theory of Conceptual Fields », *Human Development*, 52, 83-94.