

LE PROCESSUS DE REGULATION DANS LA CONSTITUTION DE ROUTINES PROFESSORALES

Abstract. This paper centres on the building of didactic praxeologies and provides a few examples about the twin notions of routine and regulation.

1. INTRODUCTION

Le travail effectué se plaçait dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique² et avait pour objet d'étude la *dynamique praxéologique* par laquelle se constitue la *praxéologie didactique* du professeur de mathématiques, $[T_\pi/\tau_\pi/\theta_\pi/\Theta_\pi]$, et donc le *système des types de tâches* $(T_\pi^{(k)})_{k \in I}$.

Cette dynamique praxéologique a une première forme essentielle : celle de la *routinisation* d'au moins certaines techniques. Le premier phénomène examiné a donc été l'existence de *routines* $(\tau_\pi^{(k)})_{k \in I'}$ et la *routinisation* de *techniques* $(\tau_\pi^{(k)})_{k \in I''}$.

Dans le processus de mise en place d'une praxéologie didactique, dans le cadre d'une dynamique routinisante, le professeur est amené à intégrer des modifications qui vont jouer le rôle de *régulations* et qui, éventuellement, s'intégreront dans la technique en l'enrichissant. La *perturbation* de *routines* $(\tau_\pi^{(k)})_{k \in I'}$ ou de techniques en voie de *formation* ou de *routinisation* par des essais de *régulation* a donc constitué le deuxième phénomène examiné.

De telles tentatives de régulation émanent notamment du *professeur*, des *élèves*, de l'*autorité ministérielle* et sont réalisées à travers une modification des *organisations mathématiques* à mettre en place et des *dispositifs didactiques* – en particulier des SDA – à intégrer dans l'organisation de l'étude. Les modifications praxéologiques visent alors à *intégrer* et à *pérenniser* dans le système des techniques $(\tau_\pi^{(k)})_{k \in I}$, ou au contraire à *neutraliser*, les régulations éventuellement imposées, en fonction notamment des *technologies didactiques*, explicites ou implicites, qu'active la dynamique praxéologique ainsi impulsée.

Nous présentons ci-après quelques exemples de ces phénomènes, extraits de trois corpus de données que le lecteur trouvera sur le cédérom : deux comptes rendus d'observation de séances de mathématiques au collège, d'une part (annexes 1 et 2), des questions posées par des élèves professeurs d'IUFM, d'autre part (annexe 3).

2. ACTE I : DANS UNE CLASSE DE CINQUIEME

La première praxéologie didactique étudiée est celle que présente un compte rendu d'observation d'une séance en classe de cinquième à propos des nombres relatifs (annexe 1). Plus précisément, il s'agit d'étudier la comparaison de deux nombres relatifs à l'aide de l'AER suivante.

¹ Équipe de didactique des mathématiques de l'IUFM d'Aix-Marseille.

² Voir le thème 1.

ACTIVITÉ

On a mesuré la température dans plusieurs villes :

Ville	A	B	C	D	E	F
Température en degrés	-3	1	-4	-1	6	2

1) Représenter les températures sur une droite graduée (un carreau représentant une unité).

2a) Fait-il plus froid dans la ville A ou dans la ville B ? Comparer leur température.

2b) Comparer les températures des villes B et C.

2c) Même question avec les villes D et F.

3a) Comparer les températures des villes A et C.

3b) Même question avec les villes C et D.

3c) Même question avec les villes A et D.

4a) Comparer les températures des villes B et E.

4b) Même question avec les villes E et F.

5) Ranger les températures de la plus basse à la plus haute.

6a) Compléter par < ou >

-2 ... 5 -3,2 ... -6,8 7 ... -5,2 6,5 ... 4,7

-14 ... -2,5 5,3 ... -6,9 3,3 ... 8,2 -1,1 ... -1,01

6b) Ranger par ordre croissant :

-1 ; 4,5 ; -2,6 ; -3,4 ; 7,8 ; 9 ; -12,5

Après avoir rappelé les réponses à la question 2, le professeur P précise qu'il s'agissait de répondre aux questions 3 à 6 ; il désigne un élève pour corriger la question 3, puis un autre pour corriger la question 4 avant de faire un bilan.

« (...) Bon, dans la question 2, qu'est-ce qui se passe ? » Une élève : « Un nombre sans signe c'est plus grand qu'un nombre négatif. » Un élève rappelle le cas particulier de zéro ; P reprend cette remarque : « On a vu que *moins* zéro et *plus* zéro, c'est égal. » P : « À la question 2, après avoir fait la comparaison, on obtient la règle... à mettre sur le cahier de cours... » À la demande de P, des élèves énoncent la règle en question. P reprend leur formulation et l'écrit au tableau :

De deux nombres de signes contraires, le plus petit est le nombre négatif.

On passe à la question 3. P : « Qu'est-ce qu'on compare ? » Des élèves : « Des nombres négatifs. » P : « Et alors ? » Un élève : « Le chiffre le plus près de 0, ça donne la distance. » Un élève, avec l'aide de P : « Celui qui a la distance à 0 la plus petite est le plus grand. » Un autre élève intervient : « C'est l'ordre inverse de la distance à 0. » P approuve : « On peut écrire la propriété de deux manières. » Des élèves : « La première, c'est plus facile ! » P : « On va écrire la première... » Après une petite préparation orale, P met au tableau la formulation attendue, tout en signalant aux élèves qu'ils doivent l'écrire « à droite des réponses de la question 3 » :

De deux nombres négatifs, le plus petit est celui qui a la plus grande distance à zéro.

Un débat s'ensuit. « On pourrait dire *le plus grand est celui qui a la plus petite distance à 0* » affirment plusieurs élèves. P approuve mais ajoute : « Comme dans la règle précédente on a dit *le plus petit*, on continue ici. » Les élèves notent. P : « On pourrait dire aussi, comme l'a dit votre camarade, que les nombres négatifs se rangent dans l'ordre inverse de leur distance à zéro. »

« Pour la question 4, est-ce que c'est quelque chose de nouveau pour vous ? » Les élèves : « Non ! » P : « Est-ce que nous sommes capables de comparer les nombres relatifs ? » Les élèves : « Oui. »

On voit ici émerger et être institutionnalisés les trois éléments de technologie mathématique suivants, qui vont permettre de produire la technique de comparaison de deux nombres relatifs :

θ_1 : De deux nombres de signes contraires, le plus petit est le nombre négatif.

θ_2 : De deux nombres négatifs, le plus petit est celui qui a la plus grande distance à zéro.

θ_3 : Les nombres négatifs se rangent dans l'ordre inverse de leur distance à zéro.

L'institutionnalisation de ces éléments technologiques est réalisée à l'aide d'une technique qui semble routinière. Dans le cadre du travail de correction de l'activité, les éléments θ_1 et θ_2 sont formulés par les élèves à la demande du professeur et notés en regard des questions qui ont permis leur production, alors que θ_3 , également formulé par les élèves, est institutionnalisé oralement. On soulignera que θ_2 et θ_3 ont été énoncés simultanément par les élèves et que le professeur leur a laissé le choix de la formulation à institutionnaliser, choix qui s'est porté sur θ_2 . Ce moment d'institutionnalisation sera repris à l'issue de l'AER lors d'une synthèse et les éléments θ_1 et θ_2 seront notés dans le « cahier de cours ». Cette technique de réalisation du moment d'institutionnalisation d'éléments technologiques semble ici être routinisée : mettre en forme oralement avec les élèves les éléments technologiques lorsqu'ils ont émergé et faire noter les formulations obtenues en regard de la correction de l'AER ; reprendre ces formulations lors de la synthèse.

À la fin de la synthèse le professeur annonce que le travail va se poursuivre par des « exercices d'applications ».

P : « Bien... On a les deux règles qui permettent de comparer les nombres relatifs, je le répète. On va faire des exemples d'application que vous prenez sur votre cahier de cours. » Un élève demande confirmation : « Sur le cahier de cours », répète P, qui ajoute : « Vous prenez votre feuille d'exercices, exercices 5, feuille numéro 14 ».

Les élèves découvrent l'exercice à faire : « C'est facile !... » P commente : « L'exercice 5, c'est un exercice de rangement dans l'ordre croissant [question 1], mais aussi dans l'ordre décroissant [question 2]. Alors, allez-y... »

Le silence se fait. P : « N'oubliez pas de mettre des signes... » Une élève s'inquiète à nouveau de sa bonne compréhension de la consigne : « Dans le cahier de cours, à la suite ! », répète P. Un petit flottement se fait sentir, lié peut-être à des problèmes d'organisation.

Une routine de la classe – les exercices sont faits dans le cahier d'exercices – est modifiée par P qui demande de les « prendre sur le cahier de cours ». Les élèves essaient de réguler cette modification pour ramener le système à son état d'équilibre en intervenant, à deux reprises, pour demander confirmation de la consigne. Leur tentative de régulation échoue et P persiste : les exercices sont à « prendre dans le cahier de cours à la suite ».

On peut alors légitimement s'interroger sur ce qui a amené le professeur à modifier cette pratique routinière. On l'a noté, deux formulations ont été proposées par les élèves, et le professeur a laissé choisir celle qui allait être institutionnalisée par écrit, θ_2 : « De deux nombres négatifs, le plus petit est celui qui a la plus grande distance à zéro ». Cependant il insiste oralement sur la deuxième formulation, θ_3 : « Les nombres négatifs se rangent dans l'ordre inverse de leur distance à zéro ». À l'issue de l'épisode de travail de l'activité rapporté précédemment, qui voit l'émergence et la première mise en forme des éléments technologiques, la correction des questions 5 et 6 permet d'aborder un nouveau type de tâches (« ranger dans l'ordre croissant une suite de nombres relatifs ») et de poursuivre l'émergence de la technique de comparaison des relatifs :

P poursuit : « Question 5... Maintenant qu'on sait comparer les nombres deux à deux, on sait ranger les nombres relatifs... » P appelle un élève au tableau, l'interroge. L'élève indique qu'on commence par les nombres négatifs. P lui demande de préciser. L'élève écrit -4 . P commente : « Il commence par le plus petit... » L'élève a continué d'écrire :

$$-4 < -3 < -1 < 1 < 2 < 6$$

P commente : « Une fois qu'on a épuisé les négatifs on s'attaque aux positifs.... » Puis : « Ranger les températures de la plus basse à la plus haute, ça correspond à ranger les nombres... Dans quel

ordre ? » Un élève : « Croissant. » P reprend cette réponse, en l'explicitant à l'intention d'un élève qui semble ne pas comprendre : « Du plus petit au plus grand. » Il l'écrit :

rangement dans l'ordre croissant (du plus petit au plus grand)

Puis il enchaîne : « Ensuite, pour les questions 6a) et 6b), ce sont des applications de ce qu'on vient de voir... » Il appelle un élève au tableau. Celui-ci indique que $-2 < 5$; P lui fait expliquer pourquoi. On passe alors à $-3,2$ et $-6,8$; l'élève au tableau répond correctement, mais un élève conteste : $6,8$ c'est plus grand que $3,2$! P explique que les négatifs se rangent « dans l'ordre inverse » [de la distance à 0].

L'élève au tableau a continué. Il hésite un instant sur la comparaison de $-1,4$ et $-2,5$: il écrit d'abord les deux nombres à comparer, en laissant un espace entre eux, puis place le signe convenable en recherchant celui dont la distance à 0... S'agissant du dernier couple, il apparaît que l'élève a mémorisé les nombres à comparer, $-1,1$ et $-1,01$! Il indique que $1,1$ c'est $1,10$, ce qui est plus grand que $1,01$, etc.

Le professeur invoque ici la deuxième formulation pour produire et justifier la technique mise en œuvre, formulation qui permet en effet d'aller « plus vite » en s'appuyant sur le rangement d'une suite de nombres positifs, type de tâches routinier pour les élèves. C'est encore la deuxième formulation qui sera invoquée lors de l'institutionnalisation de l'organisation mathématique dans le cahier de cours, lorsque sera traité un « exemple » après l'écriture de la deuxième règle : « De deux nombres négatifs, le plus petit est celui qui a la plus grande distance à zéro ».

Il poursuit : « Vous comparez... » :

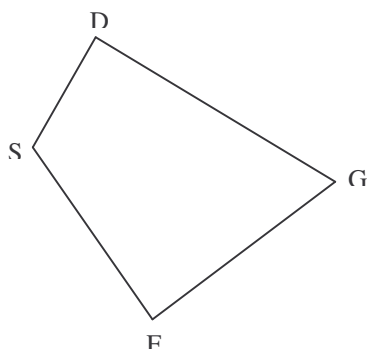
$-7,1$... $-12,6$
 $-5,4$... $-1,7$

Puis : « Alors, qu'est-ce qu'on peut dire ? » P dialogue avec un élève : on arrive à $-7,1 > -12,6$. « On les range dans l'ordre inverse de leur distance à 0 », commente P. Il sollicite un autre élève pour la deuxième comparaison, qui est rapidement menée à bien.

P essaie donc de réguler, par un travail d'institutionnalisation oral qui ne vienne pas perturber la routine d'institutionnalisation décrite, le choix de la deuxième formulation par les élèves, choix qu'il n'a pas pu, ou pas voulu, disqualifier. C'est ainsi qu'on peut entendre le fait de faire noter les exercices de « rangement de nombres relatifs » dans le cahier de cours, à la suite de la synthèse comme s'inscrivant dans une tentative de régulation du choix de la deuxième formulation.

3. ACTE II : DANS UNE CLASSE DE QUATRIEME

Dans le compte rendu travaillé précédemment, on voit le professeur mettre en œuvre systématiquement dans la séance, sans accroc, la technique consistant à solliciter un élève pour qu'il vienne au tableau corriger une question : cette pratique est ainsi une routine. À cet égard, le deuxième compte rendu (annexe 2), dont l'action se situe en classe de 4^e, met en



évidence une routine différente : pour corriger une question, au lieu que l'élève sollicité vienne au tableau proposer sa solution, il la lit depuis sa place, la professeure notant les éléments pertinents au tableau, comme l'illustre le passage suivant :

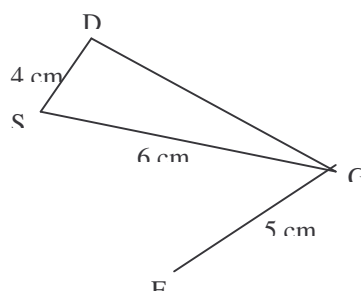
P : « Nous avons déjà fait la question préliminaire. Qui nous rappelle ce qu'on avait démontré ? » Elle sollicite un élève, qui répond. P : « SG est l'hypoténuse des deux triangles, c'est ça ? » Approbation des élèves. P reconstitue la figure en interaction avec les élèves :

Petit débat pour savoir ce qui avait été démontré – que S, D, G, F se trouvent sur un même cercle. Un élève se propose pour rappeler la démonstration. Il lit sur son cahier : les triangles SDG et SFG sont rectangles, ont la même hypoténuse, etc. P approuve et demande : « Comment s'appellent des points sur un même cercle ? » Les élèves en chœur, en trébuchant un peu sur le mot : « Cocycliques !... »

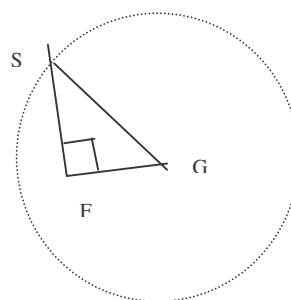
Cette séance de travail, relative au thème d'étude « Triangle rectangle et cercle », débute donc par la correction d'un exercice donné à faire hors classe lors d'une séance précédente. Une fois rappelé le travail effectué lors de cette séance, P rappelle le problème qu'il s'agissait d'étudier : « Il fallait construire S, D, G, F avec $SG = 6$ cm, $SD = 4$ cm, $FG = 5$ cm », sachant que SDG et SFG sont deux triangles rectangles en G et en F respectivement. Elle interroge ensuite un élève qui indique qu'il a calculé DG et qui lit sa solution que P met au tableau :

Calcul de DG

Dans le triangle SDG rectangle en D,
d'après le théorème de Pythagore,
 $SG^2 = DS^2 + DG^2$
 $DG^2 = 6^2 - 4^2$
 $DG^2 = 20$
 $DG = 4,47$ cm



L'élève explique que la connaissance de DG suffit pour construire les points. P traduit son explication par un schéma (ci-dessus, à droite). P : « Comment connaître SF ? » L'élève répond qu'on n'en a pas besoin. Un autre élève intervient, dont P traduit le propos en une figure (ci-contre) : suivant les indications de l'élève, elle trace $FG = 5$, l'angle droit, le cercle de centre G de rayon 6, etc.



Un autre élève intervient pour dire qu'on peut tout faire sans rien calculer. P l'invite à expliciter la construction qu'il propose, en même temps qu'elle réalise les opérations graphiques correspondantes. L'élève : « On prend FG, puis la perpendiculaire à (FG) passant par F, on prend l'écartement SG... » P l'arrête : « C'est la même construction ! » L'élève : « Oui ! » P : « Et ensuite ? » L'élève : « On prend le milieu de SG, puis le cercle passant par F, ensuite on prend SD... »

P : « Oui... » Elle complète le schéma précédent. L'élève termine de présenter sa conclusion. P fait alors un bilan, en insistant sur la question préliminaire – les quatre points S, D, G, F sont cocycliques. Elle fait formuler à nouveau la méthode de construction, puis demande qui a utilisé cette méthode-là : un seul doigt se lève ! P demande que cette « seconde méthode », « purement géométrique », ne nécessitant aucun calcul, soit transcrite dans le cahier.

Une grande partie des élèves – tous sauf un ? – ont donc procédé en « calculant » $DG = \sqrt{SG^2 - SD^2}$. Or cette manière de faire *ne peut pas* être mise sur le même plan que la « seconde méthode » (que P décrit comme « purement géométrique »). La première méthode, en effet, *n'est pas* une méthode de construction *exacte* : elle ne fournit qu'une construction *approchée* du quadrilatère cherché. Chaque type de construction a certes sa valeur, mais ces deux solutions *ne résolvent pas le même problème*. Ce fait aurait dû être explicité lors de la correction – d'autant qu'il n'est guère surprenant que les élèves se soient fourvoyés sur ce point, puisque le programme semble suggérer un lien étroit entre les deux thèmes d'étude mentionnés plus haut.

En situant sur le même plan les deux solutions, P modifie donc une pratique routinière qui voudrait que la première solution soit regardée comme fautive ! On peut voir dans cette

manière de faire une tentative de régulation d'une dévolution ratée, faute sans doute d'une construction préalable du type de problèmes « construire une figure à la règle et au compas ».

4. ACTE III : DANS UNE CLASSE DE SECONDE

Les régulations, ou tentatives de régulations, évoquées précédemment viennent répondre à des perturbations que l'on peut dire *endogènes*, au sens où elles sont suscitées – consciemment ou non – par des actions du professeur ou des élèves. Les perturbations peuvent être *exogènes*, en provenance par exemple de l'autorité ministérielle. C'est ainsi qu'à la rentrée 2000 a été instauré dans la classe de seconde de lycée le dispositif de *l'aide individualisée* (AI) dont le but est de répondre aux besoins des élèves les plus démunis par un travail en groupe à effectif réduit – huit élèves au maximum, désignés par le professeur. Les questions posées à ce sujet, en cette année inaugurale par des élèves professeurs de mathématiques (voir l'annexe 3, pages 2 à 4) mettent en évidence que la désignation des élèves concernés ne va pas de soi. De nombreuses questions soulèvent le problème du volontariat, principalement sous la forme « doit-on faire fonctionner l'aide individualisée en 2^{de} sur la base du volontariat ? », signalant ainsi sans doute qu'un certain nombre d'établissements ont mis en place le dispositif avec des élèves volontaires, ainsi que le révèle ce passage d'une question : « J'ai lu dans mon lycée que l'aide individualisée devait reposer sur la base du volontariat ». Le dispositif à mettre en place perturbe donc les praxéologies didactiques établies, et notamment une assertion technologique que l'on peut exprimer ainsi : « pour qu'un dispositif d'aide soit efficace, il faut que les élèves concernés soient volontaires ».

Cet élément technologique de la praxéologie didactique des professeurs apparaît en consonance avec un élément technologique de la praxéologie didactique des élèves comme l'exprime la question suivante :

L'aide individualisée est très mal perçue des élèves. J'ai l'impression qu'ils la considèrent comme une punition. Comment faire ?

Les technologies didactiques existantes viennent donc neutraliser une partie de la tentative de régulation ministérielle.

Les régulations ministérielles consistent non seulement à introduire des dispositifs didactiques nouveaux, venant répondre à des besoins didactiques identifiés, mais également des organisations mathématiques inédites qui relancent le processus de transposition didactique : ainsi, en classe de seconde, la statistique a-t-elle été augmentée d'une partie sur la simulation et la fluctuation d'échantillonnage. Plusieurs des questions posées par les élèves professeurs (annexe 3, pages 6 à 8) manifestent que cette introduction d'une nouvelle organisation mathématique perturbe la réalisation du moment de d'évaluation, aboutissant en certain cas à remettre en cause l'existence d'une évaluation relative au secteur considéré, voire sur le domaine dans son ensemble.

On ne saurait trop souligner l'importance de l'étude du thème « routines et régulation » pour fonder et éclairer l'analyse et l'intervention en matière de constitution et d'évolution des praxéologies didactiques $[T_{\pi}/\tau_{\pi}/\theta_{\pi}/\Theta_{\pi}]$. Cette étude doit notamment tenir compte des technologies didactiques des professeurs, des élèves, de l'autorité ministérielle, et de leurs possibilités de changement.

ANNEXE – A PROPOS DE « ROUTINES ET REGULATIONS »

Étant donné un *type de tâches* et une personne devant accomplir une tâche *t* de ce type, on peut se trouver schématiquement devant deux catégories de situations³ : la personne « sait » accomplir *t*, c'est-à-dire dispose d'une manière de faire, d'une *technique* lui permettant de réaliser cette tâche : on parlera alors de *tâche routinière* ; la personne « ne sait pas » accomplir *t*, c'est-à-dire ne dispose pas d'une *technique* permettant de réaliser cette tâche : on parlera alors de *tâche problématique*.

Ce que le texte de cadrage du thème 3 de l'École d'été nomme « routines » peut alors se modéliser en termes de techniques mises en œuvres par les professeurs pour accomplir les tâches routinières du métier, soit, pour un professeur non débutant, la très grande majorité des tâches rencontrées.

On notera ici les points suivants. Tout d'abord, les routines se créent avec une part d'arbitraire, de sorte que les routines effectivement observables pourront être assez différentes : c'est l'exigence qu'existe des règles, du *nomos*, qui prévaut sur les autres exigences. Ensuite, une fois créées, les routines vont rendre possible les choses à un point tel qu'on ne les perçoit pas : les routines sont le silence de l'institution – de même que la santé est le silence des organes. Enfin, et par contraste avec ce silence, l'introduction de novations apparaît difficile, voire impossible : lorsqu'une routine a été créée, le système se fige et on perd l'idée que les choses pourraient être autrement qu'elles ne sont, devenant ainsi incapable d'envisager que d'autres routines soient possibles.

On parlera de régulation lorsque, dans la mise en œuvre d'une routine donnée, est identifié un élément de *problématicité*. Il s'agira alors de modifier la routine de façon à ce qu'elle traite la problématicité survenue. La régulation apparaît à plusieurs niveaux institutionnels, et on sera donc amené à distinguer les positions du système dans lesquelles on parlera de régulation : une régulation pensée à un niveau institutionnel donné ne sera pas vécue comme telle à un autre niveau institutionnel, mais par exemple comme un changement agressif venant briser des savoirs et savoir-faire établis. C'est ainsi que les changements ministériels sont en général des régulations du système vécues par une majorité de professeurs comme des ruptures : ainsi en va-t-il par exemple des *travaux personnels encadrés* (TPE) mis en place à la rentrée 2000 dans les classes de première des lycées.

³ Il faudrait en fait paramétrer l'exposé par l'institution dans laquelle on se trouve, ce que nous ne faisons pas ici pour simplifier le propos et parce qu'on se situera pour le travail demandé dans une institution unique : le système français d'enseignement secondaire.