



HAL
open science

Introduction au texte de J. Brun "Évolution des systèmes didactiques et contrôles internes et externes des sous-systèmes cognitifs le constituant"

François Conne

► To cite this version:

François Conne. Introduction au texte de J. Brun "Évolution des systèmes didactiques et contrôles internes et externes des sous-systèmes cognitifs le constituant". Qu'est-ce que la pensée ? Compétences complexes dans l'éducation et le travail, Jun 1998, Suresnes, France. halshs-04263934

HAL Id: halshs-04263934

<https://shs.hal.science/halshs-04263934>

Submitted on 29 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INTRODUCTION AU TEXTE DE J. BRUN :

EQUILIBRES DES SYSTEMES DIDACTIQUES ET CONTROLES INTERNES ET EXTERNES DES SOUS-SYSTEMES COGNITIFS LE CONSTITUANT¹.

François Conne, 1998

RESUME

J. Brun examine les régulations dans le système didactique. Il fait l'hypothèse que les auto-régulations internes lors des apprentissage chez les élèves y sont facteurs de déséquilibre. Cela susciterait alors des renégociations du contrat didactique qui elles-mêmes vont entraîner de nouvelles assimilations, etc. Un volet introductif de F. Conne explicite le lien entre 1° cette hypothèse, 2° les recherches sur les algorithmes et les schèmes numériques (présentés par ailleurs dans cet ouvrage) et 3° la question: "qu'est-ce que la pensée?"

MOTS CLES

Système didactique, Equilibre, Régulations, Schèmes assimilateurs, Apprentissage par adaptation, Recherche de contrat didactique.

Avant-propos

Notre équipe de recherche présente dans ces actes deux articles axés sur la théorie des champs conceptuels et la notion de schème en didactique des mathématiques. Le premier de cet article, co-signé par Jean Brun, Annick Flückiger et moi-même présente un volet de nos recherches sur les erreurs et explique comment nous interprétons et utilisons la définition des schèmes par G. Vergnaud. Ci-dessous, Jean Brun approfondit son étude de l'apport de la théorie des champs conceptuels à la didactique des mathématiques. Sa thèse est de montrer comment systèmes cognitifs et systèmes didactiques sont l'un pour l'autre facteur de déséquilibres et de suggérer que cela explique la manière dont l'enseignement évolue. Ces contributions ne sont pas d'un accès facile pour ceux qui ne connaissent pas en détails les travaux et les développements de la didactique des mathématiques. Qui plus est, le lecteur n'y trouvera pas de lien explicite entre les propos de ces contributions et le thème du colloque *Qu'est-ce que la pensée ?*. Je me propose ici, de manière succincte et dans une introduction très personnelle de montrer comment la question des erreurs, celle du hiatus entre contrôle interne et contrôle externe et le thème du colloque sont liés.

Introduction

Je vais essayer de mettre sur papier ce que j'ai expliqué à Suresnes lors de la discussion du vendredi soir ou lors de discussions de couloir. Qu'il soit bien clair que ce qui suit n'engage que moi, que je ne m'y fais pas le porte-parole de la didactique des mathématiques, ni d'un quelconque groupe de chercheurs en didactique, et qu'enfin je ne présente qu'un aspect très partiel de mon engagement dans la recherche.

¹ In G. Vergnaud & D. Gilis (éds.) *Qu'est-ce que la pensée ? Compétences complexes dans l'éducation et le travail*, Colloque Suresnes juin 1998, Cd-rom.

Je ne me sens pas du tout habilité à répondre à la question: "Qu'est-ce que la pensée ?" que suis-je donc venu faire à Suresnes ? La réponse est simple : comme nous tous, je suis donc je pense, et je suis intéressé à la pensée. J'ai trouvé original et courageux de la part de organisateurs de proposer un tel thème pour ce colloque. C'est d'ailleurs parce que l'expérience de la pensée m'intéressait que je me suis dit un jour que j'allais étudier les mathématiques. Plus encore que la "réalité mathématique", ce qui m'a orienté vers cette science étaient les occasions de pensées que m'offraient, de manière très directe et économique, l'étude des mathématiques et les pratiques mathématiciennes. Pourtant qui s'intéresse à la pensée ne se suffira pas de sa propre pensée, fût-elle aux prises avec l'idéal d'objectivité absolue que semblent offrir les mathématiques. On s'aperçoit très rapidement que la pensée ne se livre vraiment qu'à l'occasion d'échanges (directs et différés) entre personnes s'efforçant de penser les mêmes choses, et quelque fois en même temps. Voilà comment dès mes premiers pas en mathématiques, je me suis intéressé aux questions épistémologiques, puis à l'épistémologie génétique et enfin à ce qui allait donner la didactique des mathématiques.

Cela a une influence sur mon engagement dans la recherche en didactique des mathématiques. Dans la communauté des didacticiens, je plaide depuis bientôt quinze ans pour que l'on veuille bien distinguer ce qui a trait à la connaissance d'une part et ce qui a trait aux savoirs institués d'autre part. Je vous épargne une présentation de cette thèse, ceux qui seraient intéressés pourront se référer à plusieurs articles que j'ai consacré à ce sujet, il leur suffira de m'en faire la demande. Ce que je veux indiquer ici, c'est que sur cette question je prends, en didactique, la position de celui qui s'intéresse à l'expérience cognitive qu'occasionne à tout élève les heures passées en classe à étudier les mathématiques. Par exemple, c'est principalement parce que je suis très intrigué par les "tours pendables que la connaissance joue aux savoirs" (la connaissance se joue des savoirs et telle est bien la marque de la maîtrise), que je me suis tant intéressé aux erreurs des élèves en calcul. Bien entendu, j'aurais pu étudier cela de toute autre manière et même pas forcément en mathématiques. J'aurais pu, par exemple, essayer de comprendre comment il se fait que Charlie Parker ayant essayé, en vain semble-t-il, d'imiter son idole Lester Young a contribué à l'invention du be bop. Ou bien dans le domaine des mathématiques, j'aurais pu, comme tant d'autres l'ont fait avant moi, me pencher sur les erreurs fécondes des plus illustres de nos mathématiciens. Là, dans ces hiatus entre les savoirs formalisés et les connaissances développées pour leur maîtrise, se trouve la clé pour comprendre comment les mathématiques se renouvellent au-delà de leur tautologie apparente. Question à laquelle, soit dit en passant, même le plus platonicien des platoniciens se doit de chercher une réponse. Bien entendu aussi, cette intrigue que j'ai dite m'amène sur d'autres terrains d'investigation que celui de l'étude des erreurs.

De ce point de vue, et les discussions au colloque de Suresnes n'ont fait que de me confirmer cette impression, ce regard que je porte sur les élèves et les enseignants dans leur travail ressemble fortement à celui que portent les psychologues analysant les pratiques professionnelles. Il y a cependant une différence de taille. Dans son étude du travail en classe, l'observateur "bénéficie d'une avance" sur le psychologue du travail. En effet, l'observateur est un ancien élève, il a été scolarisé et en tant qu'adulte instruit, il est autorisé à penser et croire qu'il sait ce que l'on travaille en classe. En d'autres termes, les contenus de l'enseignement, du moins tant qu'on se cantonne à la scolarité obligatoire, font partie de son horizon cognitif et culturel, ce qui n'est pas le cas pour le psychologue appelé à étudier le travail à la presse et au moulage de matières plastiques, ou la conduite de grues ou encore celle de hauts fourneaux. L'école serait donc d'un abord et d'un accès et d'une transparence enviable. Pourtant cela ne présente pas que des avantages, loin de là, car cela conforte des préjugés tenaces et des a priori culturels dont les moindres ne sont pas, concernant les mathématiques, les préjugés rationalistes et universalistes.

Ainsi donc le principal danger qui guette tout chercheur dans le domaine de l'enseignement des mathématiques est bien celui de ne pas s'apercevoir qu'il ne comprend pas ce

qu'il observe. Lisez donc la littérature pédagogique et comptez donc les textes où les auteurs avouent que quelque chose leur échappe. Dans la masse des discours, vous n'en trouverez pas beaucoup. Par contre les explications se ramassent à la pelle. Mais revenons à la pensée, je suis enclin à croire que plus il est savant et plus il est difficile au chercheur de se libérer de sa propre pensée. Comme je l'ai dit, une des choses qui retiennent mon attention lorsque j'observe une classe au travail (i.e. des élèves et un enseignant), sont des indices de leurs pensées. Ce à quoi je m'efforce ensuite, c'est de m'essayer à penser ces pensées. C'est naïf, mais n'est-ce pas le seul moyen qui nous soit donné de saisir la pensée d'autrui ?

Ce que je viens de déclarer s'illustre très bien par l'étude des erreurs de calcul. Les erreurs des élèves figurent parmi les indices et les traces observables de leurs pensées. Pour l'observateur, aussi blindé qu'il soit dans ses propres savoirs et préjugés, c'est toujours l'occasion de surprises. En effet, les erreurs ne sont pas prévisibles, nos anticipations sont constamment prises en défaut. Et pourtant après coup, il n'est jamais très difficile de les "comprendre", c'est à dire de se fournir des moyens de pensée pour les reproduire. Dans notre article sur les erreurs, j'affirme que la notion de schème telle que la définit G. Vergnaud permet d'expliquer ce paradoxe apparent. Voici un exemple. Lors d'une épreuve de calcul à des élèves qui ont appris à additionner en colonne, on propose l'item suivant $7 + 52 + 186 = ?$ (sous cette forme exactement) et on obtient entre autres erreurs, celles-ci : 29, 200, 938. Seule la réponse 200 paraît ne pas trop s'éloigner du résultat correct 245. Il n'est pas très difficile de "comprendre" comment une élève aura pu calculer 29. Pour cela, il suffit de faire la somme de chacun des chiffres inscrits dans la donnée: effectivement $7+5+2+1+8+6$ donne 29. Mais comment diable peut-on arriver à 986 ? La collègue qui a observé cette erreur n'en avait aucune idée. Pourtant elle étudiait ces erreurs pour montrer les "méfaits" d'un enseignement prématuré du calcul écrit. Mais voilà, ma collègue, à l'instar de la quasi-totalité des chercheurs, n'est pas encline à calculer elle-même, c'est-à-dire, afin de penser sur la base de ces indices de pensées, à se placer elle-même dans les conditions qu'elle a imposées aux élèves. Sans doute n'a-t-elle aucune passion pour le calcul arithmétique, mais alors pourquoi donc s'intéresse-t-elle aux erreurs des élèves ? Passons car nous avons mieux à faire. Quel calcul pourrait donner une réponse dans les alentours de 938 avec des éléments extraits de la donnée ? Eh bien c'est extrêmement simple : $752 + 186$ donne effectivement 938. Cette observation rejoint d'autres observations que nous avons pu faire à propos du calcul en colonnes. En particulier le fait que certains élèves ont tendance à ne pas laisser de case vide (blanches) dans leur tableau de chiffres. En fait, on peut affirmer que, tant pour les élèves que pour l'enseignement, la disposition des calculs en colonnes (nous disons dans un diagramme, et pour la définition de ce terme je vous renvoie au Larousse), le diagramme donc fonctionne comme un véritable "format" du traitement des données. Quant à la réponse 200, elle "s'explique" de la manière suivante : $7+5+2+186$ donne 200. Dès lors, les trois réponses, 29, 200, et 938 peuvent être classées ensemble dans une catégorie d'erreurs provenant de "jeux de regroupement de chiffres de la donnée". Une conclusion importante est alors la suivante. Lors de l'enseignement de l'addition en colonne, les élèves apprennent bien plus que l'addition en colonnes. Au grand dam de l'école bien entendu. Ainsi donc, le calibrage des apprentissages en classe, même sur des objets aussi simples que l'addition en colonnes (simples au regard de ce que les élèves sont censés par ailleurs apprendre en mathématiques), n'est pas contrôlé. C'est bien la manifestation que la pensée à l'œuvre dans ces apprentissages dépasse l'objet enseigné. La notion de schème telle que la définit G. Vergnaud, et l'idée de schème d'assimilation de Piaget, nous permettent de penser de tels débordements.

L'argumentation que je viens de développer n'est pas spécifique à l'étude des erreurs mais a un caractère bien plus général, et à mon opinion, bien plus profond. Méditons un instant sur cette observation d'un "débordement" de l'enseignement par les pensées qu'il occasionne chez les élèves (et chez les enseignants aussi d'ailleurs). Bien sûr c'est bienvenu, et nous avons de la chance de pouvoir disposer d'indices aussi simples à observer que les erreurs et les surprises qu'elles occasionnent. C'est bien là, un tour pendable que joue la connaissance des élèves au

savoir à enseigner, ou pour adopter maintenant la manière dont Jean Brun s'exprimera dans le texte qui suit, c'est bien la manifestation de ces contrôles internes aux systèmes cognitifs. Mais le travail en classe n'en reste pas à la production de l'erreur. Pour autant que l'élève la présente au maître ou que ce dernier en prenne connaissance, celui-ci sera sommé de la sanctionner et de la corriger. L'erreur a créé un déséquilibre dans le système didactique que les actions du professeur chercheront à rétablir par l'exercice de contrôles externes sur la pensée de l'élève.

Avant de laisser la plume à Jean Brun, je voudrais indiquer la chose suivante. Je crois qu'il y a une analogie étroite entre ces "jeux de pensées" que j'ai décrit comme étant une de mes principales motivations à la recherche en didactique et ce jeu d'équilibres et de déséquilibres qui jalonnent tout enseignement.

Equilibres des systèmes didactiques et contrôles internes et externes des sous-systèmes cognitifs le constituant.

Lors du colloque organisé en 1993 par l'ARDM à l'occasion des 20 ans de la didactique des mathématiques française (Artigue et al. 1994), j'avais tenté de caractériser l'évolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et la didactique des mathématiques. J'avais montré alors à quel point la théorie des champs conceptuels marquait profondément cette évolution par son étude systématique du développement des concepts mathématiques en lieu et place des structures logico-mathématiques choisies par Piaget pour modéliser le développement de l'intelligence. La théorie des champs conceptuels marquait également cette évolution en donnant une place importante aux situations dans lesquelles les schèmes se forment et évoluent. Le couple schème/situation est fondateur d'un processus d'apprentissage par adaptation active. Situation devait être entendue au sens où l'entend le psychologue.

La théorie des "situations didactiques" de Brousseau (1986) donne de son côté une signification propre à la notion de situation, et j'avais essayé de montrer comment les questions soulevées par la théorie des champs conceptuels se prolongeaient avec cette théorie spécifiquement didactique, du fait qu'elle envisage les transformations des connaissances en savoirs par l'entremise de situations didactiques. Schématiquement, mon propos s'organisait selon la logique suivante : la psychologie du développement cognitif renouvelée par l'étude du développement des concepts avec la théorie des champs conceptuels fait partie de l'ensemble des théories didactiques qui marquent l'inscription du sujet cognitif dans un système didactique.

Je chercherai ici à montrer à nouveau la nécessité de la théorie des champs conceptuels en didactique des mathématiques, mais en inversant cette fois le cours de mon propos qui partait alors de la psychologie du développement cognitif pour aller vers la didactique des mathématiques, depuis le sujet cognitif vers sa conversion en sujet d'un système didactique. En prenant cette fois comme point de départ la théorisation strictement didactique, je me demanderai si cette théorisation peut être autonome au point d'expliquer les phénomènes cognitifs qu'elle rencontre par les seuls mécanismes du système didactique.

Considérons un système didactique. Une question cruciale, comme pour tout système, est celle de son équilibre. Faisons donc l'hypothèse d'un système didactique en équilibre. En quoi consisterait cet équilibre ? Rappelons qu'un tel système est un système de relations entre trois "sous-systèmes" (Brousseau 1986) : le sous-système savoir, représenté par un milieu, le sous-système élève et le sous-système enseignant. L'équilibre du système correspondrait à un "contrat didactique" (Brousseau 1986) qui serait stable et tel qu'enseignement et apprentissage seraient parfaitement en phase. A tout enseignement correspondrait un apprentissage et à tout apprentissage correspondrait un enseignement. Si certains courant behavioristes ont pensé pouvoir théoriser un tel système, la théorie des situations didactiques a elle-même démystifié un semblable équilibre en conceptualisant les "paradoxes du contrat didactique", les "ruptures de

contrat", le "processus de recherche d'un contrat", la "mémoire didactique". Tout un travail théorique propre à la didactique des mathématiques permet aujourd'hui de comprendre les fonctionnements des systèmes didactiques et de conclure qu'un système didactique ne peut que tendre à l'équilibre, sans pouvoir l'atteindre (voir en particulier Brousseau 1996, cours de la VIIIème école d'été de didactique des mathématiques).

La question qui me préoccupe ici est de savoir pourquoi un système didactique est nécessairement en déséquilibre ou tend en permanence à un équilibre inatteignable. Un élément de réponse peut-être le suivant : les propriétés non-didactiques des sous-systèmes du système didactique sont actives dans les fonctionnements des systèmes didactiques. J'envisage deux de ces propriétés non-didactiques :

- 1- Les "sous-systèmes élèves" ont la propriété de contrôler eux-mêmes leurs apprentissages (Halbwachs 1981). Ils exercent des contrôles internes par l'intermédiaire des "schèmes" (Vergnaud 1991). Ils en sont pas seulement soumis à des contrôles externes venus des interventions organisées à dessin pour provoquer des apprentissages. Régulations internes et externes interagissent en permanence ainsi que les processus d'assimilation et d'accommodation (Piaget 1976). Le concept de "dévolution" dans la théorie des situations didactiques témoigne de la reconnaissance de cette interaction de contrôles internes et externes. En conséquence, l'élaboration par l'élève des significations qu'il donne aux situations et aux concepts, la temporalité d'un apprentissage, l'articulation des apprentissages successifs, sont des facteurs de **déséquilibre** du système didactique.
- 2- Les "sous-systèmes élèves" et les "sous-systèmes enseignants" ont la propriété de négocier les contrats qu'imposent leurs cheminements dans le système didactique. Aux prises avec un milieu mathématique, les acteurs du système didactique forment une organisation sociale dont les règles vis-à-vis des savoirs sont implicitement établies, mais sans cesse déjouées par ces mêmes acteurs, et renégociées par eux dans le cours de la relation didactique. La nécessité du maintien de cette relation dans la durée est ainsi soumise à des déséquilibres et aux adaptations qui s'ensuivent.

Un concept qui concerne ces deux points me semble alors devoir être examiné de plus près, c'est celui "d'apprentissage par adaptation". Cet apprentissage par adaptation travaille le système didactique en étant un des motifs de déséquilibre de ce système (point 1), en même temps qu'un motif de la renégociation du contrat censé assurer son équilibre (point 2). L'élève cherche à s'adapter aux problèmes que le maître a conçus et cette recherche d'adaptation entraîne des pertes de contrôle didactique. Le maître cherche à compenser ces dernières en adaptant son enseignement cette fois aux adaptations que tente l'élève vis-à-vis de la situation.

On voit donc que les transformations entre invariants opératoires (Vergnaud 1991) et objets mathématiques enseignés qui opèrent au fil des situations didactiques, demandent que les adaptations aux savoirs et aux situations soient négociées non seulement du point de vue de l'apprentissage, **mais aussi du point de vue de l'enseignement**. Connaître ces invariants opératoires et étudier leurs fonctionnements en situation didactique reste donc une tâche capitale du didacticien.

Bibliographie.

- Artigue M., Gras R., Laborde C., Tavnnot P. (1994) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble, La Pensée Sauvage
- Brousseau G. (1986) Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 7.2, 33-115
- Brousseau G. (1996) L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. Actes de la VIIIème école d'été, IREM de Clermont-Ferrand, 3-46
- Brun J. (1997) De l'adaptation au jeu : la théorie des situations et les rapports enseignement/apprentissage, Conférence aux Premières journées de didactique des mathématiques de Montréal.
- Brun J. & Saada-Robert M. (1996), Les transformations des savoirs scolaires : apports et prolongements de la psychologie génétique. *Perspectives*, vol. XXVI, n°1.
- Halbwachs F. (1981) Apprentissage des structures et apprentissage des significations. *Revue Française de pédagogie*, 57, pp. 15-21
- Piaget J. (1976) L'équilibration des structures cognitives. Paris, PUF
- Vergnaud G. (1991) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 10, 2-3, 133-170.