
SITUATIONS D'APPRENTISSAGE, ACTIONS ET RETROACTIONS : UNE EXPERIENCE EN CP

Marie Claude CHEVALIER
Formateur IUFM de Toulouse
Laboratoire de Didactique des Sciences et des Techniques - Université de Bordeaux I

L'expérience dont rend compte cet article fait partie d'une étude expérimentale menée dans le cadre d'un Diplôme d'Etudes Approfondies de Didactique des Mathématiques¹. Sa description et son analyse sont précédées d'une partie théorique qui définit la notion de rétroaction et comporte une discussion sur l'intérêt des situations à rétroaction. En contrepoint de l'expérience, des réactions de maîtres en formation continue sont présentées.

Un enseignant souhaite que les activités qu'il propose dans ses classes "marchent bien", que ses élèves ne se retrouvent pas en situation d'échec.

Un formateur a l'occasion d'observer des maîtres ou des élèves-professeurs. Bien souvent, au cours d'une activité, ceux-ci interviennent pour apporter des informations aux élèves sur leurs actions, pour utiliser les résultats de l'un d'eux, pour redéfinir le problème ou rappeler les consignes...

Toutes ces interventions sont-elles nécessaires ? Sont-elles pertinentes ? Sont-elles liées au fonctionnement de la connaissance dans la situation ? Interviennent-elles au bon moment ?

On peut avoir des opinions opposées sur la justesse de telle ou telle intervention. Certains enseignants semblent plus expérimentés ou plus "doués" que d'autres... Mais comment se forge-t-on une telle opinion ? Interpréter en termes d'expérience ou de don paraît une approche naïve, peu scientifique.

La didactique des mathématiques permet d'analyser des phénomènes² d'enseignement sans tomber dans le piège des jugements de valeur. On ne dira pas "c'est bien ce qu'a fait tel enseignant" ou "son intervention est maladroite". Une analyse de la situation permettra de rapporter tel fait au contrat liant les différents partenaires ou à la nature du savoir en jeu...

¹ M.C. Chevalier (1992), "Etude des feed-back dans les situations a-didactiques", mémoire de DEA de didactique des mathématiques, Irem de Bordeaux.

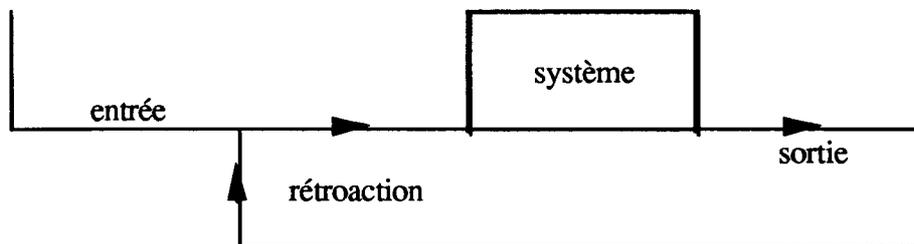
² On peut se rapporter à l'article de Guy Brousseau (1990), "Intérêt et utilité de la didactique", publié dans le numéro 47 de Grand N.

A - SITUATIONS ET RETROACTION

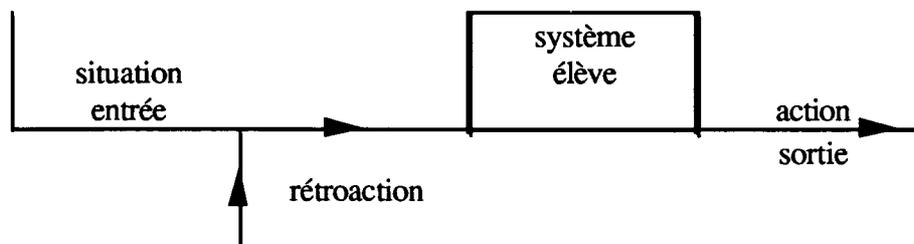
I - INTRODUCTION

Cette étude a pour objet ce qui concerne un apport d'information sur l'action d'un élève dans une situation didactique. Dans le cadre de la théorie des situations de Brousseau³, nous nous sommes centré sur la notion de **rétroaction**.

Disons brièvement que cette notion est attachée à une modélisation empruntée à la cybernétique où le terme **rétroaction** est utilisé pour désigner une action de contrôle en retour (feed-back est le terme anglo-saxon équivalent). Une **rétroaction** peut être décrite comme une boucle qui permet de recueillir une information à la sortie d'un système, de réinjecter cette information à l'intérieur de ce système afin de permettre une régulation de son fonctionnement.



Dans le cas d'une situation avec **rétroaction**, nous faisons l'hypothèse que le "système élève" produit une action susceptible de lui renvoyer des informations lui permettant une régulation de son action.



On peut distinguer les **rétroactions** qui dépendent de l'enseignant, de celles que l'élève peut attribuer assez directement aux résultats de ses actions.

Dans le premier cas, c'est l'enseignant qui décide d'intervenir auprès d'un élève, c'est lui qui choisit le moment, la nature de l'information qu'il donne; il utilise les résultats des élèves, élimine certaines de leurs hypothèses, demande de changer de point de vue ou de stratégie... Il joue avec le contrat didactique et ses ruptures.

Dans le deuxième cas, c'est la situation elle-même qui renvoie de l'information; l'enseignant n'intervient pas dans le déroulement de la situation. Dans les situations d'action, situations où les connaissances permettent à l'élève de prendre des décisions, la **rétroaction** doit donner des informations sur l'action engagée, les possibilités

³ Brousseau G.(1986), "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", *Recherches en didactique des Mathématiques*, vol. 7.2, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble

d'obtention d'un résultat. Elle doit permettre à l'élève de juger son action, de faire une lecture critique de la valeur de ses résultats.

Ce sont ces situations à rétroaction indépendante de l'enseignant que nous étudions. Pour cela, nous nous proposons de construire une situation contenant des rétroactions, de la mettre en oeuvre avec des élèves et d'étudier l'effet des rétroactions.

Une des premières questions à envisager pour construire la situation est : comment faire intervenir des informations susceptibles d'être lues par les élèves sans dénaturer le problème initial ? Des rétroactions qui apportent non seulement des informations sur l'action engagée, mais aussi sur la réponse à trouver, peuvent faire disparaître le problème.

Ces informations doivent permettre à chaque élève de mesurer le résultat de son action. Elles doivent donc être suffisamment proches de ce que l'élève va pouvoir engager comme stratégie afin de jouer le rôle de régulation de l'action.

Enfin, une situation dans laquelle la connaissance apparaît comme solution ou moyen d'obtenir la stratégie optimale doit être reproductible. Les informations doivent être suffisamment générales pour être adaptées aux actions d'élèves différents.

Quelles sont les informations qui vont faire changer le comportement d'un élève en étant perçues comme réactions à sa propre action et qui vont conserver à la situation son identité ?

Quelles sont les informations qui peuvent s'appuyer sur une stratégie de base engagée par l'élève ?

Quelles sont les informations dont le traitement est à la charge de l'élève ?

II - INTERET DES SITUATIONS A RETROACTION

Quel est l'intérêt d'une situation à rétroaction du point de vue de l'institution ? de l'élève ? de l'enseignant ?

Intérêt pédagogique

Une situation à rétroaction suppose que l'élève a la possibilité de faire plusieurs tentatives. Après un premier essai, il reçoit une information qu'il peut interpréter, il peut alors faire un deuxième essai...

Peut-on comparer les résultats obtenus dans une telle situation à ceux obtenus dans un simple exercice ?

Si l'on est dans le cadre d'une évaluation de connaissances, on compare des performances d'élèves qui font une fois un exercice aux performances d'élèves qui font deux fois le même exercice. En revanche, si on se place dans une situation d'apprentissage, comparer les stratégies engagées est tout à fait intéressant du point de vue pédagogique.

La présence de rétroactions peut changer la nature des connaissances utiles dans une situation et permettre de proposer aux élèves des problèmes nouveaux.

Intérêt pour l'élève

L'élève qui reçoit une rétroaction est obligé d'interpréter ce qui s'est passé et donc de développer une formulation non seulement des difficultés mais du problème lui-même. Il doit prendre une attitude réflexive par rapport à son apprentissage.

Dans une situation à rétroaction, il est reconnu que l'élève a le droit de se tromper. L'auto-contrôle permet théoriquement d'augmenter le nombre de tentatives : dans la mesure où l'élève peut juger le résultat de ses actions, il peut faire, sous son propre contrôle, plusieurs essais.

L'existence de rétroactions permet la dévolution⁴ à l'élève de situations où une connaissance est à produire. La finalité de la connaissance, le fonctionnement du savoir, deviennent plus accessibles à l'élève.

Mais un sujet engagé dans une réflexion sur un problème peut avoir des difficultés à changer de point de vue. L'élève qui aurait mobilisé des connaissances non pertinentes peut rester imperméable aux informations qu'il reçoit. Une situation à rétroaction ne suffit pas à lever tous les obstacles inhérents à la construction des connaissances.

Dans la mesure où l'élève peut faire plusieurs essais, il peut obtenir la solution par tâtonnement. La rétroaction s'oppose alors à la conceptualisation; les activités effectives, tout en rassurant l'enseignant, maintiennent l'élève dans des phases d'action.

Une rétroaction matérielle peut lancer l'élève dans des directions inattendues, lui faire perdre le sens de la connaissance en jeu.

Intérêt pour l'enseignant

Il est utile pour l'enseignant de pouvoir regarder les comportements des élèves face à une situation. Dans les problèmes classiques, une fois la réponse donnée, plus personne ne peut faire de tentative. En proposant une situation à rétroaction, l'enseignant peut observer plusieurs stratégies utilisées, voir leurs évolutions. Cela peut l'aider à mieux comprendre les difficultés de certains, à mieux percevoir les possibilités d'autres enfants, à différencier les activités proposées. Une individualisation semble possible.

Cependant, introduire une situation à rétroaction paraît prendre plus de temps : l'élève a à comprendre le problème, à comprendre la rétroaction. La gestion du temps dans une situation ordinaire semble plus aisée.

⁴ "La dévolution consiste, non seulement à présenter à l'élève le jeu auquel le maître veut qu'il s'adonne, mais aussi à faire en sorte que l'élève se sente responsable, au sens de la connaissance et non pas de la culpabilité, du résultat qu'il doit chercher". G Brousseau (1988), "Didactique des mathématiques et formation des maîtres à l'école élémentaire", Actes de l'université d'été d'Olivet, édité par l'IREM de Bordeaux.

On peut penser que des élèves habitués à avoir une attitude réflexive accepteront plus difficilement une solution standard ou des connaissances de référence. Le travail de l'enseignant dans l'institutionnalisation⁵ des savoirs risque d'être plus difficile.

En conclusion

Dans le cadre d'une expérience, il convient donc de regarder :

du côté de l'élève, les apports des rétroactions quant

- à la réussite
- à la recherche d'une stratégie
- aux changements de stratégie
- à la formulation du problème
- à l'acceptation des solutions standards,

et, du côté de l'enseignant, les possibilités didactiques apportées par les situations à rétroaction :

- écoute des élèves
- reconnaissance du droit à l'erreur
- possibilité de discours sur le fonctionnement du savoir, de considérations "méta-mathématiques"
- différenciation
- recherche de situations.

Il convient également de s'intéresser à l'utilité didactique et en particulier à l'adéquation à l'apprentissage.

III - TRAITS CARACTERISTIQUES DES RETROACTIONS

Nous avons défini ce qu'est une rétroaction mais selon les circonstances on peut distinguer différents traits caractéristiques.

Une rétroaction peut être annoncée ou non

Dans le cas où la rétroaction est annoncée, l'élève sait qu'il peut faire des tentatives, il peut prendre des risques, il sait aussi qu'il recevra de l'information sur son action. Pour réussir, il devra interpréter cette information et réguler son action. Pour cela, il devra donc conserver en mémoire de travail la stratégie utilisée.

On peut aussi trouver des élèves qui attendent l'évolution de la situation en pensant qu'elle deviendra plus accessible et refusent d'engager des connaissances.

⁵ "L'institutionnalisation consiste à donner un statut culturel ou social aux productions des élèves: activités, langage, connaissances.[...] Les maîtres doivent prendre acte de ce que les élèves ont fait, décrire ce qui s'est passé et qui a un rapport avec la connaissance visée, donner un statut aux événements de la classe comme résultat des élèves et comme résultat de l'enseignant, assumer un objet d'enseignement, l'identifier, rapprocher ces productions des connaissances des autres (culturelles ou du programme), indiquer qu'elles peuvent resservir". G Brousseau, (1987), Actes du XIVème colloque Inter-IREM des professeurs d'école normale, Angers, édité par l'IREM de Nantes.

Lorsque la rétroaction n'est pas annoncée au départ, l'élève attend la validation de sa réponse ; il peut attendre de façon passive ou non la correction, oublier la stratégie développée.

Une rétroaction peut avoir un caractère effectif ou non.

On peut s'intéresser à des situations où les rétroaction ne sont qu'évoquées. Lorsqu'une rétroaction fonctionne mentalement, on peut penser que l'élève a une représentation assez fiable de ce qui va se passer. Cela traduit une possibilité d'anticipation pour laquelle l'élève mobilise ses connaissances - ou des conceptions plus ou moins erronées.

Par contre lorsque la rétroaction est effective, on n'est jamais sûr que l'élève ait une activité anticipatrice. L'élève peut faire une tentative, regarder ce qui se passe, faire une nouvelle tentative. La rétroaction est là pour corriger, elle permet d'établir un constat par rapport à une action passée ; mais permet-elle d'anticiper les résultats d'une action future ?

Une rétroaction peut être finalisée didactiquement ou non.

Une rétroaction qui informe sur la cause des erreurs est finalisée didactiquement: elle permet à l'enseignant d'informer l'élève sur l'organisation des connaissances et les intentions didactiques.

Une rétroaction peut, au contraire, n'apporter des informations que sur la situation, les difficultés de fonctionnement de la connaissance. Elle traite les actions engagées sans dévoiler les intentions didactiques.

Une rétroaction peut apporter peu ou beaucoup d'information.

Face à une alternative, une rétroaction est très fortement informative et peut même apporter toute l'information nécessaire à l'obtention de la réponse.

Dans d'autres situations, les rétroactions peuvent se situer au niveau des méthodes d'action sans pour autant donner des réponses.

Une rétroaction peut orienter vers des corrections locales ou des modifications plus fondamentales.

Par exemple, dans la réalisation d'une collection équipotente à une collection donnée, la confrontation des deux collections peut autoriser des ajustements par comptage de petites quantités lorsque l'écart entre la réponse souhaitée et la réponse donnée est faible et lorsque l'élève peut réaliser la collection en plusieurs manipulations.

Dans la même situation, si l'élève n'a droit qu'à une seule manipulation par tentative ou si l'écart est trop grand, la confrontation peut renvoyer à la recherche d'une nouvelle stratégie de comptage.

Une rétroaction peut être plus ou moins bien adaptée à la connaissance en jeu.

Une rétroaction doit renvoyer à l'élève des informations sur son action sans faire disparaître le problème posé. Elle doit pouvoir faire fonctionner la connaissance en jeu sans en détruire le sens.

B- EXPERIENCE REALISEE AU COURS PREPARATOIRE

I - CRITERES DE CHOIX A PRIORI

Reproductibilité

Nous avons choisi une situation de mise en oeuvre peu coûteuse.

La situation ne s'inscrit pas dans une progression précise, ne suppose pas des travaux préalables. Elle peut donc être proposée à bien des moments d'une année scolaire.

Le matériel à distribuer aux élèves est facilement réalisable: il se réduit à quelques photocopies ou feuilles polycopiées.

Le temps nécessaire à la mise en oeuvre est raisonnable. Dans une classe de cours préparatoire, on ne peut proposer des activités demandant une trop longue attention aux élèves.

La lecture de la consigne apparaît comme une activité de lecture ordinaire à ce niveau de scolarité.

Pertinence par rapport à la connaissance visée

La situation choisie est adaptée à la connaissance visée, elle favorise la conceptualisation.

Elle est représentative d'une classe de problèmes que l'on peut obtenir en jouant sur les variables didactiques. Par exemple, en changeant l'habillage du problème, on pourra modifier l'ensemble des solutions. Ou bien, en changeant les nombres choisis ou le rapport des nombres entre eux, on aura encore une influence sur les stratégies mises en oeuvre.

Pertinence par rapport aux effets sur les comportements des élèves

La situation est choisie de façon à mettre à jour des effets non triviaux sur le comportement des élèves. Ces effets doivent être visibles et stables.

Dans l'étude qui suit, nous essaierons de montrer ces effets.

II - INGENIERIE

Idée de départ

L'idée de départ est de transformer un énoncé classique de problème, de manière à créer une situation qui renvoie des informations aux élèves.

Choix d'un problème

Il est intéressant de pouvoir observer des stratégies personnelles et non des comportements appris. La situation proposée au CP est nouvelle, elle fait appel à des connaissances exigibles au CE.

Le problème de départ est le suivant⁶ :

*Une boîte de chocolat contient 6 rangées de 4 bonbons.
J'en offre 8.*

Combien en reste-t-il ?

Dans un premier temps, l'analyse des termes ou formulations utilisées dans l'énoncé conduit à effectuer quelques modifications afin de faciliter la lecture au CP. Un personnage est introduit : Nicolas. Les formulations très condensées sont remplacées par plusieurs phrases courtes, en particulier pour éviter l'emploi de "en".

*Nicolas a une boîte de chocolats.
Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons.
Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons.*

Il donne 8 bonbons à ses amis.

Combien lui reste-t-il de bonbons ?

Nature des rétroactions

Il est proposé aux élèves de faire un dessin. Cela fait partie de la culture de l'élève. On peut émettre l'hypothèse que le dessin jouera le rôle de rétroaction et ne s'imposera pas comme une tâche parallèle.

Dans la situation telle qu'elle est proposée, l'élève est assujéti à une représentation de la situation, à un rapport à ses propres productions. La mise à distance par le dessin de son rapport avec le problème devrait lui permettre d'exercer un contrôle.

III - METHODOLOGIE

Les populations

La même situation est proposée avec des modalités différentes dans trois classes de CP, les deux CP de l'école d'application et le CP de l'école annexe de Cahors, en Mai 1991. Les effectifs sont respectivement de 15, 19 et 26 élèves.

⁶ Objectif Calcul C.E₁, Hatier.

Les deux premières classes ont des populations comparables. Les maîtres travaillent ensemble, suivent une progression commune, les résultats des élèves dans l'ensemble des disciplines sont, au dire des enseignants, semblables.

L'école annexe recrute dans un milieu plus favorisé. Son effectif est intéressant pour l'expérimentation. En fin d'année scolaire, les différences de niveau entre les élèves de ces deux écoles ne sont plus aussi nettes qu'à l'entrée au CP.

Les modalités

Dans la suite, les trois modalités seront appelées A, B, C.⁷

La **modalité A** correspond à la situation sans rétroaction. L'énoncé modifié est affiché au tableau.

Chaque élève reçoit une feuille sur laquelle se trouve également l'énoncé.

nom: classe:	<table border="1"><tr><td>Nicolas a une boîte de chocolats. Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons. Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons. Il donne 8 bonbons à ses amis. Combien lui reste-t-il de bonbons?</td></tr></table>	Nicolas a une boîte de chocolats. Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons. Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons. Il donne 8 bonbons à ses amis. Combien lui reste-t-il de bonbons?
Nicolas a une boîte de chocolats. Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons. Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons. Il donne 8 bonbons à ses amis. Combien lui reste-t-il de bonbons?		
Il lui reste		

⁷ A est proposée dans un CP de l'école d'application, B dans le deuxième CP de cette même école, C dans le CP de l'école annexe.

Le maître organise, en suivant les habitudes de la classe, la lecture du texte. Il laisse 1/4 h aux élèves puis relève les feuilles.

La **modalité B** correspond, elle, à la situation avec rétroaction. On procède comme précédemment mais le maître dit aux élèves qu'ils peuvent faire un dessin s'ils le souhaitent.

La **modalité C** correspond à une introduction progressive de rétroactions, non annoncées. Elle comporte trois étapes.

La situation commence comme dans A.

Le maître relève la première feuille et distribue la deuxième sur laquelle on demande le dessin de la boîte de bonbons.

nom:

classe:

Nicolas a une boîte de chocolats.
Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons.
Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons.

Dessine la boîte de bonbons.

Il donne 8 bonbons à ses amis.

Combien lui reste-t-il de bonbons?

Il lui reste

Il laisse encore 1/4 h et à nouveau relève les productions.

Il donne alors la dernière feuille sur laquelle plusieurs boîtes sont représentées et où on demande de reconnaître la boîte de Nicolas.

nom:
classe:

Nicolas a une boîte de chocolats.
Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons.
Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons.

Trouve la boîte de Nicolas.

Il donne 8 bonbons à ses amis.

Combien lui reste-t-il de bonbons?

○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○

○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○

○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○

○	○
○	○
○	○
○	○
○	○
○	○

○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○

○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○

Il lui reste

Conditions d'expérimentation

C'est le maître d'application, titulaire de la classe, qui propose la situation aux élèves et en gère la conduite. Un groupe de normaliens et moi-même assistons à la séquence en tant qu'observateurs.

Critique de la méthode

La modalité B, proposée seule, ne permet pas de dire que le dessin joue un rôle effectif de rétroaction. Un élève qui est capable d'obtenir la réponse a des chances de

réussir correctement le dessin. On peut noter les stratégies développées et les réussites, mais on ne sait pas ce que les élèves auraient fait sans le recours au dessin.

La modalité A a donc été introduite afin de voir l'influence du dessin dans des populations comparables.

La modalité C permet de noter les changements de réponse entre les deux premières phases. On peut penser que le dessin joue son rôle de rétroaction pour l'élève qui ne produit pas de réponse ou une réponse fausse à la première phase, puis un dessin correct et une réponse correcte à la deuxième. Mais on ne sait pas si les réussites constatées sont dues au fait que les élèves ont eu en fait à résoudre plusieurs fois le même problème.

On aurait pu comparer les résultats obtenus avec la modalité B à ceux obtenus dans la première phase de la modalité C à condition d'avoir des populations comparables (niveau social, réussite scolaire...).

Toutes ces remarques ont déterminé les choix qui ont été faits.

Bien que les populations aient des effectifs relativement faibles, les observations recueillies paraissent intéressantes. Elles permettent de poser des questions et d'envisager de nouvelles expérimentations.

IV - RESULTATS

Réussite selon les trois modalités

Tableau de contingence :

modalités	A	B	C feuille 1	C feuille 2	C feuille 3
réponses correctes	0	14	2	15	16
réponses fausses	4	5	16	8	10
absence de réponse	11	0	8	3	0
nombre d'élèves	15	19	26	26	26

Analyse des résultats

La présence du dessin donne des taux de réussite supérieurs à 50% sur un exercice qui dépasse les compétences exigibles en fin de CP. La réussite au même exercice sans le dessin ne dépasse pas 8%.

Les résultats sur C₁, C₂ et C₃ semblent confirmer l'hypothèse du rôle effectif de rétroaction joué par le dessin. On peut constater une nette augmentation du nombre de réponses correctes entre la première phase et les deux suivantes (de 2 à 15 ou à 16), une diminution du nombre de réponses fausses (de 16 à 8 ou à 10) et d'absence de réponse (de 8 à 3 ou à 0).

Cette hypothèse se confirme encore si on compare les réussites dans les deux CP de l'école d'application où les populations sont très proches l'une de l'autre. On a 0 réponse correcte dans A, 14 dans B ; 11 absences de réponses dans A, 0 dans B. Le nombre de réponses fausses reste le même (4/15 # 27% et 5/19 # 26%).

La présence du dessin diminue ou non le nombre de réponses erronées (entre 23% et 31% avec la modalité C, stabilité si on compare A et B) mais augmente de façon très nette le nombre de réponses données (entre 26% et 30% avec la modalité C, 73% si on compare A et B).

La rétroaction proposée ici semble permettre une meilleure compréhension du problème posé. Les élèves peuvent construire une représentation de la situation, engager des stratégies, donner une réponse.

Il était important ici d'avoir une situation nouvelle dans laquelle les élèves ne pouvaient pas reconnaître un problème type et produire des solutions apprises.

Comparaison des résultats obtenus avec et sans dessin

Une épreuve du X^2 permet de tester⁸ l'hypothèse nulle : "les résultats à deux épreuves ne diffèrent pas de façon significative".

En comparant les résultats obtenus aux modalités C_1 et C_2 (énoncé modifié proposé aux élèves dans la phase C_1 , énoncé avec demande de dessin dans la phase C_2) auprès des mêmes élèves du CP de l'école annexe, on peut affirmer que les résultats à ces deux épreuves sont significativement différents sans une trop forte probabilité d'erreur (rejet de l'hypothèse nulle avec un seuil de 0,1%).

Par contre si on compare les résultats obtenus avec les modalités B (dessin suggéré par le maître) et C_2 (dessin demandé par la consigne écrite), le rejet de l'hypothèse nulle correspondrait à une trop forte probabilité d'erreur (entre 20% et 30%). On ne peut donc pas conclure que les résultats obtenus sont significativement différents.

⁸Test statistique qui permet de comparer deux distributions ou de comparer une distribution observée avec une distribution théorique déduite d'une hypothèse.

Réponses selon la modalité C

Tableau des réponses données à la question "Combien lui reste-t-il de bonbons ?" :

individus	phase 1	phase 2	phase 3
1	1	16	24
2	/	16	16
3	16	16	16
4	16	16	16
5	2	8	3
6	2	3	3
7	2	3	3
8	1	1	16
9	1	16	16
10	1	16	16
11	8	8	8
12	15	15	15
13	15	16	16
14	/	/	24
15	8	17	16
16	8	16	16
17	14	16	16
18	14	14	14
19	/	/	16
20	1	16	16
21	1	16	16
22	/	16	4
23	/	16	16
24	/	16	16
25	/	16	16
26	/	/	24

Analyse des réponses

Deux élèves obtiennent la réponse correcte dès la première feuille et réussissent par la suite (e_1 et e_4).

Quatre élèves obtiennent des réponses proches de la réponse attendue : 15, 14 (e_{12} , e_{13} , e_{17} et e_{18}). Deux maintiennent leur réponse malgré des dessins corrects ce qui laisse penser que pour eux la rétroaction ne fonctionne pas. Ils reçoivent une information du dessin mais ne l'interprètent pas. Par contre les deux autres modifient leur réponse.

Les six réponses 1 à la modalité C_1 surprennent (e_1 , e_8 , e_9 , e_{10} , e_{20} , e_{21}). On a peut-être des élèves qui ont commencé à écrire un nombre compris entre dix et vingt mais qui, ne sachant pas quel nombre choisir, se sont arrêtés.

L'apparition des réponses 24 à la modalité C₃ s'explique par l'oubli du problème posé (24 est le nombre de bonbons de la boîte). On trouve cette réponse chez deux élèves n'ayant pas répondu dans les deux premières phases (e₁₄ et e₂₆) et chez un élève qui avait donné la réponse juste à la deuxième feuille (e₁). Pour ce dernier, on a oublié du problème ou tout simplement lassitude. Pour les deux autres, on peut penser à une incompréhension de la situation.

La réponse 4 chez un élève qui avait trouvé 16 à la deuxième feuille peut vouloir signifier : la boîte de Nicolas est la 4ème (e₂₂).

Un élève (e₁₁) maintient tout au long de la situation la réponse 8, qui est le nombre de bonbons donnés.

V - ETUDE DES DESSINS

Les dessins les plus intéressants sont obtenus avec la modalité B, celle où le maître ajoute oralement : "vous pouvez faire un dessin si vous le souhaitez". L'ouverture de cette consigne permet que les élèves développent des stratégies différentes.

L'analyse de ces dessins sera reprise mais le texte du problème tel qu'il a été donné dans la modalité C nécessite auparavant quelques remarques.

Analyse de l'énoncé

Nicolas a une boîte de chocolats.
 Dans la boîte, il y a 6 rangées de bonbons.
 Dans chaque rangée, il y a 4 bonbons.

Dessine la boîte de bonbons.

Il donne 8 bonbons à ses amis.

Combien lui reste-t-il de bonbons ?

On a, dans l'ordre, des données sur la boîte de bonbons, la consigne demandant le dessin de la boîte, la donnée sur le nombre de bonbons qui sont offerts, la question.

La consigne sur le dessin n'est pas ouverte comme dans la modalité B. Les élèves ne peuvent pas faire n'importe quel dessin, mais ils doivent représenter la boîte de bonbons.

Cette consigne intervient avant l'information sur les bonbons offerts, elle apparaît comme une question intermédiaire.

Analyse des dessins obtenus avec la modalité B

Notons tout d'abord que, la consigne sur la possibilité de faire un dessin étant restée très ouverte dans la modalité B, on peut voir des stratégies différentes développées par les élèves :

- comptage des 8 bonbons
- interprétation en nombre de rangées à supprimer
- interprétation en nombre de rangées à représenter.

Dessins des enfants qui n'ont pas obtenu la réponse 16.

Un seul dessin sur 19 semble éloigné du problème posé. Il est en couleur et représente un petit garçon tenant une boîte de bonbons.

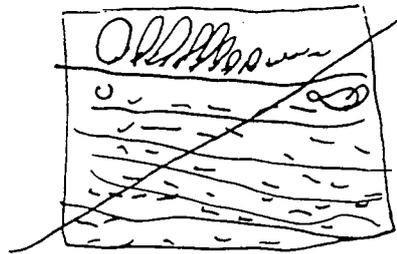
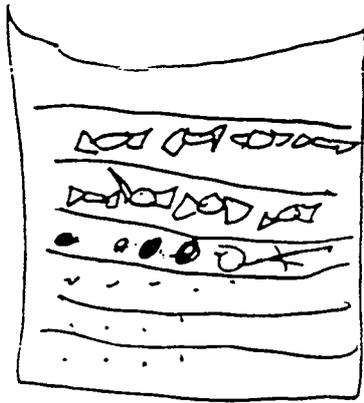


En regardant de plus près, on distingue des bonbons par rangées de 4 ou 5 dans la boîte mais on ne sait pas trop ce que l'enfant a voulu représenter.

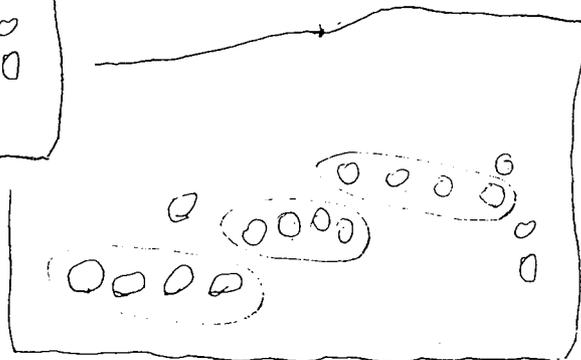
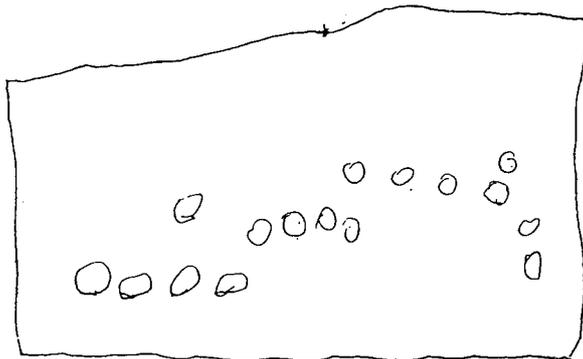
Dans une deuxième partie beaucoup plus schématique (une seule couleur) on voit une boîte barrée de 6 traits.

Sommes-nous face à un enfant qui a eu envie de faire un beau dessin pour illustrer l'histoire qu'il venait de lire ou face à quelqu'un qui a commencé à construire une représentation du problème posé ?

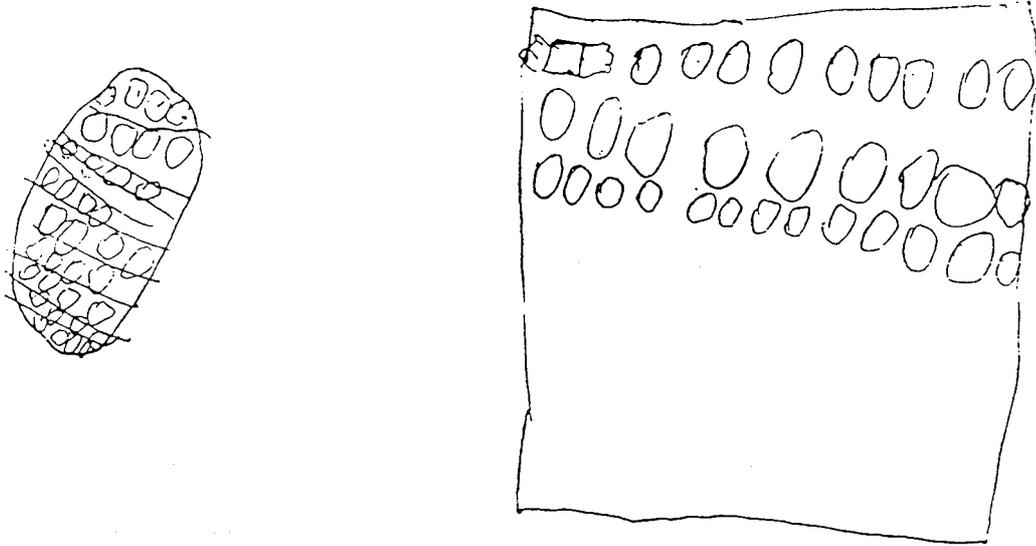
Dessins où on voit des essais d'organisation



On voit 6 traits pour les rangées ; les dessins des bonbons sont plus ou moins figuratifs.



Sur celui-ci, les bonbons semblent en vrac mais en fait on a des groupes de 4 (hypothèse confirmée par l'observation).

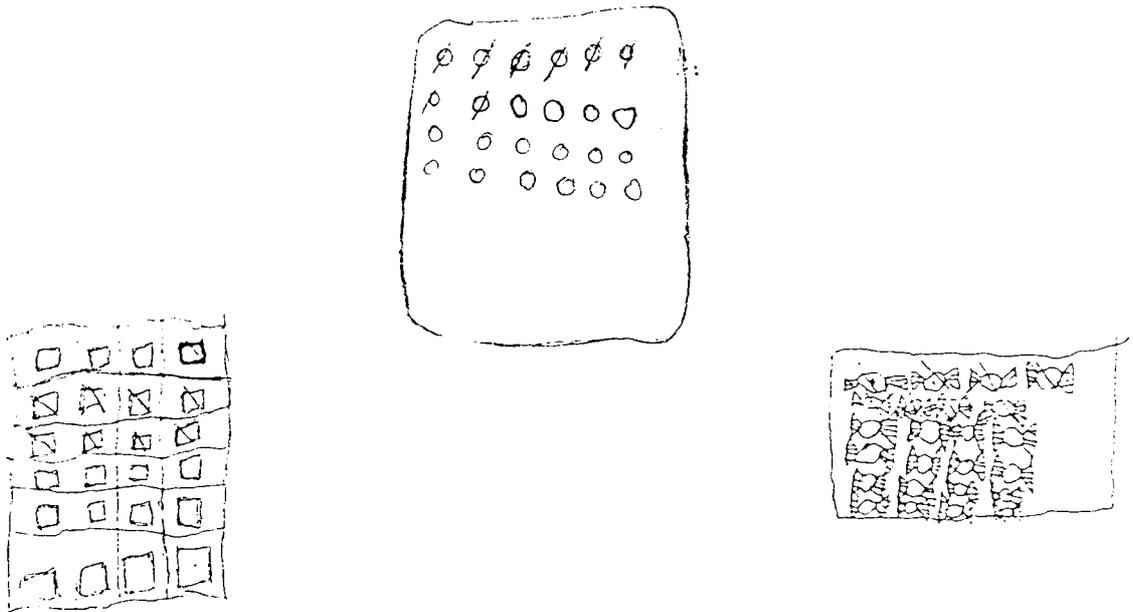


Les bonbons sont organisés par rangées de 4 ou non.

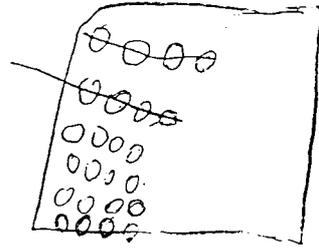
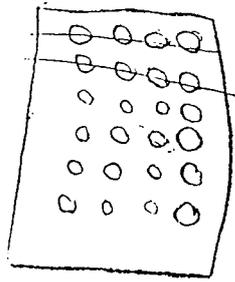
Dessins des enfants ayant réussi le problème

Les 14 dessins peuvent être classés par familles.

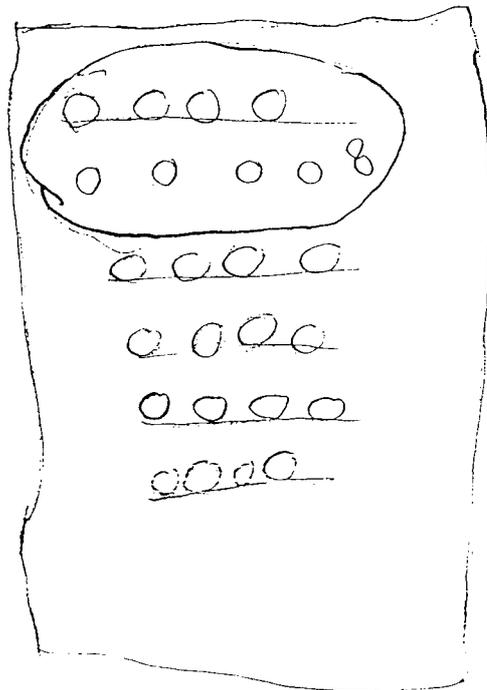
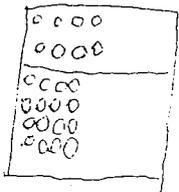
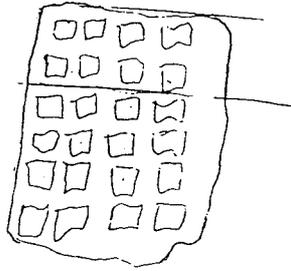
Boîtes de 6 rangées de 4 bonbons



Les 8 bonbons sont barrés un à un, par rangée ou non.

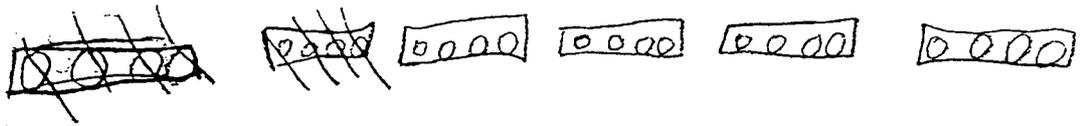
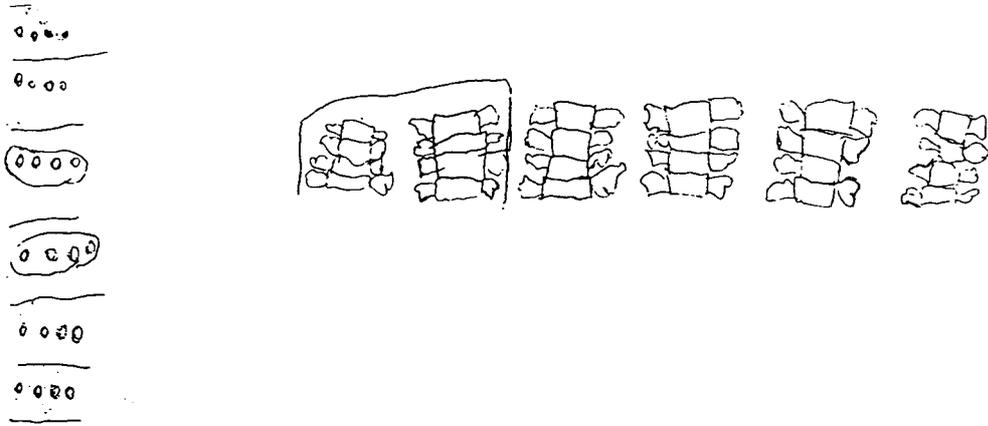


Deux rangées sont barrées, l'une après l'autre.

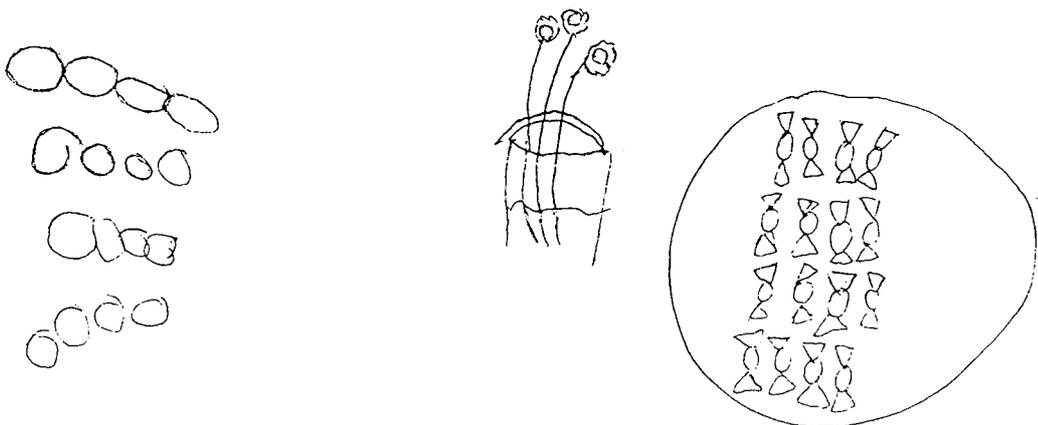


Deux rangées sont globalement isolées.

Le contour de la boîte n'est pas dessiné mais on reconnaît 6 rangées de 4 bonbons



4 rangées de 4 bonbons



Le deuxième dessin, avec le bouquet de fleurs, a été représenté au dos de la feuille. L'élève a d'abord écrit la bonne réponse, puis a dessiné les fleurs, puis les bonbons. Voulait-il montrer ainsi qu'il savait faire sans l'aide du dessin ?

C - REFLEXION A POSTERIORI

I - ROLE DE RETROACTION JOUE PAR LE DESSIN

Nous avons formulé l'hypothèse que le dessin pouvait apporter à l'élève des informations sur son action et pouvait lui permettre de corriger son résultat ou modifier la représentation qu'il avait de la situation.

Les résultats obtenus lors de l'étude expérimentale confirment notre hypothèse : le dessin joue le rôle de **rétroaction effective**.

L'élève, qui doit fournir une réponse face au problème de la boîte de bonbons, est assujéti à une représentation de la situation. Le fait d'avoir à produire un dessin, devrait lui faire prendre conscience de cela et lui permettre d'exercer un contrôle sur cette représentation.

Le dessin crée une contingence à partir de laquelle l'élève devrait pouvoir envisager une réponse, la contrôler, développer des stratégies nouvelles...

D'autre part, nous pensons que des élèves habitués à produire des dessins utilisent une représentation mentale de la situation. Le dessin joue alors le rôle de **rétroaction simulée**.

II - NATURE DE LA RETROACTION DESSIN

Dans l'étude expérimentale que nous avons réalisée, le dessin apporte **peu** quant aux réponses à trouver. La possibilité de faire un dessin apparaît comme une **méthode** suggérée à l'élève.

Dans un article "Enseigner des méthodes en Mathématiques"⁹, Marc Rogalski définit les objectifs possibles de l'enseignement de méthodes. Nous retiendrons parmi ceux-ci :

- Permettre de prendre conscience de ce qu'on est en train de faire, des choix qu'on a faits, et ainsi de pouvoir explorer toutes les possibilités, sans en oublier.
- Se doter de moyens de contrôle et de vérification de ce qu'on fait.
- Rendre disponibles des connaissances auxquelles on ne pense pas toujours avoir accès (le "comment penser à...").

Ces points renferment l'idée qu'un enseignement de méthodes devrait favoriser des processus de régulation.

Le dessin est **adéquat à la connaissance** en jeu : les nombres interviennent comme mémoire de la quantité, puis ils permettent d'anticiper et de calculer.

Le dessin traduit la représentation de la situation que l'élève a fabriquée et non pas l'interprétation qui aurait un caractère nécessaire si elle était présentée par le maître. Il permet à l'élève d'envisager une solution et d'élaborer une conviction. Dans le

⁹ Marc Rogalski, "Enseigner des méthodes en mathématiques", Publications de l'institut de recherche de mathématiques de Rennes, fascicule 5 : didactique des mathématiques année 1989-1990.- IRMAR - Université de Rennes I.

contrôle que l'élève va exercer grâce au dessin, la validation repose sur le **sens** de ce dessin.

L'élève qui doit produire un dessin ignore ce que le maître veut lui apprendre, les connaissances que celui-ci veut qu'il mobilise. Le dessin peut exister sans dévoiler **l'intention didactique**. Notre étude en a montré son fonctionnement en tant que rétroaction dans une situation d'action.

III - INTERET DU DESSIN EN TANT QUE RETROACTION

Dans le cas de l'expérience, le fait de demander un dessin augmente de façon très nette le nombre de **réussites** à l'exercice posé, favorise la formulation du problème et la recherche de stratégies. Il est très intéressant de voir comment les élèves ont obtenu la réponse cherchée avec des approches différentes du même problème. Le dessin permet à l'enseignant de **connaître les stratégies** utilisées par les élèves qui réussissent. Dans certains cas, il informe sur l'origine d'une réponse.

La présence du dessin change la **nature des connaissances utiles**. Le problème posé qui se résout en calculant :

$$(6 \times 4) - 8 = 16$$

peut être résolu par des élèves qui ne connaissent pas la multiplication ou l'usage des parenthèses: les enfants peuvent, par comptage, obtenir la réponse 16.

Lors de la correction, le maître ne peut plus imposer une solution standard mais cela lui ouvre des possibilités didactiques.

Demander un dessin permet à l'enseignant de poser des **problèmes nouveaux**, de concevoir des **situations d'apprentissage**. Il va pouvoir convertir en connaissances et savoirs les modèles implicites utilisés par les élèves.

IV - RETROACTION ET RAPPORT AU SAVOIR

On a parlé des effets des rétroactions sur les connaissances. Le problème peut être posé différemment: quel est le **rapport au savoir** minimal qui permet à un élève de **traduire une information en rétroaction** ?

Les rétroactions apportent des informations sur l'action des élèves. Lorsque cette action se traduit par une production, une réponse, on peut mesurer les régulations produites et les attribuer, sans un trop grand risque d'erreur, à la lecture de la rétroaction.

Lorsque cette action ne se traduit pas par une production mais reste au niveau de la construction d'une représentation de la situation, ou du projet d'engager une stratégie, on peut seulement faire des hypothèses sur les changements de point de vue éventuels. Les décisions du sujet ne sont pas visibles mais elles peuvent être soumises à des rétroactions.

Un élève ne peut interpréter et traiter l'information qu'il reçoit qu'à partir de l'idée qu'il se fait du fonctionnement du système. Dans certains cas, l'information reçue peut rester illisible pour lui. Dans notre étude, on voit quelques élèves qui ne peuvent bénéficier des informations contenues dans le dessin. Pour eux, il n'y a pas usage personnel, maîtrisé, des savoirs et des connaissances.

Un élève qui a fini un apprentissage, si tant est que l'on puisse parler d'apprentissage terminé, a un rapport stable à des objets mathématiques. En cours d'apprentissage, les connaissances sont dépendantes du cadre didactique. Cela éloigne l'élève de cet usage personnel. Permettre à l'élève une autonomie de contrôle de ses actions est un projet conforme à l'institution scolaire mais c'est aussi un projet éducatif.

D - REACTIONS DE MAITRES EN FORMATION CONTINUE

Au cours d'un stage qui regroupait une quinzaine de maîtres du cycle des apprentissages, le questionnaire ci-dessous a été proposé aux stagiaires.

Résolution de problèmes au cycle des apprentissages	
<i>Une boîte de chocolats contient 6 rangées de 4 bonbons. J'en offre 8. Combien en reste-t-il ?</i>	
	Objectif Calcul CE ₁
Analyse de l'exercice	
. C'est un exercice de CE ₁ : facile (réussite >75%) <input type="checkbox"/>	
difficile <input type="checkbox"/>	
. Pour résoudre cet exercice, l'élève doit mobiliser des connaissances sur	
. La forme de l'énoncé : des données, une question finale	
. Les nombres en jeu	
. Le vocabulaire utilisé ou les formes grammaticales	
. L'habillage du problème	
Démarche pédagogique	
Proposeriez-vous ce problème :	
tel quel <input type="checkbox"/>	
avec énoncé modifié ou consigne supplémentaire <input type="checkbox"/>	
au CP <input type="checkbox"/>	
au CE ₁ <input type="checkbox"/>	
au CE ₂ <input type="checkbox"/>	

80% des maîtres interrogés jugent l'exercice d' "Objectif Calcul" difficile.

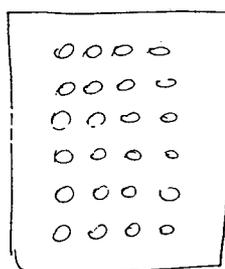
Les connaissances à mobiliser les plus souvent citées sont la multiplication et la soustraction (87%). Les capacités liées à la compréhension de l'énoncé et à la construction d'une représentation de la situation n'interviennent que plus rarement (33%).

L'énoncé est jugé difficile. Cela renvoie à l'absence d'une question intermédiaire (54%) pour la forme du texte et à l'emploi de l'expression "j'en offre" (77%) pour le vocabulaire ou les tournures grammaticales. Le verbe offrir est souvent cité seul (54%).

Les maîtres proposeraient cet exercice au CE₁ (100%), avec quelques réserves au CE₂ (66%) et au CP (60%).

Dans tous les cas, ils modifieraient l'énoncé. La principale modification proposée est l'introduction d'une question intermédiaire demandant le nombre de bonbons dans la boîte (66%).

Les mêmes personnes évoquent la possibilité de demander le dessin de la boîte, deux d'entre elles demanderaient de compléter une fiche avec dessin.



Voici une boîte de
Chocolats .

Elle contient

$$. + . + . + . = \square$$

ou

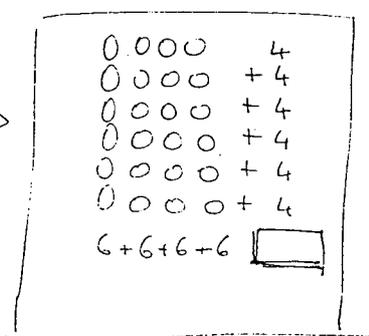
$$. + . + . + . + . + . = \square$$

Offre 8 bonbons à tes copains.

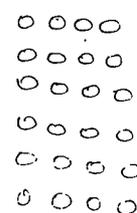
(Barre les sur le dessin)

Combien reste-t-il de
bonbons pour toi ?

Pour CP
⇒



CE₁



$$[6 \times 4] \text{ ou } [4 \times 6]$$

Remarques

Le croisement des différentes réponses montre que ces maîtres n'envisagent comme démarche de résolution de ce problème que celle qui consiste à :

- calculer le nombre total de bonbons en faisant une multiplication ou une addition répétée,
- calculer le nombre de bonbons qui restent, après en avoir enlevé 8.

Les stratégies utilisées par les enfants sont, pour la plupart, éloignées de ce procédé.

Les nombres en jeu dans l'exercice sont déterminants dans la recherche d'une stratégie. Le fait que "8 bonbons" puisse être interprété en nombre de rangées n'a été mentionné par aucun maître alors que cela a été vu par certains élèves.

Les questions que l'on peut aborder en formation continue, à partir d'un travail comme celui-ci, sont par exemple :

- Est-il nécessaire ou utile d'apprendre des "problèmes types" à l'école ?
- Quelle est la part de créativité dans une activité de résolution de problème ?
- Un élève peut-il accepter une solution standard lorsqu'il obtient la réponse par un procédé différent ?
- Comment un enseignant peut-il aider des élèves en difficulté ?
- Face à une fiche à compléter, un élève est-il en situation d'apprentissage ?

On peut également, en formation continue, proposer d'analyser des activités de classe :

- identifier le problème posé,
- rechercher les connaissances minimales permettant de s'approprier le problème,
- inventorier les différentes stratégies pouvant être engagées,
- repérer les variables didactiques de la situation...