

UNE EXPÉRIENCE DE CONCEPTION DE RESSOURCES NUMÉRIQUES INTERACTIVES POUR LE CYCLE 2

LE PROJET SMART ENSEIGNO

Colette LABORDE
Cabrilog
labordec@cabri.com

Résumé

L'exposé présente les grandes lignes directrices qui ont présidé à la conception de ressources numériques interactives en mathématiques pour le cycle 2 dans le cadre du projet Smart Enseigno, projet retenu par le partenariat d'innovation intelligence artificielle (PIIA) du ministère de l'éducation. Sont explicités les choix didactiques à l'œuvre dans l'organisation du milieu offert dans les ressources, tant sur le plan des actions possibles des élèves que des rétroactions de nature adidactique et didactique.

I - LE PROJET SMART ENSEIGNO

Le projet Smart Enseigno relève du partenariat d'innovation pour l'acquisition d'un assistant pédagogique en mathématiques fondé sur l'intelligence artificielle à destination des enseignants et des élèves du cycle 2 avec la direction du numérique du ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. Qu'elle soit remerciée pour son soutien et les échanges et conseils pendant le déroulement du projet. Le projet regroupe des entreprises et des institutions universitaires : les sociétés Educlever, Cabrilog et Ludotic, l'Institut Français d'Education, l'IREM de l'Université Grenoble Alpes et l'équipe WIMMICS-INRIA.



Figure 1. Le partenariat PIIA et les partenaires du projet Smart Enseigno

L'objectif du projet est d'offrir une plateforme en ligne de ressources en mathématiques à destination d'élèves du cycle 2, comportant un assistant dédié à l'enseignant sous forme d'un tableau de bord intelligent. Cet assistant aide l'enseignant à constituer des parcours de ressources, soit pour l'évaluation de connaissances des élèves, soit pour l'apprentissage de connaissances. Il envoie ensuite des éléments d'information sur les résultats des élèves, leurs acquisitions et les connaissances non encore acquises.

Ce projet a déjà effectué deux phases : la phase 1 (octobre 2019 – décembre 2020) de preuve de concept dans laquelle la plateforme a été mise en place avec une partie des ressources et expérimentée dans 17 classes et la phase 2 d'industrialisation (février 2021 – juillet 2021). Il est actuellement en phase 3 de diffusion dans les écoles. La phase 3 est aussi l'occasion de faire connaître la plateforme et les ressources, et de former les enseignants à son usage. La plateforme est accessible gratuitement à toute école qui s'inscrit sur le site compagnon Smart Enseigno : <http://www.smartenseigno.fr/>.

Pour mener à bien le projet, il a été nécessaire de développer :

- un référentiel de compétences et connaissances (appelées « cocons ») ;
- des ressources numériques ;

- des algorithmes adaptatifs pour choisir les ressources destinées, soit au diagnostic des connaissances des élèves, soit à l'apprentissage de cocons en fonction du profil de l'élève.

Le référentiel de cocons a été développé par l'IREM de Grenoble et a donné lieu à une communication à ce colloque : les concepts didactiques comme outils de conception pour l'intelligence artificielle en éducation (Croset, Soury-Lavergne, Terouanne dans cet ouvrage).

Plus de 270 ressources numériques sont disponibles sur la plateforme. Elles ont été développées par la société CabriLog à l'aide du logiciel Cabri auteur. Les auteurs principaux des ressources sont A. Battaini et G. Gottardi, professeurs des écoles et formateurs de maîtres au canton du Tessin (Suisse) ayant une grande expérience du terrain et de la conception de ressources numériques. Un complément de ressources a été conçu par C. Antoine, L. Jacob, didacticiennes des mathématiques, et P. Dewaele, concepteur de ressources avec Cabri depuis plus de 30 ans, afin de créer des ressources sur les cocons non encore pourvus.

Les principes de conception de ces ressources font l'objet de cette communication.

II - PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONCEPTION DES RESSOURCES

1 Le point de départ : le référentiel de cocons

Chaque ressource est rattachée à un thème du programme de cycle 2 puis au sein de ce thème à un ensemble de valeurs de variables didactiques. Les treize thèmes retenus figurent dans le tableau ci-dessous (Tab. 1).

Domaine du programme	Sous-domaine	Thème des ressources
Nombres et calculs	Numération	Coder un nombre
		Décoder un nombre
	Problèmes additifs	de transformation
		de comparaison
		de partie-tout
	Problèmes multiplicatifs	de division partition
		de division quotient
Géométrie	Solides	Reconnaître
		Construire
		Nommer
	Polygones	Reconnaître
		Construire
		Nommer

Tableau 1. Thèmes du référentiel de cocons choisis pour concevoir les ressources

Au sein du référentiel, pour chaque thème du programme ont été déterminées des variables didactiques pouvant prendre plusieurs valeurs. Ainsi, dans le thème « Problèmes additifs de comparaison », les variables suivantes sont-elles distinguées :

- la taille des nombres prenant 4 valeurs, entre 0 et 9 inclus, entre 10 et 99 inclus, entre 100 et 999 inclus, entre 1000 et 9999 inclus ;
- l'objet de la question : calcul d'un état ou de la comparaison ;

- la congruence sémantique versus la non congruence sémantique entre la formulation de la question et l'opération à faire.

Un cocon est l'ensemble de connaissances et compétences associé à un ensemble de valeurs de variables didactiques d'un thème donné. Ces connaissances et compétences sont mises en œuvre dans la résolution d'un problème.

Ci-dessous des exemples de problèmes additifs de comparaison (tirés des ressources) où les nombres sont compris entre 0 et 9 et où la question porte sur un état, le nombre de billes de Tom avec des valeurs différentes pour la congruence sémantique.

Exemples de congruence sémantique, c'est-à-dire lorsque l'opération modélisant le problème est en accord avec le mot décrivant la comparaison dans l'énoncé : « plus » pour l'addition, « moins » pour la soustraction.

« Léa reçoit 3 billes. Tom reçoit 4 billes de plus que Léa. Combien de billes a Tom ? »

« Léa reçoit 6 billes. Tom reçoit 4 billes de moins que Léa. Combien de billes a Tom ? »

Exemples de non congruence sémantique, c'est-à-dire lorsque l'opération modélisant le problème n'est pas en accord avec le mot décrivant la comparaison dans l'énoncé.

« Léa reçoit 6 billes. Léa a 2 billes de plus que Tom. Combien de billes a Tom ? »

« Léa reçoit 5 billes. Léa a 4 billes de moins que Tom. Combien de billes a Tom ? »

Les ressources proposent un problème à résoudre dans l'environnement de mathématiques dynamiques Cabri auteur. Elles mettent en scène un problème correspondant à un ensemble de valeurs de variables didactiques relatif à un thème donné. Les données sont aléatoires pour que les élèves les recommençant ne se contentent pas de donner une réponse qu'ils auraient mémorisée.

2 L'organisation du milieu dans l'environnement Cabri

Le point de départ d'une ressource est donc le problème correspondant au cocon choisi. Un premier principe suivi dans la conception d'une ressource est de s'assurer que la résolution du problème demande bien les compétences et connaissances visées. En termes de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998), les connaissances visées doivent constituer un moyen efficace et économique de résolution. Ainsi, la modélisation par une addition ou une soustraction est-elle un moyen économique de résolution dans le problème de Léa et Tom par rapport au comptage ou au sur-comptage d'un en un pour trouver le nombre de billes de Tom. On pourra consulter à ce sujet le guide publié par le ministère de l'éducation sur les nombres, le calcul et la résolution de problèmes en cycle 2 (2020).

Le problème est posé dans l'environnement Cabri. Ce n'est, ni un problème posé avec du matériel concret, ni un problème posé seulement avec des mots. Il est posé dans l'environnement informatique Cabri dont on tire parti pour organiser le milieu (Brousseau, *ibid.*) En effet, le processus de résolution du problème par l'élève dépend des interactions possibles entre l'élève et le milieu. Un principe de conception choisi a donc été de favoriser les interactions entre le milieu et l'élève afin que ce dernier puisse continuer à avancer dans la résolution. Soulignons que les ressources cherchent à solliciter la réflexion des élèves et demandent des prises de décisions de leur part. Les ressources qui ont été créées ne se résolvent ni immédiatement, ni par des essais erratiques.

On a donc cherché à concevoir un milieu :

- à la fois pour l'action de l'élève : de façon générale, le milieu pour l'action organisé dans les ressources favorise la manipulation par l'élève, tirant parti en cela des possibilités dans Cabri de représenter des objets 2D ou 3D manipulables, il s'agit d'une manipulation contrôlée (cf. § II) ;
- et pour les rétroactions de type adidactique provenant de la situation et celles de type didactique correspondant aux rétroactions du professeur.

Illustrons l'organisation du milieu par un exemple, la ressource « Ana et Bili ».

La ressource demande de résoudre un problème additif de comparaison dans lequel il s'agit de calculer un état dans un cas de congruence sémantique entre l'énoncé et l'opération qui permet de trouver le résultat. Les nombres sont compris entre 10 et 20.

Une abeille Ana remplit de miel 10 alvéoles. On demande d'abord de montrer le travail d'Ana par un clic sur les alvéoles (Fig. 2). Dès l'entrée dans la ressource, la manipulation (clics sur un nombre donné d'alvéoles) est sollicitée. Elle sert ici à aider l'élève à entrer dans la situation évoquée. Si l'élève se trompe, une rétroaction le lui signale et demande de recommencer (Fig.3).

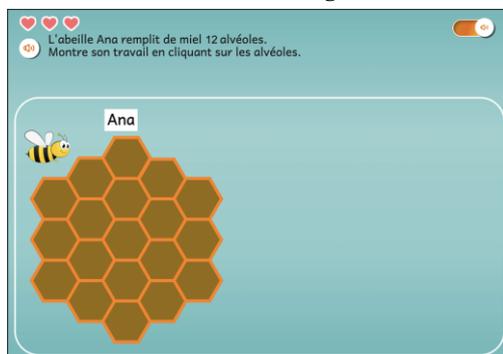


Figure 2. Le début de « Ana et Bili »

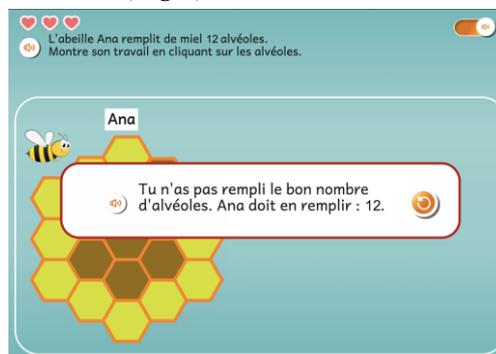


Figure 3. Rétroaction sur une erreur sur les alvéoles d'Ana

Une fois que l'élève a cliqué le nombre correct d'alvéoles remplies par Ana, le reste de l'énoncé s'affiche avec le problème à résoudre. Bili a rempli 5 alvéoles de plus qu'Ana. La question porte sur le nombre d'alvéoles remplies par Bili (Fig. 4). Mais la manipulation n'est pas disponible. En effet, l'objectif de la ressource est que l'élève résolve le problème en modélisant la situation par une écriture additive : $12 + 5$ et calcule le résultat de cette addition.

L'élève répond une première fois. S'il s'est trompé, une rétroaction sous forme de texte s'affiche, lui annonçant qu'il va pouvoir effectuer le remplissage d'alvéoles de Bili. Dans la figure 5, l'élève a répondu comme s'il ne tenait compte que des alvéoles de Bili en plus de celles d'Ana. La manipulation est à nouveau permise pour permettre à l'élève d'avancer dans la résolution. Des alvéoles s'affichent pour rendre possible les clics. Elles sont disposées différemment de celles d'Ana afin que l'élève ne se contente de recopier la configuration des alvéoles d'Ana sans les compter.

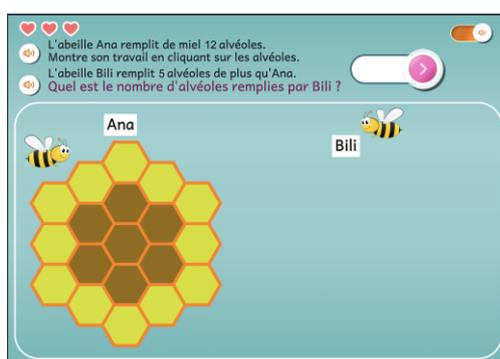


Figure 4. L'énoncé du problème



Figure 5. Première rétroaction suite à une première réponse erronée

Ce choix de rétroaction est issu de l'analyse a priori des procédures possibles favorisées par le retour à la manipulation. Il a été envisagé que cette rétroaction favorise fortement la possibilité d'une prise en compte des alvéoles d'Ana grâce au retour sur l'énoncé nécessité par la simulation de la situation. En effet, si l'élève ne prend pas en compte les alvéoles d'Ana, il clique sur 5 alvéoles, les dénombre et retrouve 5. On s'attend à ce que l'élève refuse cette réponse car elle a été jugée comme incorrecte et soit incité à revenir d'abord sur le comptage puis sur l'énoncé. Le nombre d'alvéoles en plus est inférieur à 10 pour justement empêcher des erreurs dans le comptage et rendre l'élève sûr de son comptage.

Une fois les alvéoles de Bili cliquées, l'élève procède au comptage, soit d'un en un, soit par un sur-comptage s'il a retenu l'emplacement des alvéoles en plus. Les erreurs possibles sont dues, soit à une

erreur dans le nombre de clics, soit dans le comptage ou le sur-comptage. Une seconde rétroaction s'affiche après validation d'une seconde réponse erronée (Fig. 6). Il explicite que les alvéoles remplies par Bili sont d'une part celles d'Ana et d'autre part celles de plus.

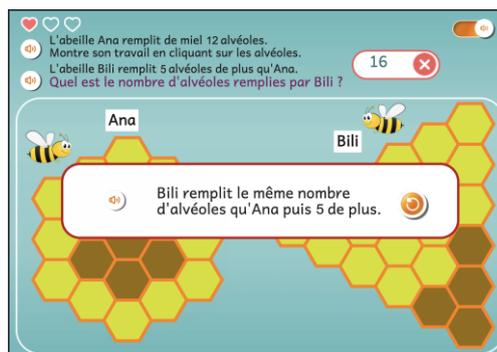


Figure 6. Seconde rétroaction après une seconde réponse erronée

L'objectif de cette seconde rétroaction est multiple :

- il peut aider les élèves n'ayant toujours pas pris en compte les alvéoles d'Ana à prendre conscience de cet oubli ;
- il peut inciter au sur-comptage pour ceux qui se sont trompés dans le dénombrement favorisant ainsi une procédure plus efficace ;
- il peut même amener à une modélisation par une addition de par la présence du mot « plus ».

La rétroaction au troisième et dernier essai de réponse indique seulement le caractère erroné ou correct de la réponse. En cas de réponse correcte, l'écriture additive rendant compte de la situation avec son résultat est affichée à titre d'institutionnalisation (Fig. 7).

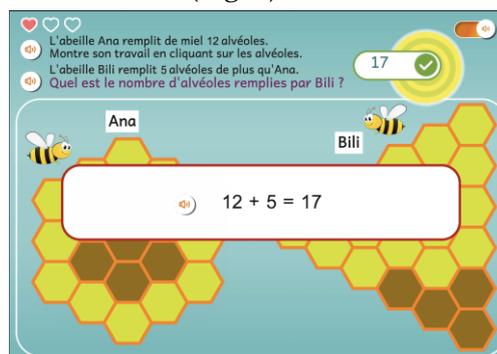


Figure 7. Réponse correcte et affichage de la solution

Comme illustré par l'exemple précédent, le milieu donne place à la manipulation, mais une manipulation contrôlée pour éviter qu'elle ne permette aux élèves de trouver immédiatement la réponse au problème sans passer par l'objectif de la ressource, qui consiste dans l'exemple à mettre en œuvre une modélisation de la situation par une addition. Un jeu de contraintes et possibilités est ainsi mis en place dans les ressources.

Mais que se passe-t-il si les élèves ont échoué à la ressource ? Qu'ont-ils appris ? Les données des ressources étant aléatoires, les élèves peuvent recommencer la ressource avec d'autres données. Comme dit plus haut, ils ne pourront donner la réponse numérique précédente et auront à mettre en œuvre un processus de résolution. Les expérimentations en classe ont montré que lorsque les élèves recommencent une ressource, ils comprennent mieux la situation et entrent plus facilement dans le problème : la répétition favorise la dévolution.

Un bilan collectif mené par l'enseignant, une fois que tous les élèves ont été confrontés à la ressource, peut rassembler les différentes procédures utilisées pour résoudre le problème. L'enseignant à cette occasion peut expliciter l'économie de la modélisation par une addition par rapport au comptage. La répétition de la ressource faite après un tel bilan favorise le changement de procédure vers une

procédure additive et permet aux élèves de mettre en œuvre eux-mêmes la procédure, ce qui est important pour son acquisition.

Les élèves apprécient en général la répétition. Elle est évidemment gratifiante lorsqu'ils réussissent la ressource au premier essai de réponse alors qu'auparavant ils s'étaient trompés.

3 Schéma général des ressources

Les ressources obéissent donc au schéma général suivant :

- elles contiennent une question qui pose problème aux élèves, le plus souvent dans un contexte non mathématique mais pas nécessairement ;
- les données sont aléatoires ;
- les ressources permettent trois essais de réponse et offrent des rétroactions après chacune des deux premières réponses erronées pouvant dans certains cas dépendre des réponses des élèves ;
- les rétroactions ne donnent pas la solution mais constituent des aides soit en permettant de nouvelles actions, soit en apportant de nouvelles informations ou en donnant des conseils ;
- une conclusion peut être fournie aux élèves donnant une réponse correcte, contribuant ainsi au processus d'institutionnalisation ;
- tous les textes écrits ont une contrepartie oralisée, que l'on peut écouter par un clic sur un bouton haut-parleur situé à côté du texte.

III - LA MANIPULATION TIRANT PARTI DE L'ENVIRONNEMENT CABRI

1 Principes sous-jacents au choix des manipulations rendues possibles

La manipulation joue donc un rôle important dans les ressources. On sait combien la manipulation d'objets concrets est importante à l'école élémentaire dans l'apprentissage des mathématiques. Les mathématiques y sont introduites comme outil de modélisation de l'environnement de l'élève dans les trois grands domaines du programme : nombres et calculs, espace et géométrie, et mesures et grandeurs.

Deux types de contrôle règlent la place de la manipulation dans les ressources. Sont contrôlés par les auteurs des ressources :

- les moments où elle est rendue possible ;
- et les actions permises par cette manipulation.

Ces contrôles visent à permettre au mieux le rôle de la résolution de problèmes dans l'évaluation et l'apprentissage de connaissances mathématiques suivant en cela la formulation de Vergnaud (1981) : le problème est source et critère de la connaissance. Ces contrôles sont donc exercés par les auteurs en suivant les principes suivants :

1. La manipulation ne doit pas d'emblée court-circuiter le processus prévu de résolution correspondant à l'objectif de la ressource, en donnant directement la réponse, sauf si la manipulation est elle-même objet d'apprentissage ou d'évaluation ou si elle est le moyen de répondre à la question. Ainsi dans la ressource Ana et Bili présentée plus haut, la manipulation n'est permise qu'après un essai de réponse.
2. Elle ne doit conduire au succès que si elle est contrôlée par des connaissances : une suite erratique d'actions sans intention et sans contrôle ne doit pas permettre d'arriver à la réponse correcte. C'est pourquoi on a cherché à éviter, autant que faire se peut, les actions effectuées par des simples clics et à favoriser le déplacement.
3. Elle tire parti des possibilités de l'environnement informatique. Elle ne doit pas chercher à être systématiquement identique à la manipulation sur les objets concrets mais plutôt à chercher des actions non permises dans l'environnement concret pour offrir un complément aux manipulations concrètes, l'usage de la plateforme devant être intégré à la progression de la classe pour être le plus efficace.

2 Illustration des principes

Illustration du principe 2 « une manipulation contrôlée par les connaissances » :

Une partie des ressources en géométrie est à résoudre par un déplacement de points ou d'objets géométriques.

Par exemple, la ressource « À modifier en un carré - 1 » demande de déplacer deux sommets d'un quadrilatère pour le transformer en un carré (Fig. 8). La réponse correcte (Fig. 9) est obtenue en déplaçant chacun des deux points à une position où ils rendent les côtés du quadrilatère perpendiculaires deux à deux et de même longueur : en l'occurrence, les côtés doivent être portés par les lignes du quadrillage et avoir la même longueur en nombre de carreaux. Le déplacement doit donc être contrôlé par les élèves par des connaissances sur les propriétés du carré.

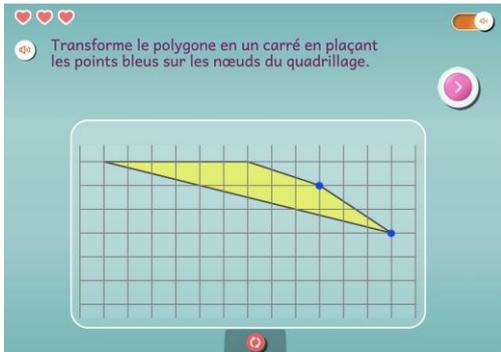


Figure 8. Le problème « À modifier en un carré - 1 »

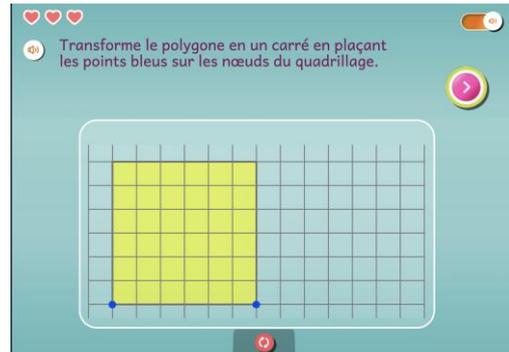


Figure 9. La réponse correcte

Illustration des principes 1 et 2 : « une manipulation qui ne court-circuite pas la résolution prévue » et « une manipulation qui tire parti des possibilités de l'environnement informatique »

Dans les ressources sur la numération, dans lesquelles on demande aux élèves de donner l'écriture chiffrée du nombre d'objets d'une collection, comme dans le cas d'une collection de chocolats (Fig. 10), les actions possibles ont été limitées au déplacement des chocolats. La possibilité de marquer les chocolats déjà dénombrés n'a volontairement pas été rendue possible afin de favoriser la mise en groupes des chocolats, l'objectif d'apprentissage étant l'usage du principe de position décimale dans l'écriture des nombres. On suit en cela le principe 1. L'intention est que les élèves prennent conscience de la faible efficacité du comptage d'un en un et du risque d'erreurs attaché à ce type de comptage et cherchent à grouper les chocolats en petits groupes du même nombre d'éléments, le nombre idéal étant 10 car il correspond à l'écriture décimale (Fig. 11). Le déplacement des chocolats pour former les groupements doit être fait en contrôlant le nombre d'éléments par groupes (principe 2).



Figure 10. Chocolats à dénombrer

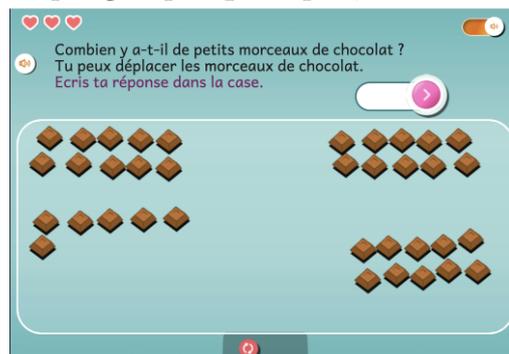


Figure 11. Chocolats mis en groupes de 10

Le choix des manipulations permises a donc été fondé sur une analyse a priori des procédures de résolution permises par les manipulations, de façon à pouvoir suivre les trois principes mentionnés plus haut.

IV - LES RÉTROACTIONS

Les rétroactions sont de nature variée : elles proviennent des objets eux-mêmes (rétroactions adidactiques) ou consistent en des aides ou conseils (rétroactions didactiques), ou encore combinent les deux natures.

1 Les rétroactions de nature didactique

Les rétroactions didactiques sont conçues pour ne pas changer profondément le problème à résoudre (en évitant en particulier l'effet Topaze, Brousseau, 1998), mais pour aider les élèves à ne pas être bloqués et à avancer dans la résolution. L'effet Topaze consiste à transformer le problème pour qu'il puisse être résolu par l'élève mais l'apprentissage voulu par la tâche originale ne se produit pas car l'élève résout un autre problème. Topaze (Pagnol, 1928) prononce ainsi « les moutonss » dans une dictée pour que l'élève n'oublie pas la marque du pluriel ; malheureusement le problème n'est plus de prendre en compte cette marque mais de transcrire ce qu'on entend et la dictée de Topaze a perdu son objectif premier.

Souvent, les rétroactions reformulent l'énoncé comme dans la seconde rétroaction dans la ressource « Ana et Bili » (Fig. 6) ou présentent le problème d'une autre façon. Dans certains problèmes additifs, des schémas en barres ont ainsi pu être donnés comme aide à la représentation du problème.

Par exemple, la ressource « Un cadeau pour Théo » présente le prix d'un cadeau acheté par les parents de Théo et les billets et pièces qui restent dans leur porte-monnaie. Il s'agit de calculer le montant dans le porte-monnaie avant l'achat (Fig.12). Si l'élève donne une première réponse erronée, il reçoit une rétroaction dépendant de sa réponse (Fig. 13) et donnant accès à un schéma en barres (Fig. 14).



Figure 12. La ressource « Un cadeau pour Théo »



Figure 13. Rétroactions après une première réponse erronée



Figure 14. Aide par un schéma en barres

Il peut être intéressant dans certains cas que les rétroactions dépendent de l'erreur en jeu dans la réponse. Ce choix a été fait en particulier dans les ressources demandant de nommer ou reconnaître un polygone ou un solide qui se présentent sous forme de questionnaire à choix multiple. C'est justement le cas dans la ressource « Un cadeau pour Théo » : la rétroaction n'est pas la même si la réponse de l'élève est inférieure ou supérieure au montant restant dans le porte-monnaie.

Ci-dessous des rétroactions différentes (Fig. 15) selon la ou les réponses choisies par les élèves dans la ressource proposant un triangle rectangle variable mais restant toujours rectangle dans le déplacement de deux de ses sommets (Fig. 16).

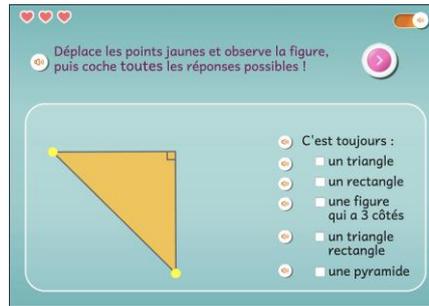


Figure 15. Tâche de reconnaissance d'une figure comme triangle, triangle rectangle et figure à 3 côtés

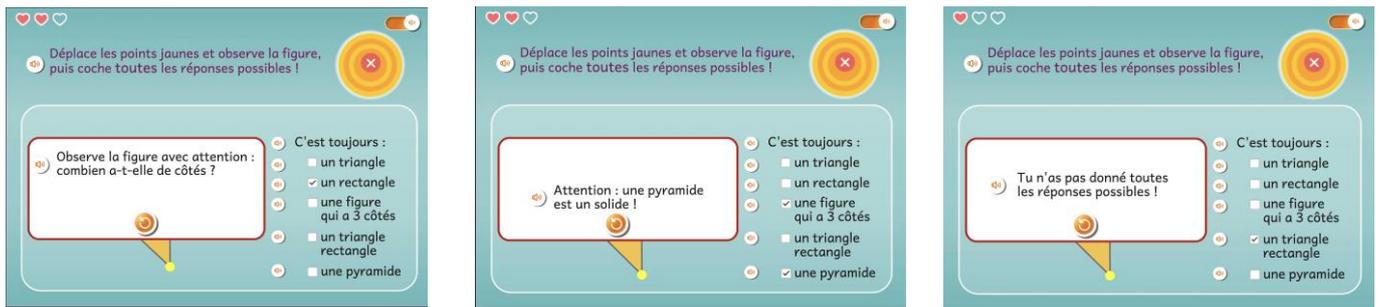


Figure 16. Différentes rétroactions selon les réponses données

2 Les rétroactions de nature adidactique

Ces rétroactions proviennent des objets à l'écran en réponse à des actions faites sur ces objets. Les images ou modèles 3D à l'écran de Cabri représentent le plus souvent des objets concrets mais ils peuvent avoir des capacités plus étendues que les objets concrets. En particulier, l'environnement Cabri permet d'avoir des conteneurs capables de compter les objets mis dans les conteneurs et de calculer la valeur totale (prix, poids, etc.) de l'ensemble des objets du conteneur en fonction de la valeur déclarée de chacun des objets.

Les objets à l'écran de Cabri sont des objets virtuels augmentés. Ils permettent ainsi de créer des rétroactions suite aux actions faites sur les objets.

2.1 Affichage de deux registres de représentation dynamiques en lien

Un premier type de rétroactions peut consister à afficher simultanément au remplissage des conteneurs le nombre d'objets présents dans le conteneur. Les ressources utilisent ce double affichage objets, nombre d'objets, comme aide dans les problèmes liés à la numération.

Ainsi la ressource « Le spectacle de marionnettes » qui demande de placer un nombre donné de places assises dans un théâtre avec des bancs de 10 places et des chaises, propose une aide dans laquelle les élèves peuvent voir immédiatement dans le registre numérique le changement opéré par l'ajout d'un banc ou d'une chaise. L'ajout d'un banc change le chiffre des dizaines en son successeur. Celui d'une chaise a un effet analogue sur le chiffre des unités (Fig. 17, 18 et 19).

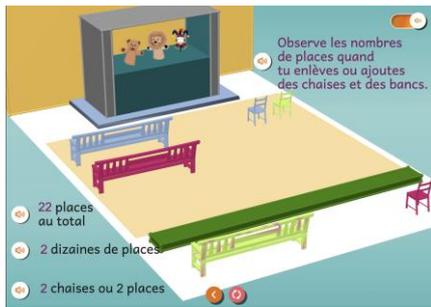


Figure 17. 2 bancs et 2 chaises

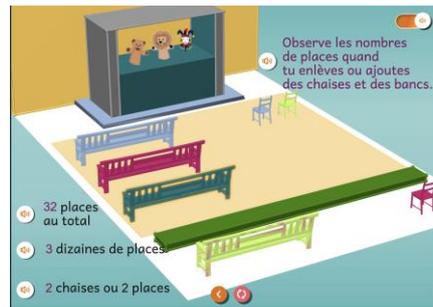


Figure 18. 3 bancs et 2 chaises

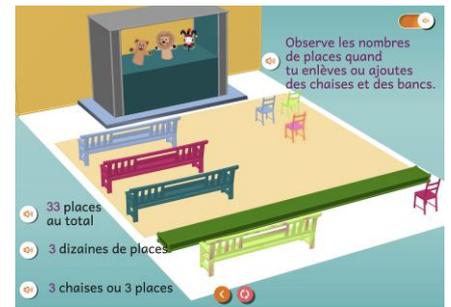


Figure 19. 3 bancs et 3 chaises : 33 places

2.2 Transformation des objets virtuels une fois qu'une condition est réalisée

Dans certaines des ressources sur les chocolats figurent des boîtes pouvant contenir 10 chocolats et qui se transforment en tablettes dès que l'on place le 10^e chocolat dans la boîte. (Fig. 20, 21 et 22).

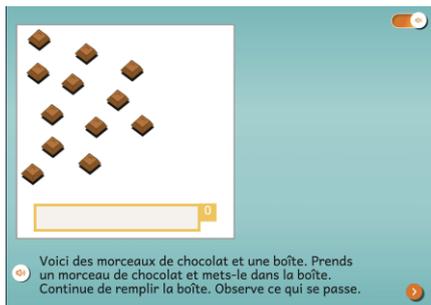


Figure 20. La boîte vide



Figure 21. La boîte avec 9 chocolats

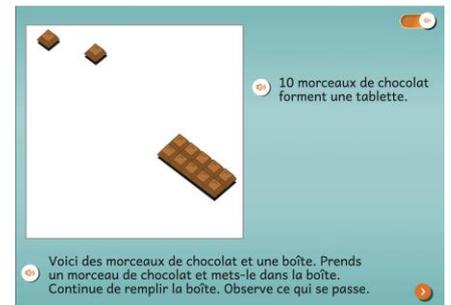


Figure 22. La boîte transformée en tablette

2.3 Possibilité d'étayage grâce aux objets virtuels augmentés

Ces boîtes sont des objets virtuels intermédiaires qui offrent une possibilité d'étayage pour aider les élèves à faire des groupements de 10 chocolats. Une séquence de plusieurs ressources présentant ce type de boîtes propose une gradation dans les objets qui résultent de la transformation des boîtes au moment où elles sont remplies de 10 chocolats. Dans une première étape, les boîtes de 10 chocolats deviennent des tablettes de 10 chocolats montrant ces 10 chocolats (Fig. 22). Dans une seconde étape, elles deviennent de tablettes enveloppées de papier (Fig. 23), on ne voit plus les 10 chocolats.

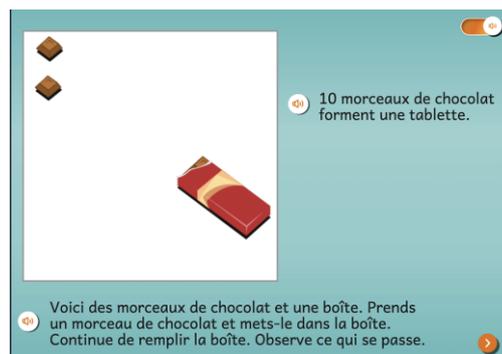


Figure 23. La boîte de 10 chocolats est transformée en une tablette emballée de 10 chocolat

Dans une troisième étape, chaque boîte devient une mini boîte accompagnée du nombre 10 (Fig. 24, 25, 26 et 27), passant ainsi d'une représentation figurative à une représentation symbolique.



Figure 24. La ressource « Miniboîtes de 10 chocolats »

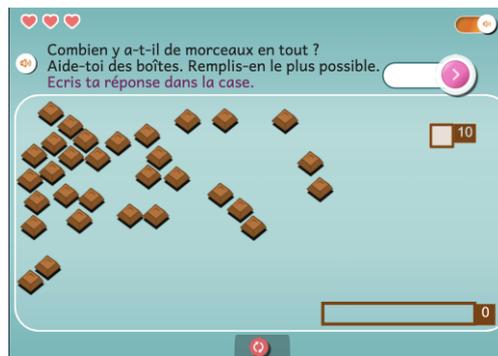


Figure 25. Une boîte pleine devenue une miniboîte

À l'issue de la mise en boîte, il suffit de compter le nombre de mini boîtes de 10 (nombre des dizaines) et les chocolats restants (nombre des unités simples) et de le transcrire dans l'écriture chiffrée demandée.



Figure 26. La mise en boîtes continue...

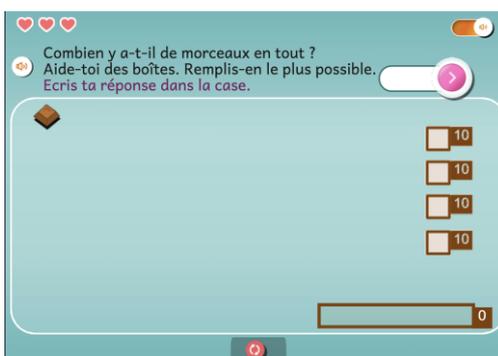


Figure 27. Elle est terminée

Sont produites ainsi des rétroactions des objets de nature différente de celles des objets concrets qui complètent ces dernières et se met en place une dialectique entre manipulations et rétroactions.

V - CONCLUSION

En résumé, la nature riche et interactive des ressources du projet Smart Enseigno est donc issue d'une organisation du milieu qui a porté sur le choix :

- du problème posé et des objets mis en jeu, ainsi que du contexte dans le cas de problèmes contextualisés ;
- des actions rendues possibles grâce aux possibilités de l'environnement Cabri, et en particulier de la place contrôlée de la manipulation ;
- de la dialectique entre actions sur les objets et rétroactions de ces objets ;
- des aides et conseils donnés en cas de réponses erronées.

Cette organisation s'est appuyée sur des analyses *a priori* des procédures possibles des élèves. Ces analyses ne sont pas faciles à conduire dans la mesure où les ressources permettent de nombreuses actions. C'est un choix de conception pris au départ que nous ne regrettons pas : un milieu trop pauvre ne place pas l'élève en situation problème dans laquelle il a à engager des connaissances. L'expérimentation en classe a conforté ce choix en montrant que les procédures de résolution des élèves recommençant une même ressource évoluent, expérience vécue comme très gratifiante par les élèves. Le choix combiné d'un milieu riche et de données aléatoires s'avère donc productif sur le plan de l'apprentissage.

VI - BIBLIOGRAPHIE

Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. La Pensée Sauvage Éditions, Grenoble.

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports (2020). *Pour enseigner les nombres, le calcul et la résolution de problèmes au CP*. http://ww2.ac-poitiers.fr/carep/sites/carep/IMG/pdf/men_guide_mathematiques_cp_2020_web.pdf

Pagnol, M. (1928) *Topaze*. (2004) Éditions de Fallois

Site compagnon du projet Smart Enseigno : <http://www.smartenseigno.fr/>.

Vergnaud, G. (1981). Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 2.2, La Pensée Sauvage, Grenoble, pp. 215-232.