

## Protocole des observations

Au cours des expérimentations conduites entre mars et juin 2018, nous avons observé deux binômes d'élèves par classe participant au LéA, soit 88 élèves, 30 binômes en cycle 2 et 14 en cycle 3. Chaque binôme a joué à l'Astrophysicien, jeu dans lequel les élèves doivent écrire le nombre obtenu à partir d'un tirage aléatoire de cartes nombres et d'unités de numération. Une partie de jeu consiste donc en un tirage successif de nombres (inférieurs à 10 ou 100) par des cartes et d'unités de numération affichées par le robot. Les élèves doivent alors déterminer le nombre obtenu et le saisir sur leur tablette. Suivant le menu choisi, les nombres sont des entiers plus petits que cent, dix-mille, jusqu'au milliard ou des décimaux.

Le recueil des données des parties du jeu comporte plusieurs étapes. Les parties sont filmées et les observateurs complètent une grille d'observation qui porte sur les données numériques tirées, sur la manière dont les joueurs collaborent aux différentes étapes de la partie et sur les stratégies mises en place (Figure 1 à gauche). Puis les joueurs visionnent la vidéo de leur partie et sont interrogés sur leurs réponses et leurs stratégies (Figure 1 à droite).



Figure 1. Deux étapes pour la captation vidéo : une partie de jeu filmée (à gauche) puis capture vidéo des réactions des élèves visionnant le film de leur partie (à droite).

## Quelles réponses, quelles stratégies de résolution ?

Une fois le tirage effectué et les boules de numération remplies, la **première réponse** donnée par les élèves correspond souvent à un nombre issu de la juxtaposition de toutes les cartes déposées sur le plateau, ou à leur addition, ou à l'addition des cartes d'une même colonne puis à la juxtaposition des résultats, sans prise en compte des unités de numération non renseignées ou situées hors du plateau. La rétroaction du dispositif indiquant que la réponse est incorrecte les incite alors à rechercher une autre réponse, avec une stratégie explicite ou sans stratégie visible.



Figure 2. CE2, les unités de numération sont correctement indiquées dans le tableau avec une colonne vide correspondant aux centaines n'ont pas été tirées par le robot.

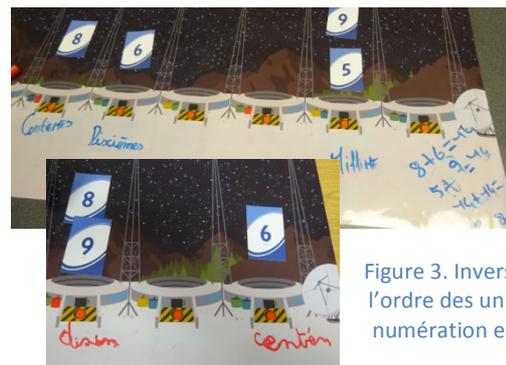


Figure 3. Inversion de l'ordre des unités de numération en CE1.

Le **principe de position** semble globalement maîtrisé par une grande majorité des élèves, du cycle 2 au cycle 3 (Figure 4). Mais quand la position des unités de numération n'est pas maîtrisée (Figure 3 et Figure 4), les joueurs sont alors dans l'impossibilité de réussir ce jeu et de trouver le nombre représenté par les tirages successifs et les informations disponibles sur le plateau. Maîtriser ce principe reste fondamental pour permettre d'écrire le nombre, même s'il n'est pas le seul élément nécessaire à la réussite de la tâche.

En revanche, le **principe décimal** représente une difficulté pour beaucoup d'élèves. Autant le retour à l'unité est assez fréquemment observé, c'est-à-dire la conversion d'une dizaine en 10 unités, d'une centaine en 100 unités, d'un millier en 1 000 unités etc. (Figure 6 à droite), autant la conversion entre unités de numération sans passage à l'unité (Exemple : 1 millier converti en 100 dizaines ou 10 centaines) est peu

observée et semble constituer une réelle difficulté pour l'immense majorité d'entre eux, quel que soit la classe. Avec les nombres décimaux, la difficulté réside dans les conversions entre unités de numération de la partie décimale et de la partie entière. Quand le principe décimal n'est pas maîtrisé, les élèves s'appuient sur un retour à l'unité, qui ne permet pas toujours de résoudre le problème, notamment avec les nombres décimaux. Les joueurs peuvent malgré tout parvenir à trouver la solution grâce à l'assistance d'un adulte les accompagnant dans la démarche de résolution.



Figure 4. En 6<sup>e</sup>, les 84 dixièmes ne sont pas immédiatement convertis en 8 unités et 4 dixièmes.

### Quelles autres observations ?

Les observations montrent que le jeu de l'astrophysicien ne peut pas être joué en classe en autonomie complète sans que l'enseignant ne consacre un temps minimal d'observation et d'accompagnement des élèves durant les premières parties. A ce stade de développement du jeu, les seules rétroactions et les échanges entre joueurs ne garantissent pas une évolution vers une stratégie gagnante. Pour leur permettre de progresser et de mobiliser des conversions, l'enseignant peut interroger les élèves en difficulté, par un questionnement ouvert, ne renforçant les automatismes : mise en relation des nombres dans les colonnes avec les unités de numération, décomposition d'un nombre et incitation à écrire des éléments de raisonnement favorable à la collaboration.

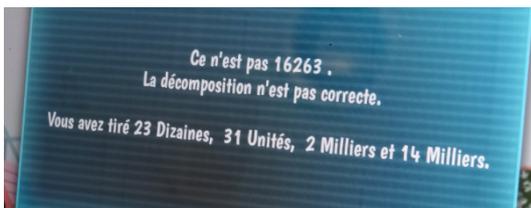


Figure 5. Rétroaction du système qui indique que la décomposition saisie dans les boules de numération n'est pas correcte.

Par exemple, la rétroaction du dispositif qui affiche que ce n'est pas le bon nombre et que la décomposition n'est pas correcte (Figure 5) n'est pas comprise par les élèves. D'où l'importance de l'intervention de l'enseignant qui peut aider les élèves à mettre en relation les cartes disposées sur le plateau, le tirage réalisé par le robot et les boules de numération complétées, et ainsi leur permettre de donner du sens à l'écriture du nombre.

Le retour à l'unité (Figure 6 à droite) semble être une étape dans l'apprentissage des élèves autour du CE1 et CE2. Au

cycle 3, les élèves l'utilisent encore mais parviennent aussi à s'en affranchir et accèdent alors à d'autres stratégies.

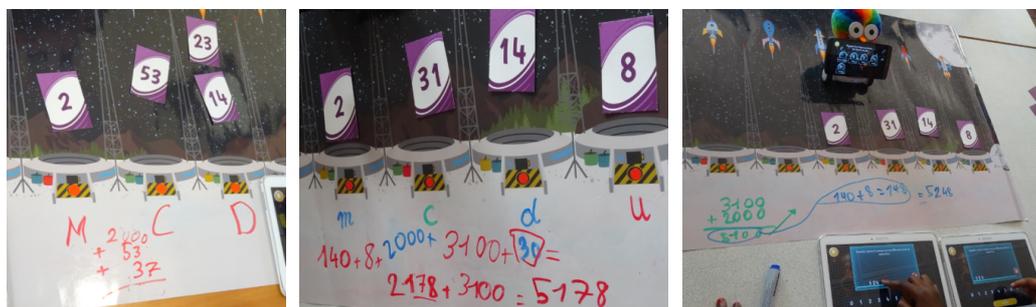


Figure 6. En CE2, à gauche, le 2 dans la colonne des milliers a été converti en 2 000. Mais le 53 centaines est considéré comme 53 unités, puis 53 dizaines sans que le 5 ne soit converti en 5 milliers. Au milieu et à droite, les conversions à l'unité sont correctement effectuées et permettent d'obtenir le bon résultat par calcul d'une somme.

### Impact du nombre de parties jouées

Les observations montrent une réelle différence dans les stratégies des joueurs selon qu'ils découvrent le jeu ou qu'ils y jouent régulièrement. Jouer à plusieurs reprises permet aux élèves de se constituer un répertoire d'expériences et de situations vécues auxquelles ils font référence lorsqu'ils sont confrontés à un nouveau problème. Par exemple, au fur et à mesure des parties, les joueurs complètent le contenu des

boules de numération en tenant compte des éléments du plateau de jeu, complètent les colonnes vides par des zéros ou font des conversions entre unités de numération. Lors d'échanges entre pairs, certains élèves font référence aux situations antérieures et aux stratégies ayant permis leur résolution.

## Impact de l'intégration des caractéristiques du jeu dans la pratique quotidienne de l'enseignant

Le jeu a été conçu avec les caractéristiques suivantes :

- une taille de tableau de numération plus grande que nécessaire (le nombre de colonnes est fixe alors que les nombres varient de 2 à 9 chiffres) ;
- des unités de numération non figées spatialement dans le tableau (la colonne des unités n'est pas systématiquement la plus à droite, Figure 4) ;
- les unités de numération nécessaires à l'écriture du nombre ne font pas toujours l'objet d'un tirage et ne sont pas toujours matérialisées sur le plateau ;
- les cartes nombre à deux chiffres peuvent être placées dans une seule colonne du tableau.

Pour écrire le nombre, il faut donc choisir les colonnes nécessaires, les étiqueter avec les unités de numération, compléter par des zéros si nécessaires et effectuer des conversions entre unités de numération.

L'usage du jeu par les élèves amène les enseignants à interroger leur pratique quotidienne, notamment à propos d'un usage figé et technique du tableau de numération. En s'affranchissant d'une présentation figée du tableau, ce sont les justifications du fonctionnement du tableau de numération qui ressortent, dont les conversions entre unités et les zéros pour compléter une colonne vide.

## Et la collaboration entre élèves ?

La collaboration induite par le dispositif, notamment par la distribution partagée de l'information sur les tablettes et téléphone, est pratiquée de manière très variable. La collaboration observée au cours des parties de jeu va d'un travail cloisonné sans échanges entre élèves à une interaction de chaque instant accompagnée d'échanges explicatifs et argumentés très riches ! La plupart du temps, l'alternance des rôles et le partage des tâches dans le jeu est observée en début de partie : tirer une carte, la présenter au robot, la placer dans une colonne, écrire le nom de l'unité de numération dans la colonne. Plus loin dans la partie, le fait de produire des traces (sur le plateau de jeu, le tableau de la classe ou sur une feuille de papier) semble encourager les joueurs à interagir : l'un explicite ce qu'il écrit tandis que l'autre questionne et essaye de comprendre ce qui est proposé.

Compléter les boules de numération s'effectue souvent isolément, chaque joueur inscrivant dans les boules présentes sur sa tablette les nombres écrits sur les cartes déposées sur le plateau. L'échange des boules de numération entre tablettes, via le tuyau de transfert, n'est pas toujours effectué sans que les observateurs ne l'induisent. Deux stratégies pour compléter les boules ont été observées : soit les élèves indiquent le nombre correspondant au total des cartes déposées dans chaque colonne, soit des conversions entre unités de numération sont d'abord effectuées mentalement par l'un des joueurs, rarement par les deux, puis les boules sont complétées avec le résultat de cette conversion.

A l'étape qui consiste à écrire « ensemble » le nombre final, très souvent, l'un des joueurs propose une réponse qui est reprise sans discussion par l'autre joueur qui la recopie sur sa propre tablette. Plus rarement, les joueurs se concertent avant la première proposition. Si chacun des joueurs écrit un nombre différent (le nombre est mal recopié ou chacun des joueurs a écrit une réponse sans se concerter), le système leur rappelle qu'ils doivent se mettre d'accord pour proposer une même réponse. Cette rétroaction déclenche très souvent un changement de posture, amenant les joueurs à collaborer pour définir ensemble le nombre à écrire, amenant parfois à la réorganisation spatiale des boules.

En conclusion, cette collaboration ne va pas de soi. Elle doit souvent être impulsée par l'observateur malgré les incitations et rétroactions du dispositif qui dans la version actuelle du jeu ne suffisent pas.

## Quelles traces sur le plateau ?

On distingue deux types de traces produites par les élèves sur le plateau de jeu. D'une part, des traces indispensables à l'écriture du nombre sont induites par le dispositif (le robot suggère d'écrire les unités de

numération sur le plateau). D'autre part, des traces sont utiles à l'écriture finale du nombre, comme par exemple, totaliser le nombre obtenu dans une colonne comportant plusieurs cartes (Figure 7), noter les conversions successives au travers d'une décomposition (Figure 8), proposer une décomposition-conversion à l'unité de chaque carte (Figure 6) ou donner des indications sur la conversion entre unités (Figure 9). Ces traces écrites qui aident à la stratégie sont peu spontanées malgré les consignes orales de départ, en particulier données par l'observateur lorsqu'il donne le matériel (stylo, chiffon, possibilité d'écrire et d'effacer sur le plateau ou sur d'autres supports).



Figure 7. En CE2, somme des nombres dans une colonne du tableau, puis écriture du résultat en décomposant un chiffre par unités de numération.

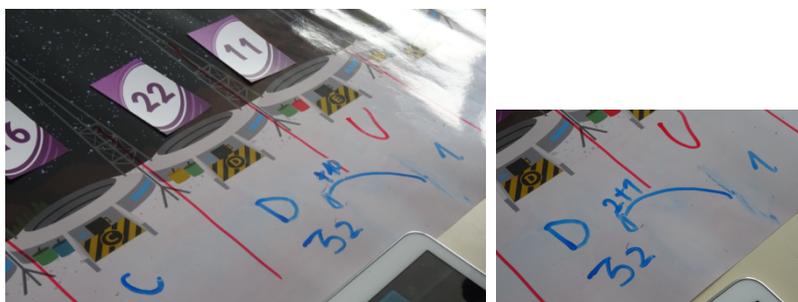


Figure 8. Traces des conversions réalisées par des élèves de CE2 : 10 unités transformées en 1 dizaine puis la dizaine notée 1 dans la colonne des dizaines devient 10 dizaines (22 dizaines + 10 dizaines = 32 dizaines)

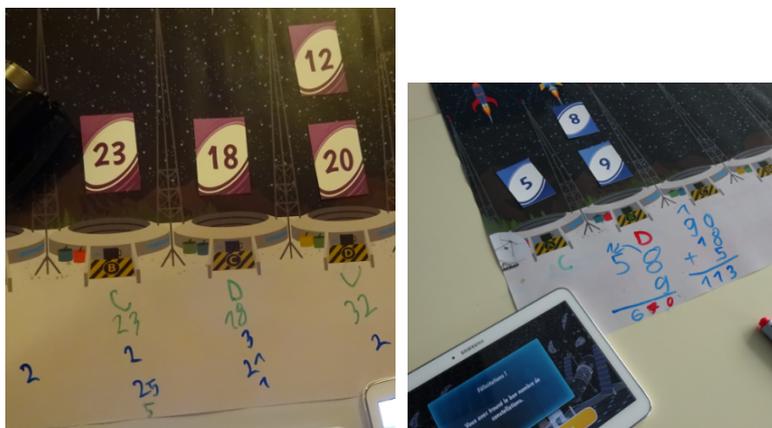


Figure 9. CE2 Conversions entre unités de numération.

Souvent, les élèves effectuent les conversions de tête, ce qui rend la collaboration entre joueurs plus difficile puisque l'un des joueurs n'a pas accès au raisonnement suivi par l'autre.

### Et la suite ?

Nous avons recueilli beaucoup de données relatives au jeu du Chiffroscope. Il reste à définir un protocole d'analyse plus fine des stratégies utilisées pour résoudre le problème posé par le jeu et de l'appliquer sur quelques-unes des vidéos recueillies. Cela permettrait de mieux comprendre les stratégies des élèves et leur évolution.