

# OCINAEE



---

Objets connectés et interfaces numériques pour l'apprentissage  
à l'école élémentaire

LIVRABLE Tâche 3.3

DESCRIPTION DES SITUATIONS D'APPRENTISSAGE INTERACTIVES UTILISANT LES  
OBJETS CONNECTES

Janvier 2017

Sophie Soury-Lavergne, Leslie Guillaume, Sonia Mandin, Jean-Luc Martinez et Jean-Pierre  
Rabatel

## Table des matières

1	Le contexte	3
2	Le jeu « Course au calcul »	4
3	Le jeu du « Nombre cible »	4
3.1	Le plateau	4
3.2	Le but du jeu et l'objectif pédagogique	7
3.3	Présentation	7
3.4	Nombre cible version tablettes	8
3.4.1	Les menus de questions et les jeux de nombres	8
3.4.2	Contraintes sur le tirage des cartes et des cibles	9
3.5	Niveau de difficulté pour chaque menu	11
3.5.1	Autres caractéristiques permettant de générer des tirages facile ou difficile n'ayant pas été implémentés	17
3.5.2	Choix du déplacement du robot	20
3.6	Le déroulement du jeu pour le nombre cible	20
3.7	Réponse du joueur	21
4	Le jeu Voyage dans le plan	23
4.1	Présentation du jeu	23
4.2	Les plateaux	24
4.2.1	Forme et dimensions des plateaux	24
4.2.2	Configuration des éléments et obstacles sur les plateaux	25
4.3	Choix de la mission, du niveau de difficulté et du mode de pilotage	27
4.3.1	Les missions	27
4.3.2	Le niveau de difficulté	28
4.3.3	Le mode de pilotage	30
4.3.4	Les cartes Déplacement	32
4.3.5	Les tablettes	32
4.4	Déplacement du robot et rétroactions du dispositif	33
5	Le jeu du Chiffroscope	35
5.1	Présentation du jeu	35
5.2	La visite de l'Astrophysicien	36
5.3	La visite avec le Gardien	37
6	Le scénario Partage et division	41
6.1	Présentation du scénario de jeu « Les pingouins, les icebergs et les poissons »	41
7	Le matériel dans le dispositif OCINAEE	45



Ce livrable décrit les quatre situations d'apprentissage développées et une cinquième, à l'état d'ébauche, non développée. Par ailleurs, nous avons rédigé des guides pédagogiques plutôt détaillés et assez complets de ces quatre situations pédagogiques. Pour une meilleure compréhension de ce qui va être décrit dans ce livrable et pour éviter des redondances inutiles, nous vous recommandons de commencer par la lecture de ces guides.

Nous ne reprenons ici que les parties strictement nécessaires des guides pour décrire un contexte explicitant les compléments décrits dans ce livrable.

## 1 Le contexte

Pour éviter toute confusion, nous avons appelé jeux les quatre situations pédagogiques conçues et mises en œuvre dans le dispositif OCINAEÉ utilisant des objets connectés et des interfaces numériques.

Un point commun à ces quatre jeux est de décliner sur une même structure et un même problème mathématique, une suite de menus permettant d'utiliser le même jeu aux six niveaux de classe retenus dans le projet. Un autre point commun est d'utiliser le matériel OCINAEÉ, dont le robot, le smartphone. Mais au delà de ces éléments, chaque jeu fait appel à du matériel différent, en particulier des plateaux, et offre aux joueurs une expérience tout à fait différente.

En outre, entre la Course au calcul, le premier jeu élaboré et le Chiffroscope, le dernier développé, la qualité des interactions entre les différents objets tangibles et numériques du dispositif est sans comparaison. Il y a une réelle montée en puissance de la qualité des interactions et du rôle du robot dans les jeux. Mais le dernier jeu n'aurait jamais pu voir le jour sans le premier, même si on peut considérer qu'il est assez rudimentaire. Le jeu Course au calcul est un jeu simple, de facture assez classique, qui ne présente pas d'autre intérêt que d'entraîner les élèves au calcul. Mais sa rusticité nous a permis de comprendre comment connecter ce robot se déplaçant sur un plateau codé à un téléphone et deux tablettes. Les développeurs ont dû s'approprier le code utilisé par le robot pour programmer ses déplacements.

Le deuxième jeu, le Nombre cible, est plus élaboré au niveau de son scénario. Il a permis à l'équipe d'explorer des pistes de déplacements du robot ayant du sens pour les apprentissages en jeu. Mais cette question du déplacement n'est pas encore aboutie dans ce jeu. Il a également permis d'utiliser du matériel tangible, des cartes, en interaction avec le robot.

C'est le troisième jeu, Voyage dans le plan, qui a vraiment exploré les potentialités des déplacements du robot et qui l'a rendu indispensable au fonctionnement du jeu.

Le quatrième jeu, Chiffroscope, donne une nouvelle place au robot, qui devient un partenaire des joueurs lors du tirage de cartes et d'unités de numération et une aide pour l'utilisation du plateau comme tableau de numération.

## 2 Le jeu « Course au calcul »

Le jeu de la Course au calcul n'a subi aucun changement significatif depuis sa description dans le livrable 3.1 de novembre 2015. Entre apporter des améliorations à ce jeu et poursuivre le développement d'autres scénarios, le second choix a été fait.

## 3 Le jeu du « Nombre cible »

Le jeu déjà existant en version cartes pour les nombres entiers a été décliné dans une version Tablettes (Figure 1). Il est désormais disponible en deux versions : la version Cartes et la version Tablettes et concerne les nombres entiers et les nombres décimaux.



Figure 1. A gauche la version Cartes et à droite la version Tablettes du Nombre cible.

De même, le plateau représentant une montagne dans la version 1 a été remplacé par un terrain de minigolf à présent.

### 3.1 Le plateau

Le design du plateau a changé au cours du projet. Ce changement de plateau a été nécessaire car le premier plateau au design montagne n'était pas lisible par le robot, le graphisme contenant du noir que le robot confondait avec le codage nécessaire à son déplacement. Nous avons profité de cette occasion pour élaborer un nouveau design permettant de rendre le lien entre le déplacement du robot et le choix des trois nombres à additionner plus compréhensible et plus explicite pour les élèves.

Idéalement, nous aurions souhaité un déplacement du robot sur le plateau qui soit d'une longueur proportionnelle à la somme des trois nombres soumis par les élèves. Dans les faits, cela s'est révélé impossible pour plusieurs raisons.

- Tout d'abord, le catalogue de nombres cible s'étend de 6 jusqu'à 100.
- Sur le plateau, la distance entre la zone de départ du robot et la cible est forcément fixe.
- Si le nombre cible est inférieur à 20, la longueur du déplacement attribuée à chaque valeur numérique entre 6 et 20 sera significative et perceptible visuellement.
- Si le nombre cible est proche de 100, la longueur du déplacement attribuée à chaque valeur numérique entre 6 et 100 peut être très faible et peu ou pas perceptible.
- La dimension du robot sur le plateau : sa base mesure près de 10 cm (distance entre avant et arrière) et occupe une place importante sur le plateau.

Compte tenu de ces différents éléments, si l'on souhaite obtenir un déplacement proportionnel au résultat obtenu, celui-ci s'effectuera sur des ordres de grandeur très différents entre une cible à 6 et une autre à 100. Dans ce dernier cas, le déplacement du robot risque de ne pas être perceptible par les élèves tant le déplacement sera minimal. On aurait pu imaginer alors un plateau de grande dimension. Mais son utilisation en classe n'autorise pas une trop longue dimension. Il doit pouvoir tenir sur des tables. On aurait pu aussi imaginer un plateau de plusieurs mètres de longueur à poser sur le sol, mais d'autres difficultés de mise en œuvre auraient compliqué son utilisation. Nous avons donc retenu le plateau ci-dessous de dimension 30 x 63 cm, en ne déterminant que quatre zones de placement du robot (le plateau Montagne avaient 6 zones différentes). Ces zones ne sont pas visualisées pour les élèves.

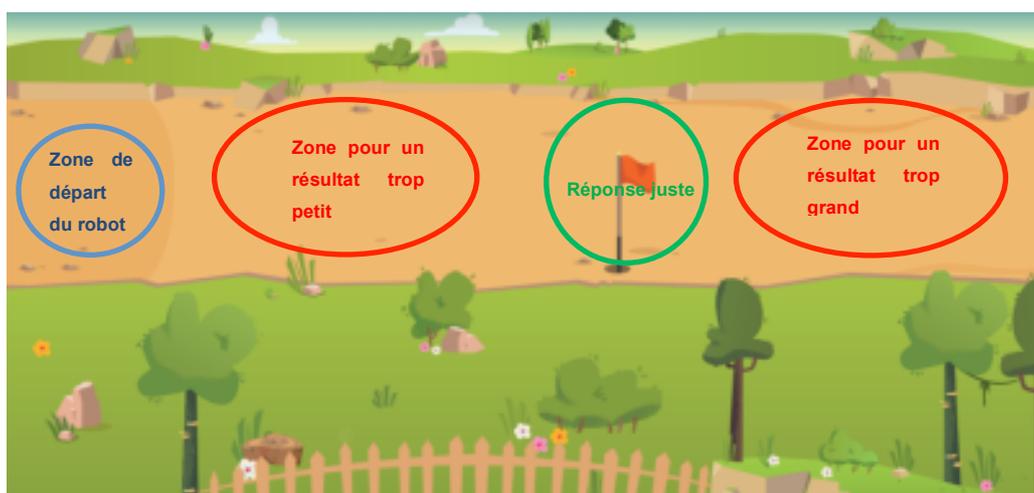


Figure 2. Les 4 positions du robot sur le plateau au design minigolf pour le jeu du Nombre cible.

Le robot se déplace sur une piste, depuis sa base de départ à gauche du plateau (Figure 2). Une fois la combinaison de 3 nombres validée, il avance sur la piste en fonction de la

somme des nombres choisis par les joueurs. Si la combinaison permet d'atteindre le nombre cible, le robot se déplace jusqu'au trou du minigolf repéré par un drapeau, se retourne et se place face aux joueurs puis dépose sa balle de golf (animation sur le téléphone).

Si le résultat de la combinaison proposée est plus petit que le nombre cible, le robot se déplace dans la zone « Trop petit » entre sa base de départ et le trou de la cible et affiche une rétroaction du type de celle de la Figure 3.

Si le résultat de la combinaison proposée est plus grand que le nombre cible, le robot se déplace dans la zone « trop grand » entre le trou de la cible et le bord droit du plateau et affiche une rétroaction comme précédemment.

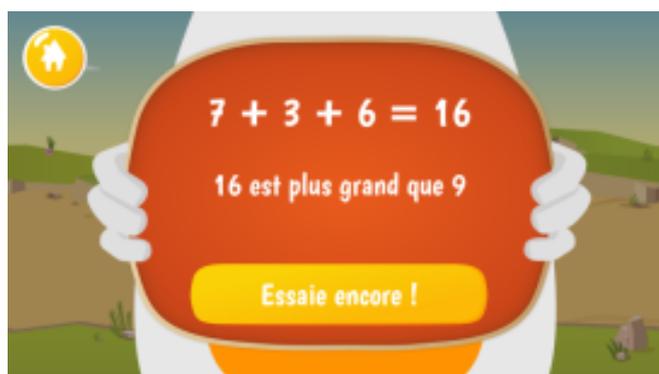


Figure 3 : Lorsque la réponse des joueurs est erronée, le robot indique si la réponse est trop petite ou trop grande et leur propose de faire un nouvel essai.

Les observations lors des expérimentations ont montré que ce nouveau plateau n'était pas forcément plus explicite pour nombre d'élèves. Pour renforcer cet aspect, nous avons conseillé aux enseignants d'écrire « plus petit » et « plus grand » dans les zones correspondantes du plateau (Figure 4).



Figure 4. Plateau du nombre cible avec indication pour les élèves des positions du robot correspondant à une somme trop petite ou trop grande.

## 3.2 Le but du jeu et l'objectif pédagogique

Le **but du jeu** du « Nombre cible » n'a pas changé.

Les joueurs cherchent à atteindre **un nombre cible donné en calculant la somme de 3 nombres choisis parmi six nombres proposés.**

Le nombre cible est affiché par le robot. Les six nombres possibles sont présentés sur des cartes dans la version Cartes du jeu ou sur l'interface des tablettes dans la version Tablettes. Les joueurs collaborent dans l'objectif de répondre correctement à six nombres cibles successifs. S'ils réussissent, le robot fait la danse de la victoire.

- Les connaissances à mobiliser dans les versions cartes et tablettes sont l'addition de nombres entiers, la comparaison des nombres, le calcul de différences et la prise en compte de deux contraintes pour résoudre un problème, à savoir 3 cartes différentes et une somme égale au nombre cible. La version tablettes propose en plus des nombres cibles entiers, des nombres cibles décimaux, à atteindre avec les quarts, jusqu'aux millièmes ou des fractions.

## 3.3 Présentation

Les deux versions du jeu ont le même objectif mathématique mais leur mise en place est différente ainsi que les atouts de chacune. Le guide pédagogique du Nombre Cible partie 2 l'explique plus en détails. De plus, la partie 4. Boite à outils pédagogiques présente les intérêts de chaque version et permet de choisir la version la plus adaptée aux élèves.

### Version Cartes

- un plateau terrain de mini-golf,
- un robot,
- un téléphone,
- six paquets de six cartes nombre de couleurs différentes,
- trois cartes outils, Valider, Gommer et Ecouter



### Version Tablettes

- un plateau terrain de mini-golf,
- deux tablettes,
- un robot,
- un téléphone.



Figure 5. A gauche, le matériel pour la version Carte du nombre cible, à droite celui pour la version tablette

Il est à noter que les deux versions de ce jeu, à l'objectif et aux consignes identiques, organisent différemment leur espace de travail et amènent les élèves à adopter des

stratégies très différentes selon qu'ils jouent à la version cartes ou la version tablettes. Par exemple, les tablettes numériques prennent en charge implicitement l'organisation de l'espace de stockage des nombres, celui de la zone de calcul ou de dépôt des cartes après soumission au dispositif. Les élèves n'ont pas à se préoccuper de ces questions-là gérées par le dispositif. A l'inverse, la version cartes leur offre toute liberté et autonomie pour s'organiser, ces questions ne sont pas toujours faciles à traiter par les élèves mais leur résolution est essentielle et constitue un des objectifs d'apprentissages visés dans ce jeu (Livrable 3.2).

### 3.4 Nombre cible version tablettes

Nous avons dû passer d'une version cartes où les nombres cibles et les six nombres sont définis et stabilisés à une version tablette dans laquelle un mode aléatoire contrôlé doit générer des nombres cibles et les six nombres les accompagnant dans un domaine numérique déterminé.

Nous avons déjà déterminé un corpus fini des nombres cibles de la version cartes mais la version tablettes a nécessité une définition de nos critères plus approfondie et davantage codifiée pour que les développeurs puissent l'implémenter afin que le système génère à la fois des nombres cibles et des propositions de nombres conformes à nos attentes.

#### 3.4.1 Les menus de questions et les jeux de nombres

Selon la version jouée, les domaines numériques proposés diffèrent.

Dans la version cartes, les nombres cibles sont répartis en trois domaines numériques :

- **Nombre cible jusqu'à 20.** Ce menu propose des nombres cibles de 6 à 20. Il s'adresse plus particulièrement au cycle 2.
- **Nombre cible jusqu'à 40.** Ce domaine propose des nombres cibles de 16 à 38. Il s'adresse plus particulièrement au cycle 2 et cycle 3.
- **Nombre cible jusqu'à 100.** Ce domaine propose des nombres cibles de 30 à 100. Il s'adresse plus particulièrement au cycle 2 et cycle 3.

Dans la version tablettes, les nombres cibles sont répartis en six domaines numériques.

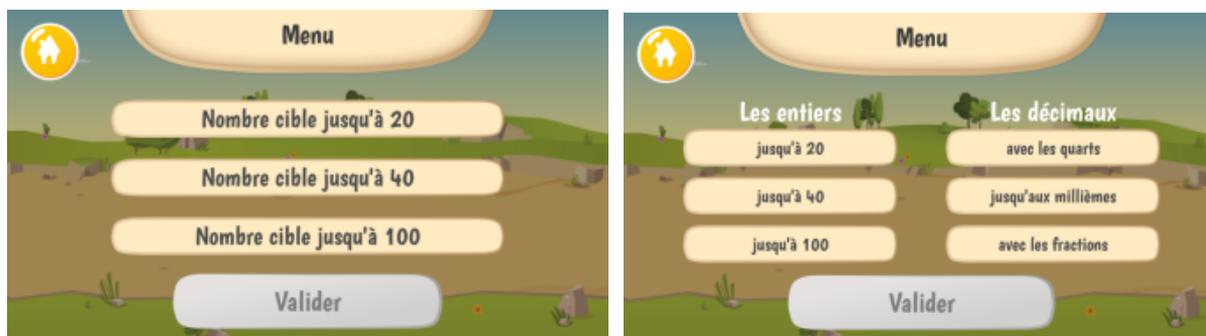


Figure 6 : écrans des menus de la version Cartes à gauche et de la version Tablettes à droite

On retrouve les mêmes domaines numériques avec les nombres cibles entiers que dans la version cartes. Mais trois autres domaines numériques avec des nombres cibles décimaux s'adressant plus particulièrement au cycle 3 sont ajoutés:

- **Nombre cible avec les quarts.** Ce domaine propose des nombres cibles entiers ou décimaux, compris entre 0 et 30, affichés avec leur écriture décimale.
- **Nombre cible jusqu'aux millièmes.** Ce domaine propose des nombres cibles entiers ou décimaux, compris entre 0 et 30, affichés avec leur écriture décimale.
- **Nombre cible avec les fractions.** Ce domaine propose des nombres cibles entiers ou décimaux, compris entre 0 et 30, affichés avec leur écriture décimale.

Dans la version cartes, les couleurs des cartes, les nombres affichés sur les cartes, les nombres cibles et les combinaisons de trois cartes possibles étaient présentés dans le livrable 3.1 de novembre 2015. Rien n'a été modifié sur cette version-là.

Dans la version tablettes, il n'est plus nécessaire comme dans la version cartes de distinguer avec des couleurs quels nombres sont utilisables. Chaque nombre cible apparaît sur le téléphone. La tablette affiche sur une aire bien délimitée les six nombres parmi lesquels il faut choisir la combinaison de trois nombres pour atteindre le nombre cible.

La version tablettes n'est pas contrainte par un nombre de couleurs et de cartes et peut ainsi proposer des domaines numériques plus nombreux et plus étendus.

### **3.4.2 Contraintes sur le tirage des cartes et des cibles**

Voici les contraintes générales définies sur le fonctionnement de l'algorithme développé.

- Tirage de 3 cartes solutions (pour les menus non entiers, pas plus d'une carte faisant partie de la solution avec un nombre entier),
- Calcul du nombre cible : pour le menu nombre cible jusqu'à 20 il faut que le nombre 10 soit une cible qui apparaisse dans chaque partie de la sélection facile (et pas dans la sélection difficile), il faut que la cible 10 ne soit pas presque toujours la dernière. Proposition : prévoir le tirage de toutes les cibles, la cible 10 puis 5 autres cibles avant le lancement du jeu, ça peut être utile aussi ensuite, puis tirage des trois cartes nombre intruses, sans doublon dans les cartes solutions (6 nombres différents).
- Trois cartes "intruses" qui : sont plus petites que le nombre cible (version tablette), ne donnent pas d'autre solution ou une solution plus difficile. Par exemple, un nombre complément à la dizaine supérieure et qui ne donne pas une autre solution avec les autres cartes, ou bien correspondent à un nombre dont la valeur est proche des nombres de la solution (pour les décimaux c'est à + ou -1). Dans les sélections avec décimaux, les cartes intruses doivent contenir un nombre non entier quand la solution a des nombres non entiers et utiliser les mêmes chiffres que ceux des nombres

solutions et il ne doit pas y avoir plus de 2 cartes avec un nombre entier dans le tirage des 6 cartes.

Pour résumer, nous reproduisons ici un extrait du guide pédagogique détaillant les menus et leur contenu explicité.

Tableau 1. Présentation des domaines numériques pour chaque menu du jeu du Nombre cible.

Menus	Domaines	Exemples	Connaissances mobilisées
<b>Entiers Jusqu'à 20</b>	Nombre cible compris entre 6 et 20. Six termes possibles compris entre 1 et 50 en version Cartes ou entre 1 et le nombre cible pour la version Tablettes.	Nombre cible : 9  Termes : 1 - 2 - 3 - 4 - 10 - 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>les compléments à 10</li> <li>les décompositions d'un nombre inférieur à 10</li> <li>le surcomptage au-dessus de 10</li> <li>la comparaison des entiers</li> </ul>
<b>Entiers Jusqu'à 40</b>	Additions de trois nombres dont le résultat est égal au nombre cible compris entre 15 et 40, termes compris entre 1 et 50.	Nombre cible : 32  Termes : 2 - 3 - 5 - 10 - 17 - 30	<ul style="list-style-type: none"> <li>les décompositions d'un nombre inférieur à 10</li> <li>les compléments aux multiples de 10 : 20, 30, 40</li> <li>la comparaison des entiers</li> </ul>
<b>Entiers Jusqu'à 100</b>	Additions de trois nombres dont le résultat est égal au nombre cible, compris entre 30 et 100, termes compris entre 1 et 50.	Nombre cible : 96  Termes : 1 - 3 - 6 - 10 - 40 - 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>les décompositions d'un nombre inférieur à 10</li> <li>les compléments aux multiples de 10 : 20, 30, 40</li> <li>la comparaison des entiers</li> </ul>
<b>Décimaux Les quarts</b>	Nombre cible entier ou décimal, compris entre 0 et 30, affiché avec son écriture décimale. Six termes inférieurs au nombre cible dont la partie décimale est égale à zéro ou 25 centièmes ou 5 dixièmes ou 75 centièmes.	Nombre cible : 6,5  Termes : 0,5 - 1,25 - 1,5 - 2,25 - 3,75 - 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'addition de parties décimales « quart », « moitié » et « trois-quarts » pour atteindre un entier : <math>0,25+0,75 = 1</math> ou <math>0,5+0,5 = 1</math></li> <li>la recherche de la partie décimale manquante pour atteindre un entier</li> <li>la décomposition d'un nombre décimale</li> <li>la comparaison des décimaux</li> </ul>
<b>Décimaux Les millièmes</b>	Nombre cible entier ou décimal, compris entre 0 et 30, affiché avec son écriture décimale. Six termes inférieurs au nombre cible. Les termes sont entiers ou ont avec une écriture décimale au dixième, au centième ou au millième.	Nombre cible : 7  Termes : 1,058 - 1,58 - 1,902 - 1,942 - 2 - 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>la décomposition d'un nombre entier en deux nombres décimaux</li> <li>l'addition de deux nombres décimaux qui n'ont pas le même nombre de chiffres après la virgule</li> <li>le passage d'une retenue de la partie décimale à la partie entière</li> <li>le calcul de la différence au travers de la recherche de la valeur manquante pour compléter jusqu'au nombre cible</li> <li>la valeur d'un chiffre selon sa position.</li> <li>de comprendre que les décimaux ne sont pas deux entiers séparés par une virgule (cf. ordre de grandeur).</li> <li>La comparaison des décimaux</li> </ul>
<b>Décimaux Les</b>	Nombre cible entier ou décimal, compris entre 0 et	Nombre cible : 2,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'écriture fractionnaire de nombres décimaux.</li> </ul>

<b>fractions</b>	30, affiché avec son écriture décimale. Six termes inférieurs au nombre cible, entier ou en fraction décimale au dixième, ou au centième.	Termes : $\frac{2}{100}$ $\frac{6}{100}$ $\frac{20}{100}$ $\frac{6}{10}$ $\frac{8}{10}$ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>la transformation d'écritures pour des sommes de fractions ayant même dénominateur</li> <li>la transformation d'une somme de fractions décimales en une écriture décimale.</li> </ul>
------------------	--	---	--

Les informations présentées dans le Tableau 1 résultent d'une caractérisation plus précise des tirages possibles et pertinents pour le jeu telles qu'elles ont été établies pour permettre le développement.

Pour présenter les caractéristiques des tirages avec les décimaux, il est nécessaire définir des sous-ensembles de nombres décimaux :  $D$  c'est tous les décimaux,  $D_1$  c'est tous les décimaux  $d$  tels que  $10d$  est un nombre entier, c'est à dire ceux qui s'écrivent avec un seul chiffre après la virgule,  $D_2$  c'est tous les décimaux  $d$  tels que  $100d$  est un nombre entier, c'est à dire ceux qui s'écrivent avec deux chiffres après la virgule,  $D_3$  c'est tous les décimaux  $d$  tels que  $1000d$  est un nombre entier, c'est à dire ceux qui s'écrivent avec trois chiffres après la virgule.

Les contraintes générales pour tous les tirages avec les décimaux sont :

- les cartes sont toujours inférieures à la cible
- au maximum 2 cartes entières sur les 6
- cible toujours comprise entre 6 et 30
- pas de cibles au millième (cibles dans  $N$ ,  $D_1$  ou  $D_2$ )
- écriture des fractions avec une barre horizontale
- pas plus de 3 cartes au millième
- pas plus de 3 cartes au centième

Contraintes à répartir sur les 6 tirages de la partie : des cibles entières, 2 cibles au dixième et 1 cible au centième, ainsi que 2 tirages avec un 0 inutile sur une des cartes solutions nombre décimal de  $D_1$  ou  $D_2$  et 2 tirages avec un 0 inutile sur une des cartes intruses nombre décimal de  $D_1$  ou  $D_2$ . Par exemple :  $\_ ,50$  au lieu de  $\_ ,5$  ou  $\_ ,060$  au lieu de  $\_ ,06$

### 3.5 Niveau de difficulté pour chaque menu

Pour chaque menu, un choix entre facile et difficile est proposé. La difficulté dépend des propriétés des six nombres tirés, de ceux qui font partie de la solution et de ceux qui n'en font pas partie, les nombres intrus. Cependant la difficulté n'est pas caractérisée par les mêmes propriétés du tirage dans les tirages entiers et dans les tirages décimaux.

Pour les trois menus avec les nombres entiers, nous avons arrêté les critères suivants :

- cible plus petite que 10 ou pas

- appui sur la dizaine : signifie que la solution utilise une carte 10, 20.. (multiple de 10) ou bien que la somme de deux des 3 cartes solutions est égale à un multiple de 10.
- distracteur : signifie que deux cartes (2 cartes intruses ou 1 carte intruse et 1 carte solution) ont pour somme la solution.

Tableau 2. Table de vérité pour calculer la difficulté d'un tirage d'un nombre cible entier et de 6 nombres. 0 pour le critère absent et 1 pour le critère vérifié.

Difficulté	Cible plus petite que 10 1 cible <10 0 cible >10	Appui sur la dizaine 1 appui sur la dizaine 0 pas d'appui dizaine	Distracteur 1 avec distracteur 0 sans distracteur
Difficile	0	0	0
Difficile	0	0	1
Facile	0	1	0
Difficile	0	1	1
Facile	1	0	0
Facile	1	0	1
Facile	1	1	0
Facile	1	1	1

Pour les trois menus sur les nombres décimaux (avec les quarts, avec les millièmes et avec les fractions), les critères à prendre en compte sont :

- cible entière ou pas ;
- des cibles décimales non entières, dont la solution s'appuie sur un passage à l'entier, « appui sur un entier ou pas » : la somme de deux des nombres de la solution est entière ;
- présence ou pas d'un distracteur, c'est à dire que deux cartes intruses ou une intruse avec une carte solution donnent la solution ;
- une élimination facile du nombre le plus grand parmi les 6 nombres proposés. C'est le cas lorsque la somme du nombre le plus grand avec le nombre le plus petit dépasse le nombre cible. Ainsi la recherche de la solution s'opère sur 5 nombres au lieu de 6, ce qui rend la résolution plus facile. Cela a donné le critère « distance » qui est Vrai (ou 1) quand le critère est vérifié, donc il y a une distance entre les cartes. Faux (ou 0) les cartes sont proches les unes des autres. On considère la plus grande des 6 cartes et la distance de cette carte G au nombre cible  $d=NC-G$ . S'il n'y a pas de carte ou une seule carte inférieure à cette distance d alors la carte G est éliminée facilement donc le tirage est considéré comme plus facile. Le critère peut être résumé par le nombre de cartes dont la valeur est inférieure à d. Si ce nombre est 0 ou 1 (inférieur ou égal à 1), le critère est vérifié.

Ainsi, dans les tirages difficiles des menus « décimaux », les cibles entières ou décimales présentent l'une des propriétés suivantes :

- il n'y a pas d'appui possible sur l'entier sauf exception ;
- il est souvent difficile d'éliminer un des 6 nombres car ils sont tous proches ;
- il y a souvent une solution intruse, c'est à dire que le nombre cible est atteint avec seulement deux nombres.
- de plus, les nombres intrus, c'est à dire les nombres qui ne font pas partie de la solution, ont des caractéristiques qui obligent les élèves à les considérer et les utiliser dans leurs calculs car les nombres intrus permettent un complément à l'unité, sont proches de l'un des nombres solutions, font partie d'une solution intruse.

Ainsi, dans les tirages difficiles, le nombre de calculs à effectuer pour trouver la solution est plus important que dans les tirages faciles.

Tableau 3. Table de vérité pour calculer la difficulté d'un tirage d'un nombre cible décimal et de 6 nombres. 0 pour le critère absent et 1 pour le critère vérifié.

difficulté	cible entière	appui sur l'unité	distracteur	distance
	1 pour la cible entière 0 pour cible décimale non entière	1 appui sur l'unité 0 pas d'appui	1 présence d'un distracteur 0 pas de distracteur	1 distance entre les nombres 0 sans distance
Difficile	0	0	0	0
Difficile	0	0	0	1
Difficile	0	0	1	0
Difficile	0	0	1	1
Facile	0	1	0	0
Facile	0	1	0	1
Facile	0	1	1	0
Facile	0	1	1	1
Difficile	1	0	0	0
Facile	1	0	0	1
Difficile	1	0	1	0
Difficile	1	0	1	1
Facile	1	1	0	0
Facile	1	1	0	1
Difficile	1	1	1	0
Facile	1	1	1	1

Des exemple de tirages pour les entiers et les décimaux ont été fournis au cours du développement du jeu (Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6).

Tableau 4. Exemple de tirages faciles et difficiles pour les menus Entiers.

Nombre cible	Caractéristiques et exemples de TIRAGE des cartes FACILE	Caractéristiques et exemples de TIRAGE des cartes DIFFICILE
Nombre cible de 6 jusqu'à 10	<p>Nombre cible 6 ou 7 Un seul tirage possible de cartes : 1 2 3 4 5 6</p> <p>Nombre cible 8, 9 ou 10 cartes 1 2 3 4 5 6 ou avec le 2 dans le lot de cartes 2 3 4 5 6 7</p>	Tous les tirages sont faciles pour les cibles jusqu'à 10
<p>Nombre Cible entier plus grand que 10 et plus petit que 20 exemple avec 13</p>	<p>Quand avec deux cartes il y a le passage à la dizaine (10, 20, 30...) Comme <math>13 = 10+3</math>, pour tirer les cartes, soit on décompose 10 en deux cartes, soit on décompose 3 en deux cartes :</p> <p>Cartes possibles : 10 2 1 3 4 5 (sol <math>10+2+1</math>)</p> <p>Autre lot de cartes possible : 8 2 3 4 9 5 (sol <math>8+2+3</math>)</p>	<p>Quand aucune des solutions ne passe par une dizaine entière</p> <p>Si on considère les 3 nombres de la solution, on ne peut pas en trouver 2 dont la somme est 10</p> <p>Cartes possibles : 7 5 1 2 4 6 (solution <math>7+5+1</math>)</p> <p>Autre lot de cartes possibles 6 5 2 3 9 7 (solution <math>6+5+2</math>)</p> <p>Autre lot possible 6 5 2 9 1 4 (solution <math>6+5+2</math>)</p> <p>Mais pas ce tirage là 6 5 2 3 8 7 (solution <math>6+5+2</math> mais aussi <math>8+2+3</math> qui s'appuie sur le <math>8+2=10</math>)</p>
<p>Nombre cible : 24 entier plus grand que 20 et plus petit que 100</p>	<p>Facile si on peut décomposer 24 en <math>20+4</math></p> <p>Très facile 10 10 4 6 7 8</p> <p>Cartes possibles : 20 3 1 10 4 2 Si nombre cible pair possibilité de faire des cartes "doubles" 7 7 10 8 4 3</p>	<p>Difficile si on ne peut pas décomposer en <math>20+4</math> mais en <math>10 + 14</math></p> <p>Cartes possibles : 10 8 6 4 2 9 (solution <math>10+8+6</math>) Encore plus difficile si on ne peut passer ni par 10 ni par 20</p> <p>Cartes possibles 7 8 9 11 6 4</p> <p>Cartes possibles (2 solutions) 7 8 9 11 6 5</p>

**Menu Avec les quarts.** Il faut des cibles entières, deux cibles au dixième (c'est à dire -,5) et une cible au centième (au choix -,25 ou -,075).

Tableau 5. Exemple de tirages faciles et difficiles pour le menu Décimaux Avec les quarts.

3 cartes solutions	Cible	3 cartes intruses	Exemples
Deux décimaux et un entier avec les quarts c'est à dire qui ont comme partie décimale _,25 ou _,5 ou _,75	entière de 0 à 30	avec des parties décimales comme les solutions _,25 _,5 et _,75 et parfois : prévoir une carte avec _,05 (sur une carte maximum) écrire le _,5 sous la forme _,50	exemple NC: 7  solution 0,75 0,25 6 intrus 0,05 0,5 5
Trois décimaux avec partie décimale parmi _,25 ou _,5 ou _,75	entier de 6 à 30	avec des parties décimales comme les nombres solutions _,25 _,5 et _,75 et parfois : prévoir une carte avec _,05 (un seul nombre maximum tiré) écrire le _,5 sous la forme _,50	exemple NC: 7  solution 2,5 2,25 2,25 intrus 0,05 2,05 5
Trois décimaux avec partie décimale parmi _,25 ou _,5 ou _,75	décimale de 0 à 30	avec des parties décimales comme celles des solutions _,25 _,5 et _,75 et parfois : prévoir une carte avec _,05 (sur une carte maximum) écrire le _,5 sous la forme _,50	exemple NC 6,5  solution 1,25 3,75 1,5 intrus: 2,25 0,5 6 et parfois 6,05

**Avec les millièmes.** Il faut des cibles entières, deux cibles au dixième et une cible au centième.

Tableau 6. Exemple de tirages faciles et difficiles pour le menu Décimaux Avec les millièmes.

3 cartes solutions	Cible	3 cartes intruses	Exemples
Deux décimaux au dixième (dans D1) et un entier	entière	les cartes dans D1 utilisant les chiffres des dixièmes des cartes solution	exemple NC 11 solution 5,6 3,4 2 intrus 5,4 2,6 1
Deux décimaux au centième (dans D2 sans D1) et un entier	entière	les cartes dans D1 ou D2	exemple NC 6 solution 0,33 0,77 5 intrus 2,3 3,7 1
Deux décimaux au millième (dans D3 sans D2) avec pour l'une un 0 au dixième et au centième et un entier	entière	les cartes dans D1 D2 utilisant les chiffres de la partie décimale des cartes solution  une seule carte intruse dans D3 au max.	exemple NC 7 solution: 1,058 1,942 4 intrus: 2 1,902 1,58  Autre exemple NC 7 solution : 1,58 1,420 3 intrus :
Trois décimaux	entier de 6 à 30		
Deux décimaux au dixième et un entier	non entière au dixième	décimaux au dixième et centième avec partie entière proche du tiers du nombre cible” mêmes chiffres mais on joue sur leur position	exemple NC 3,9 solution 1,2 1,7 1 intrus 0,9 1,02 1,03 car confusion possible sur la position des chiffres
Deux décimaux au dixième, centième ou millième et un entier	non entière au dixième ou au centième	décimaux au dixième et centième avec partie entière proche du tiers du nombre cible mêmes chiffres mais on joue sur leur position	exemple NC 4,2 solution 4 0,15 0,05 intrus
Trois décimaux au dixième, centième, millième	non entière au dixième ou au centième	une somme de deux nombres égale à la cible	exemple NC 7,1 solution difficile: 2,4 3,5 1,2 intrus 6 2,7 3,6 NC 8,1 solution facile: (appui sur l'unité) 4,3 2,7 1,1 intrus 4,5 0,09 7

**Avec les fractions** : il s'agit de fractions décimales uniquement et écrites en  $\frac{?}{10}$ ,  $\frac{?}{100}$ ,  $\frac{?}{1000}$

Tableau 7. Exemple de tirages faciles et difficiles pour le menu Décimaux Avec les fractions.

3 cartes solutions	Cible	3 cartes intruses	Exemples
un entier et deux fractions dans D1 inférieures à 1 écrites avec 10 et 100 au dénominateur	entière	fractions dans D2, avec les mêmes chiffres au numérateur que ceux des cartes solution ou complément à 1 des cartes solutions	NC 4 solution 3 $\frac{8}{10}$ $\frac{2}{10}$ intrus $\frac{8}{100}$ $\frac{3}{10}$ $\frac{4}{10}$ NC 4 solution 3 $\frac{8}{10}$ $\frac{20}{100}$ intrus $\frac{8}{100}$ $\frac{3}{10}$ $\frac{1}{100}$
un entier et une ou deux fractions supérieures à 1	entière	fractions dans D2, avec les mêmes chiffres au numérateur que ceux des cartes solution ou complément à 1 des cartes solutions	NC 5 solution 3 $\frac{12}{10}$ $\frac{8}{10}$ intrus 2 $\frac{2}{10}$ $\frac{2}{100}$
un entier et deux fractions dans D1 inférieures à 1 écrites avec 10 et 100 au dénominateur	non entière	fractions dans D2, avec les mêmes chiffres au numérateur que ceux des cartes solution ou complément à 1 des cartes solutions	NC solution intrus
un entier et une ou deux fractions supérieures à 1	non entière	fractions dans D2 et D3, avec les numérateurs avec les mêmes chiffres que les cartes solutions ou bien la partie décimale du nombre cible.	NC 2,8 solution 2 $\frac{6}{10}$ $\frac{20}{100}$ intrus $\frac{6}{100}$ $\frac{2}{100}$ $\frac{8}{10}$

Les aides apportées aux élèves pourraient oraler ces fractions pour faciliter leur compréhension ( $\frac{25}{10} = \text{“vingt-cinq dixièmes”} \dots = 2,5$ ). Mais cela n'a pas été développé dans l'application du jeu.

### 3.5.1 Autres caractéristiques permettant de générer des tirages facile ou difficile n'ayant pas été implémentés

**La disposition des nombres sur la tablette** est une caractéristique qui permet aussi de rendre plus ou moins faciles les tirages identiques du point de vue des nombres. Si les nombres de la solution sont ordonnés du plus grand au plus petit (même s'il y a des intrus entre les 3 nombres), le tirage sera plus facile que lorsque les nombres de la solution ne sont pas positionnés par ordre décroissant. Cela aurait pu donner lieu à une aide fournie par le système.

Plusieurs **choix d'écriture** sont possibles lorsqu'il s'agit de nombres décimaux : écriture décimale (chiffres et virgule), avec ou sans zéros inutiles, ou écriture fractionnaire (plusieurs

écritures fractionnaire possibles, ici que les dénominateurs puissance de 10). La version du jeu actuelle ne comporte pas ces différents écritures possibles, notamment les zéros inutiles. Les contraintes sur les écritures qui ont été retenues sont : pour le nombre cible écriture décimale sans zéro inutile, pour les écritures fractionnaires des dénominateurs 10, 100 ou 1000.

Pour en faciliter la lecture et la comparaison des différents menus, nous reproduisons ici une synthèse extraite du guide pédagogique détaillant les niveaux facile et difficile par menus entiers et décimaux, et leur explication.

Menus	Explications
<b>FACILE</b>	
<b>Entiers</b>	<p>Les tirages faciles des menus « Entiers jusqu'à 20, 40 ou 100 » ont l'une des propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il existe plusieurs solutions pour un même nombre cible ;</li> <li>• la solution s'appuie sur un passage à la dizaine, c'est à dire que deux des trois cartes font 10 ;</li> <li>• la solution s'appuie sur un multiple de 10, c'est à dire que deux des trois cartes font 20, 30, 40...</li> </ul> <p><b>Exemple de tirage facile pour « Entiers jusqu'à 20 » :</b>            Nombre cible 12            Nombres tirés 9 - 1 - 2 - 6 - 7 - 4            Solutions possibles <math>12 = 9 + 1 + 2</math> ou <math>12 = 6 + 4 + 2</math> ou <math>12 = 7 + 4 + 1</math></p> <p><b>Exemple de tirage facile pour « Entiers jusqu'à 40 » :</b>            Nombre cible 30            Nombres tirés 20 - 2 - 8 - 13 - 21 - 14            Solution <math>30 = 20 + 8 + 2</math></p> <p><b>Exemple de tirage facile pour « Entiers jusqu'à 100 » :</b>            Nombre cible 82            Nombres tirés 64 - 6 - 12 - 32 - 19 - 35            Solution <math>82 = 64 + 6 + 12</math></p>
<b>Décimaux</b>	<p>Les tirages faciles pour les menus « décimaux » ont l'une des propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• des cibles entières</li> <li>• des cibles décimales non entières, dont la solution s'appuie sur un passage à l'entier.</li> <li>• une élimination facile du nombre le plus grand parmi les 6 nombres proposés. C'est le cas lorsque la somme du nombre le plus grand avec le nombre le plus petit dépasse le nombre cible. Ainsi la recherche de la solution s'opère sur 5 nombres au lieu de 6, ce qui rend la résolution plus facile.</li> </ul> <p><b>Exemple de tirage facile pour le menu « décimaux, les quarts » :</b>            Nombre cible 22            Nombres tirés = 17 - 3,5 - 1,5 - 16,5 - 0,75 - 18,25            Solution <math>22 = 17 + 3,5 + 1,5</math></p>

**Exemple de tirage facile pour décimaux millièmes :**

Nombre cible 23

Nombres tirés 1 - 3,7 - 6,3 - 13 - 18,7 - 20,3

Solution  $23 = 13 + 3,7 + 6,3$ **Exemple de tirage facile pour décimaux fractions :**

Nombre cible 7

Nombres tirés  $\frac{2}{10}$   $\frac{5}{10}$   $\frac{6}{10}$   $\frac{71}{100}$   $\frac{129}{100}$  5Solution  $7 = 5 + \frac{71}{100} + \frac{129}{100}$ **DIFFICILE****Entiers**

Dans les tirages difficiles des menus « entiers » :

- la solution ne passe pas par la dizaine
- le plus souvent, le nombre le plus grand n'appartient pas à la solution
- il y a des solutions intruses, c'est à dire que le nombre cible peut s'obtenir avec la somme de deux nombres, obligeant les élèves à renoncer à un calcul et poursuivre la recherche.

**Exemple de tirage difficile pour les entiers jusqu'à 20:**

Nombre cible 17

Nombres tirés 9 - 3 - 5 - 13 - 14 - 6

Solution  $17 = 9 + 3 + 5$ **Exemple de tirage difficile pour les entiers jusqu'à 40:**

Nombre cible 39

Nombres tirés 25 - 35 - 2 - 12 - 9 - 11

Solution possible  $39 = 25 + 2 + 12$ **Exemple de tirage difficile pour les entiers jusqu'à 100 :**

Nombre cible 30

Nombres tirés 13 - 6 - 11 - 21 - 16 - 24

Solution  $30 = 13 + 11 + 6$ **Décimaux**

Dans les tirages difficiles des menus « décimaux », les cibles sont entières ou décimales. De plus,

- il n'y a pas d'appui possible sur l'entier sauf exception ;
- il est souvent difficile d'éliminer un des 6 nombres car ils sont tous proches ;
- il y a souvent une solution intruse, c'est à dire que le nombre cible est atteint avec seulement deux nombres.

De plus, les nombres intrus, c'est à dire les nombres qui ne font pas parti de la solution, ont des caractéristiques qui obligent les élèves à les considérer et les utiliser dans leurs calculs.

Les nombres intrus :

- permettent un complément à l'unité,
- sont proches d'un des nombres solutions,
- font partis d'une solution intruse.

Ainsi, dans les tirages difficiles, le nombre de calculs à effectuer pour trouver la solution est plus important que dans les tirages faciles.

<p><b>Exemple de tirage difficile pour les quarts :</b>          Nombre cible 19          Nombres tirés 14,75 - 2,75 - 1,5 - 3,75 - 15 - 11,5          Solution <math>19 = 14,75 + 2,75 + 1,5</math></p> <p><b>Exemple de tirage difficile pour les millièmes :</b>          Nombre cible 17,84          Nombres tirés 0,21 - 2,21 - 3,69 - 9 - 13,94 - 14,15          Solution <math>17,84 = 13,94 + 0,21 + 3,69</math></p> <p><b>Exemple de tirage difficile pour les fractions :</b>          Nombre cible 6,18</p> <p>Nombres tirés <math>\frac{1}{100}</math> <math>\frac{8}{100}</math> <math>\frac{1}{10}</math> <math>\frac{3}{10}</math> <math>\frac{8}{10}</math> 6</p> <p>Solution <math>6,18 = 6 + \frac{8}{100} + \frac{1}{10}</math></p>
--

### 3.5.2 Choix du déplacement du robot

Dans cette version 2 du jeu, quelle que soit la version cartes ou tablettes, le déplacement du robot peut être activé ou désactivé au moment du choix du menu (cf. Figure 8).

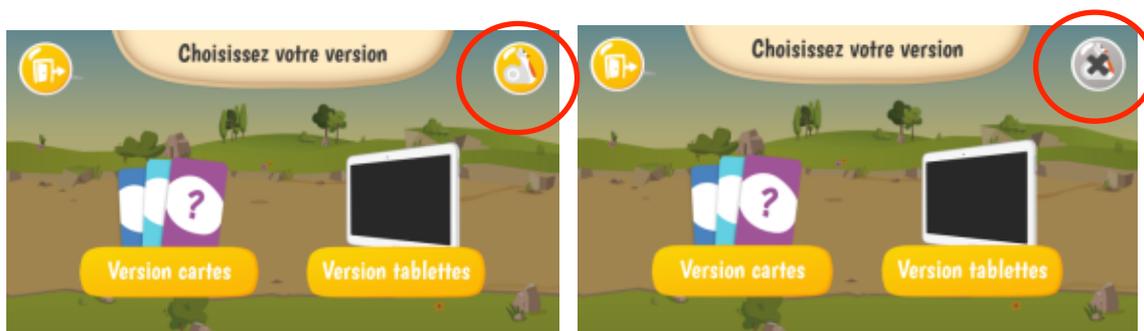


Figure 7 : choix du déplacement du robot : sur l'écran de gauche le bouton déplacement (se situant en haut à droite) est activé et sur l'écran de droite le bouton est désactivé

Même si le robot ne se déplace pas, le jeu reste possible. Le déplacement du robot sur son plateau n'est pas indispensable pour les élèves. Cela pointe la faiblesse de notre dispositif dans ce jeu sur ce point-là précisément pour lequel il se peut que la métaphore du minigolf n'ait pas non plus été suffisamment porteuse de sens. Nous n'avons donc pas réussi à faire en sorte que le déplacement du robot soit significatif et incontournable comme il l'est dans le jeu Voyage dans le plan (voir §4. Le jeu Voyage dans le plan).

### 3.6 Le déroulement du jeu pour le nombre cible

Le déroulement du jeu est décrit dans le guide pédagogique du Nombre cible partie 3.

Bien que le plateau ait changé, la version cartes se joue de la même manière qu'avec l'ancien plateau.

### Version Cartes

Le robot présente le nombre cible sur un fond de couleur (Figure 8).

Le joueur a en sa possession toutes les cartes détaillées plus haut. Il doit choisir trois nombres parmi les cartes de la même couleur que celle du nombre cible.

### Version Tablettes

Le robot présente le nombre cible sur un fond neutre (Figure 8).

Sur les deux tablettes s'affichent les mêmes six nombres à l'intérieur de petits cercles figurant des balles de golf.

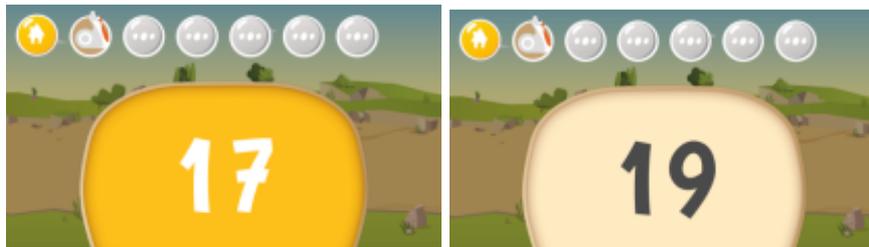


Figure 8. Présentation du nombre cible sur fond coloré dans la version Cartes (à gauche) et sur fond neutre dans la version tablettes (à droite).

## 3.7 Réponse du joueur

### Version Cartes

Les cartes sélectionnées par les joueurs pour atteindre la cible doivent être présentées, à tour de rôle, sous le robot afin que chaque nombre soit scanné par le lecteur optique placé à l'avant du robot, entre ses roues (Figure 9 à gauche). Les yeux du robot flashent en bleu pour indiquer qu'il a pu lire la carte. Les joueurs ont la possibilité d'effacer leur réponse, c'est-à-dire toutes les cartes soumises, en utilisant la carte GOMMER. Ils peuvent alors proposer une nouvelle sélection de cartes. Quand ils souhaitent soumettre sa réponse au robot, les joueurs valident leur choix avec la carte VALIDER en la présentant de la même manière au robot.

### Version Tablettes

A chaque tour, seule l'une des deux tablettes est active. L'autre tablette montre les actions faites mais ne permet pas d'agir sur l'écran. Au tour suivant c'est l'autre tablette qui sera active.

Sur la tablette active, les balles sélectionnées doivent être glissées et déposées avec le doigt dans le sac de golfeur.

Les joueurs ont la possibilité d'enlever ou d'ajouter une balle tant qu'ils n'ont pas appuyé sur le bouton VALIDER.

Quand ils souhaitent soumettre leur réponse au robot, les joueurs valident leur choix en cliquant sur le bouton VALIDER (Figure 9 à droite).

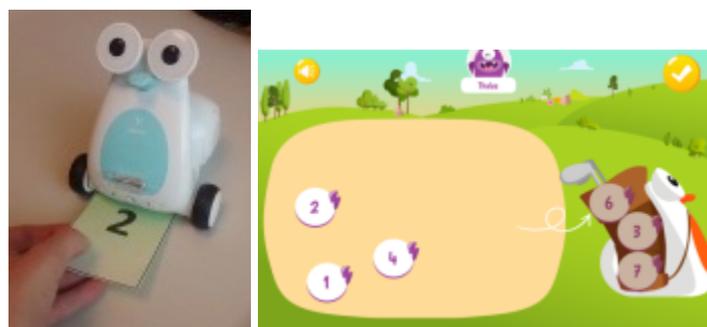


Figure 9. A gauche l'élève passe une carte sous le robot pour la scanner, à droite l'élève peut valider sa réponse en cliquant sur le bouton VALIDER en haut à droite.

Avec les cartes ou les tablettes, si les joueurs mettent trop de temps à soumettre une première réponse, le robot les incite à répondre (cf. Figure 16).



Figure 10 : si les joueurs mettent trop de temps pour répondre, le robot les sollicite

L'affichage final des résultats a lui aussi changé pour s'harmoniser avec le thème du minigolf.



Figure 11 : A la fin du tour, le robot affiche les résultats des joueurs et propose de rejouer ou de retourner au menu pour pouvoir changer de type de calcul.

Les expérimentations dans les classes nous ont conduits à observer des différences notables entre les versions cartes et tablettes concernant l'organisation des espaces de travail des élèves. L'analyse figure dans le livrable 5.4 partie 4.

## 4 Le jeu Voyage dans le plan

Le jeu du Voyage dans le plan est un jeu dont la conception a été initiée avec les enseignants participant au projet au cours des ateliers de co-conception de la première année du projet et finalisé pendant l'année scolaire 2015-2016. Une première version a été disponible courant juin 2016 pour une première campagne de tests dans quelques classes. Une deuxième version a été distribuée aux écoles du projet début octobre 2016. Une deuxième campagne d'expérimentations a eu lieu en octobre et novembre dernier. Les retours d'expérience à ce jour ne portent que sur des questions d'ergonomie ou de pédagogie. Compte tenu de la mise à disposition assez récente du jeu dans les classes, les analyses plus fines sont en cours, à partir des vidéos enregistrées, notamment à propos des stratégies des élèves et les impacts sur leurs apprentissages.

Ce jeu est différent des deux précédents au niveau de la place et du rôle du robot. Si celui-ci pouvait avoir un rôle secondaire voire facultatif dans Course au calcul et Nombre cible, Voyage dans le plan ne peut pas se jouer sans le robot. Il tient une place centrale en rendant tangibles les codages des trajectoires par ses déplacements sur le plateau.

Le guide pédagogique du Voyage dans le plan décrit précisément le matériel utilisé (cf : partie 2.1), l'organisation et la gestion de la classe (cf : partie 2.2), l'utilisation de la loupe, du stylet, le placement des jetons et le pilotage du robot (cf : partie : 2.3), le déroulement des parties (Découverte partie 4.3, Aller simple partie 4.4 et Exploration mystère partie 4.5). Nous vous invitons à vous y référer, seuls les éléments ne figurant pas dans le guide sont décrits ci-dessous avec quelques reprises des guides indispensables pour la compréhension du propos.

### 4.1 Présentation du jeu

Voyage dans le plan est un jeu collaboratif pour travailler **l'orientation, le repérage spatial et le codage de déplacement** dans un espace à deux dimensions représenté par un plateau (cf. Figure 12). Il peut être joué à 2, 3 ou 4 joueurs. Les rôles des joueurs sont identiques et la répartition des actions entre les joueurs n'est pas imposée par le jeu.

Quelle que soit la mission choisie, **le but du jeu** reste le même.

A la suite d'une tempête, les quatre éléments naturels, l'eau, l'air, le feu et la terre, ont été dispersés à la surface du plateau. Il s'agit de piloter le robot pour aller récupérer les quatre éléments.

Ce jeu se décline en 3 missions :

- mission Découverte, plutôt adaptée pour des élèves de début de cycle 2, peut être considérée comme un tutoriel permettant de découvrir le fonctionnement du jeu ;

- mission Aller simple, plutôt adaptée pour des élèves de fin de cycle 2 et début de cycle 3, fonctionne de façon analogue à la mission Découverte, mais avec un défi à réussir, récupérer tous les éléments en une seule fois, donc un enjeu plus marqué ;
- mission Exploration mystère, plutôt adaptée pour des élèves de fin de cycle 3 est une situation-problème car l'orientation du plateau et certaines caractéristiques du pilotage du robot sont à découvrir par les joueurs.



Figure 12. Dispositif pour les missions Découverte et Aller simple (à gauche) et mission Exploration mystère (à droite).

Chaque partie se déroule en deux étapes :

- positionner les quatre éléments sur le plateau en suivant les indications du dispositif : **travail sur l'orientation, le repérage spatial ;**
- piloter le robot pour collecter les éléments, en évitant d'éventuels obstacles : **travail sur l'orientation et le codage de déplacements.**

## 4.2 Les plateaux

### 4.2.1 Forme et dimensions des plateaux

Très rapidement est apparue l'idée d'un plateau de forme circulaire ou irrégulière type patatoïde, proche d'un cercle (Figure 13), qui ne fournirait aucun repère aux élèves.

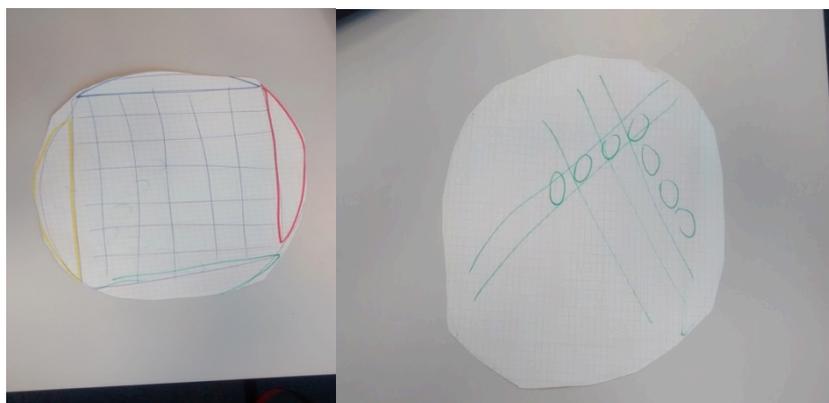


Figure 13. Proposition de plateau issue des ateliers de co-conception avec au recto un quadrillage et une orientation grâce aux zones de couleur et au verso une surface unie, effaçable à sec pour pouvoir écrire dessus, sans repères de couleur ou autre, les deux faces du plateau sont codées pour le robot

Une forme carrée ou rectangulaire pour présenter un quadrillage visible ou à construire, apporte de fait un certain nombre de repères implicites aux utilisateurs. Par exemple, les lignes et les colonnes du quadrillage sont parallèles à deux bords du plateau et perpendiculaires aux deux autres (Figure 12). Ces repères étant apportés implicitement par le dispositif matériel du jeu, ils empêchent les élèves de s'interroger sur ces questions relatives à ces repères puisqu'ils sont présents. Les élèves n'ayant pas à les construire, à se les approprier, les conditions nous semblent moins favorables au regard des apprentissages de ce domaine.

La difficulté d'un tel plateau réside dans les limitations à apporter aux déplacements du robot. Le codage des surfaces imprimées tel que défini par le fabricant du robot, sur un format rectangulaire, n'a pas permis de d'identifier une solution dans le temps de développement disponible. Du côté imprimeur, l'impression et la découpe sont possibles, à un coût bien supérieur aux plateaux rectangulaires.

Finalement, cette forme de plateau n'a pas été retenue pour le démonstrateur, et nous avons retenu une forme plus traditionnelle, un rectangle de 60 x 84 cm, apportant, hélas de notre point de vue, des repères implicites pour les élèves.

Les missions Découverte et Aller simple utilisent donc un plateau rectangulaire quadrillé de 4 lignes et 6 colonnes et la mission Exploration mystère un plateau blanc uni avec un quadrillage caché dans le système de 4 lignes et 6 colonnes pour le menu Facile et de manière aléatoire entre 4 et 7 lignes et 6 et 8 colonnes pour le menu Difficile.

#### 4.2.2 Configuration des éléments et obstacles sur les plateaux



Figure 14. Configurations triviales des éléments et des obstacles générées aléatoirement.

Dans une première version du jeu, le positionnement des éléments et des obstacles sur les plateaux était généré aléatoirement. Cependant, cette génération aléatoire ne permet pas d'éviter des positions triviales avec des éléments alignés ou très facilement joignables (Figure 14 à gauche), un placement des obstacles ne laissant que peu de choix de

déplacement du robot (Figure 14 à droite) ou qu'un élément ne soit pas accessible en raison des obstacles.

De plus, toutes les configurations possibles et non triviales ne sont pas nécessairement intéressantes du point de vue de l'apprentissage. La caractérisation didactique des positions des obstacles et éléments permettant une génération aléatoire de configurations pertinentes pour l'apprentissage n'a pas pu être produite dans le cadre du projet. Pour résoudre ce problème dans le cadre du projet, nous avons créé un catalogue de 120 configurations de plateaux prédéfinies (Figure 15).

Chaque configuration place les quatre éléments, les trois obstacles et définit également trois positions de départ du robot. Ce qui, conjugué au changement d'orientation du plateau, propose 120 configurations différentes. Ce qui est largement suffisant pour que les joueurs ne jouent pas deux fois avec la même configuration.

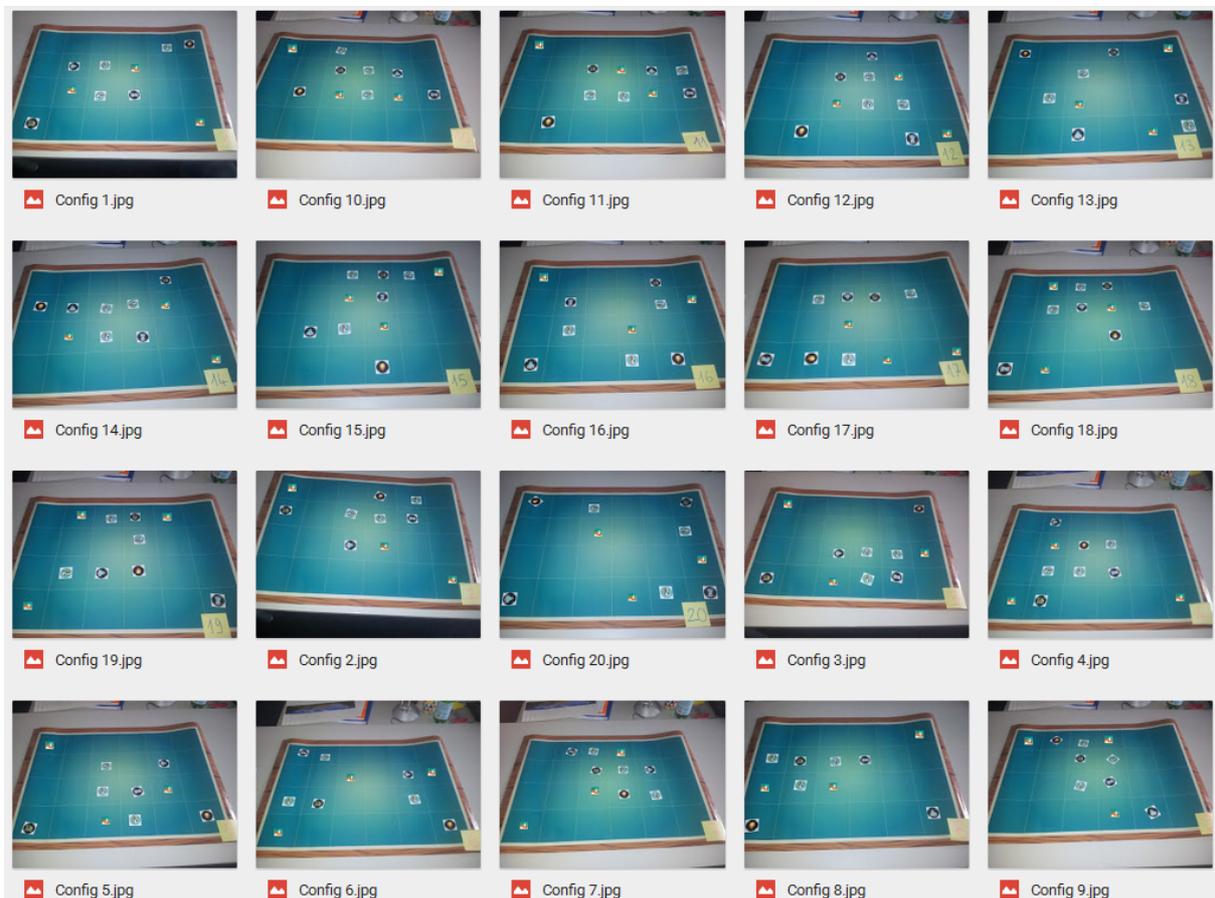


Figure 15. Les 120 configurations fixes du plateau de Voyage dans le plan.

Le niveau de difficulté de chacune de ces configurations s'appuie sur :

- la position relative des différents éléments sur le plateau,
- la position relative des obstacles sur le plateau,
- la position de départ du robot,
- le nombre de changement de direction du codage à venir,

- le contournement d'obstacles ou son absence,
- le placement d'un jeton dans une impasse (Figure 15, config.1, 2 et 6) impliquant le retour en arrière du robot,
- les alignements pouvant induire les joueurs en erreur comme ceux sur les diagonales du quadrillage car le robot ne se déplace pas de cette façon (Figure 15, config. 9),

Nous avons développé une version Démonstration du jeu dans laquelle ces configurations sont proposées dans un ordre défini. Cette version peut servir à l'enseignant pour faire travailler tous ses élèves sur les mêmes configurations de plateau et ainsi avoir une base commune de discussion. Par contre, pour des raisons techniques propres à Androïd, cette version Démo, plus limitée dans ses possibilités de jeu, ne peut pas être chargée sur le téléphone et les tablettes en même temps que l'autre version du jeu. L'enseignant devra choisir entre les deux versions selon ses objectifs.

### 4.3 Choix de la mission, du niveau de difficulté et du mode de pilotage



Figure 16. A gauche l'écran pour choisir le menu, au centre l'écran pour choisir le niveau de difficulté et à droite l'écran pour choisir la commande de pilotage

En jouant sur le choix de la mission, le niveau de difficulté et le mode de pilotage du robot, ce jeu offre 12 combinaisons de jeu différentes. Huit d'entre elles sont plus particulièrement destinées au cycle 2 et quatre à huit pour le cycle 3.

L'enseignant doit définir en fonction de ses objectifs quelle liberté de choix il laisse à ses élèves. Ces choix portent :

- sur la mission, Découverte ou Aller simple pour le cycle 2, Aller simple ou Exploration mystère pour le cycle 3,
- le niveau de difficulté,
- le mode de pilotage, absolu ou relatif.

#### 4.3.1 Les missions

Initialement, la mission découverte devait constituer un tutoriel pour expliquer aux élèves comment placer les éléments sur le plateau et les guider dans le déroulement de la mission.

Très rapidement, il est apparu que ce tutoriel pouvait avoir un intérêt différent et qu'il pouvait constituer un jeu par lui-même, ou tout au moins la première manche d'un jeu qui sera décliné en deux missions :

- Découverte, mission d'entraînement pour récupérer les éléments un à un ;
- et Aller simple, mission plus élaborée, destinée à récupérer tous les éléments en un seul trajet.

Chaque mission se réalise avec ou sans obstacles selon la difficulté retenue.

La mission Exploration mystère ne constitue pas nécessairement une troisième manche après avoir joué avec les deux autres missions. Si elle est proposée après les deux autres missions, on peut faire l'hypothèse que le recours au quadrillage pour contrôler le pilotage du robot est disponible chez les élèves. En revanche, si elle est proposée comme première partie de jeu, alors la référence au quadrillage n'est pas disponible et devient un enjeu de découverte par les élèves au cours de la partie.

#### **4.3.2 Le niveau de difficulté**

Selon les missions, le niveau de difficulté varie.

Pour les missions Découverte et Aller simple, le plateau de jeu est quadrillé, ce qui constitue un repère apporté par le dispositif. La difficulté sera accrue par l'ajout de trois obstacles à éviter. Le fait de devoir récupérer les quatre éléments en un seul trajet dans la mission Aller simple constitue également une difficulté supplémentaire par rapport à la mission Découverte.

Dans la mission Exploration mystère, les difficultés ne viennent pas des obstacles, contrairement aux autres missions mais de l'instruction pince et surtout du fait que le plateau est uni. La commande de la pince pour récupérer les éléments n'apparaît pas dans l'étape d'entraînement de la mission Exploration mystère. Cela rajoute une petite difficulté pour la dernière étape qui se réalise en deux tentatives seulement. En effet, les élèves ne doivent pas oublier d'intégrer les instructions pince dans la liste des instructions qui codent le trajet du robot. Le plateau uni de la mission Exploration mystère, sans aucun repère, contraint les élèves à construire leur propre système de repérage. Les plateaux différents modulent bien évidemment le niveau de difficulté mais le plateau uni permet également de proposer aux élèves une véritable situation problème. Enfin, si le nombre d'obstacles rajoutés constituent la difficulté supplémentaire dans chaque mission, à l'inverse, dans la mission Exploration mystère, cet ajout facilite le repérage sur la carte de la tablette et sur le plateau par le maillage et les alignements qu'ils constituent. En effet, si l'on positionne 6 obstacles et 4 éléments sur un plateau constitué de 24 cases, le nombre de cases occupées est suffisamment important pour constituer un repérage, évitant aux élèves d'avoir à la

construire eux-mêmes. Nous avons donc limité les obstacles à trois et avons cherché d'autres moyens de complexifier la situation de la mission Exploration mystère Difficile, en prenant en compte les contraintes techniques et matérielles.

Du fait de l'implémentation du codage du déplacement du robot, les possibilités n'étaient pas nombreuses. En effet, les points du plateau ne sont pas repérés par un système de coordonnées mais sont numérotées de 1 à plusieurs dizaines de milliers sur des lignes qui se suivent comme les lignes écrites d'une page de livre.

Nous avons proposé plusieurs façon de modifier la structuration du déplacement du robot sur le plateau :

- une taille des cases du quadrillage différente de celle du plateau 6x4, le pas du robot n'a alors pas la même taille ;
- une rotation du quadrillage de 20 ou 30 degrés sur le plateau rectangulaire, amenant le robot à se déplacer selon des lignes et colonnes non parallèles aux bord du plateau ;
- une translation du quadrillage pour obtenir des cases incomplètes sur les bords du plateau ;

Il a finalement été possible de proposer quatre quadrillages différents, donc quatre déplacements du robot différents de celui du niveau facile. De manière aléatoire, les cases peuvent être plus petites ou plus grandes et nous pouvons obtenir un quadrillage entre 4 et 7 lignes, et entre 6 et 8 colonnes.

Pour récapituler, nous reprenons un extrait du guide pédagogique (Livrable 3.2, partie 2.3.2). Pour chaque mission, deux niveaux de difficulté sont proposés. Voici ce qui les caractérise :

	<b>Facile</b>	<b>Difficile</b>
<b>Découverte</b>	Récupérer les éléments un à un sans obstacles	Récupérer les éléments un à un avec 3 obstacles
<b>Aller simple</b>	Récupérer tous les éléments en un seul trajet sans obstacles	Récupérer tous les éléments en un seul trajet avec 3 obstacles
<b>Exploration mystère</b>	Récupérer tous les éléments en un seul trajet avec 3 obstacles Quadrillage caché identique au plateau quadrillé Le pas du robot est identique à celui des autres missions	Récupérer tous les éléments en un seul trajet avec 3 obstacles Quadrillage caché différent en dimension de celui des autres missions Le pas du robot est différent de celui des autres missions

### 4.3.3 Le mode de pilotage

Ce jeu offre la particularité de piloter le robot selon deux modes : en **mode absolu**, en référence aux points cardinaux de la carte et en **mode relatif**, comme par le robot lui-même de son propre point de vue.

Durant les ateliers de conception, nous avons réfléchi à différentes représentations possibles des commandes de pilotage en absolu. Leur représentation n'était pas neutre car il fallait la lier également aux traces du codage du déplacement du robot devant figurer sur les tablettes. Les ébauches ci-dessous (Figure 17, Figure 18) regroupent différentes représentations réalisées au cours des ateliers de conception.

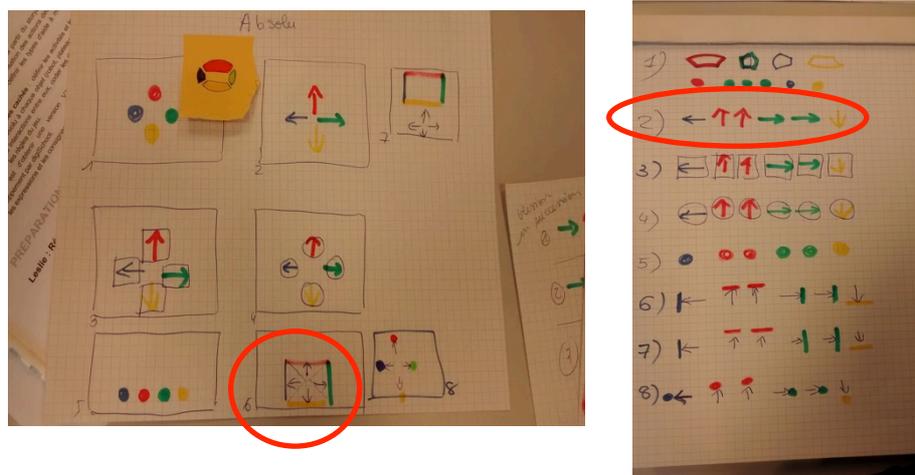


Figure 17. Différentes propositions de commande de pilotage absolu (à gauche) et de trace d'instructions associées pour le codage du trajet du robot (à droite).

Dans un premier temps, la commande 6 et la trace 2 avaient été adoptées pour obtenir une continuité. On clique sur une flèche en direction du vert et on obtient une flèche verte. Puis finalement, la couleur a été retirée des traces de la tablette pour ne pas donner trop d'indication et laisser aux élèves le soin de faire le lien entre direction de la flèche et direction sur le plateau.

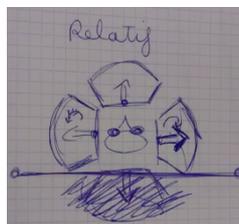


Figure 18. Ebauche de commande de pilotage relative.

Pour éviter les confusions en mode absolu et mode relatif, car l'action sur le robot est différente, la représentation des flèches de chacun des modes est différente. Au final, le jeu propose à présent les deux modes de pilotage de la manière suivante :



Figure 19. Les commandes de pilotage du robot en absolu (à gauche) et en relatif (à droite).



Figure 20 : Ecran de choix de la commande de pilotage.

En mode absolu (Figure 19 gauche), les quatre flèches commandent chacune l'avancée du robot d'une case (Découverte et Aller simple) ou d'un pas (Exploration mystère) dans la direction signalée par la couleur placée en bout de la flèche. En mode relatif (Figure 19 droite), les trois flèches ont une action différente. La flèche rectiligne sert à commander l'avancée du robot d'une case ou d'un pas. La flèche courbe gauche commande la rotation du robot sur sa gauche sur la même case ou position sans avancer d'un pas, et la flèche courbe droite, de la même manière à droite. A la fois en mode absolu et en mode relatif, la pince sert à simuler la récupération de l'élément quand le robot est parvenu sur sa case.

La compréhension des instructions de codage par les élèves nécessite qu'ils procèdent à des essais, observent les effets de ces actions sur le robot et en déduisent la fonction de chaque commande en vue des futurs codages.

D'une manière générale, le mode absolu semble plus facile pour les joueurs car il se réfère à un système de référence lié au plateau, quelle que soit l'orientation relative des joueurs et des tablettes. Il leur suffit de dire par exemple « trois flèches ou cases vers le bleu ». Ce qui n'est pas le cas du mode relatif qui oblige les joueurs à se décentrer sur le robot.



Figure 21. Exemple de liste d'instructions pour coder la trajectoire du robot telle qu'affichée sur une tablette. La liste disparaît de la tablette une fois le trajet réalisé par le robot.

#### 4.3.4 Les cartes Déplacement

Des cartes déplacement (Figure 22) ont été créées au moment des expérimentations et proposées avec le jeu pour répondre aux difficultés de codage des déplacements du robot. Elles peuvent être considérées comme des éléments du jeu et pourraient être intégrées dans les versions ultérieures. Ces cartes ne sont pas lisibles par le robot. Elles sont une aide pour les élèves à l'élaboration du codage de la trajectoire

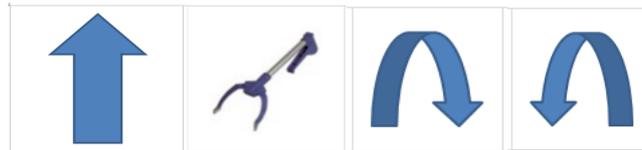


Figure 22 : Cartes déplacement.

Aucune consigne précise n'est prévue dans le jeu à propos de l'utilisation des cartes. Les élèves s'en emparent comme ils veulent et leur attribuent une fonction ou pas. Elles sont suffisamment petites pour être placées sur le plateau, à côté des tracés des trajectoires par exemple. Elles peuvent être aussi placées sur la table et servir de traces pour garder la mémoire du codage réalisé, comme étant la reproduction des instructions de codage de la tablette qui elles s'effacent après chaque essai (Figure 21).

#### 4.3.5 Les tablettes

Dès la conception, les fonctions des deux tablettes ont été dissociées (Figure 23). Mais une alternance des fonctions sur chaque tablette est prévue pour ne pas spécialiser le joueur qui garderait la même tablette et permettre ainsi à tous les joueurs d'effectuer les différents rôles et activités de ce jeu, incitant à la collaboration.

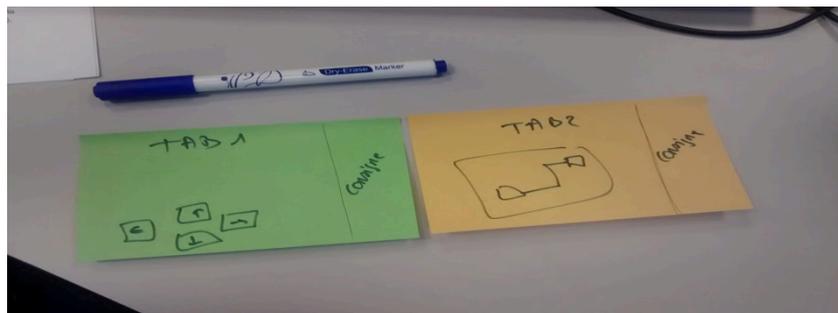


Figure 23. Recherche d'interface pour les tablettes.

Le mode relatif en particulier oblige les élèves à trouver des moyens pour résoudre le problème rencontré. Souvent, l'un des élèves se positionne corporellement dans la salle à côté de la table et s'oriente comme le robot, les autres orientant ou non les tablettes (commandes de pilotage et carte). Puis, il mime le robot et anticipe ses déplacements. Parfois, seuls des gestes de la main sont effectués au-dessus du robot. Ces tentatives de résolution, très diverses, contribuent à l'élaboration et à la construction de l'apprentissage visé dans une approche globale des questions d'orientation.



une rétroaction qui permet aux les joueurs de s'interroger sur l'origine de l'arrêt du robot et d'en rechercher les causes. C'est lors de la dernière étape du jeu, celle de la récupération de tous les éléments en un seul trajet et en deux tentatives seulement, que le système va apporter les rétroactions appropriées à la situation. Le dispositif ne propose pas d'autres aides à ce stade de développement du jeu.

Le Tableau 8 présente les différentes **rétroactions par message** que fournit le système pour les différents cas de codages des trajectoires.

Tableau 8. Rétroactions par message dans le jeu Voyage dans le plan.

Situations	Arrêt du robot avant la fin du codage	Validation	Rétroaction du dispositif
Dernier élément ramassé et fin du codage sur cette position	Non	Oui	Bravo !
Dernier élément ramassé et poursuite d'un codage correct du trajet sur le plateau	Non	Oui	Bravo !
Dernier élément ramassé et poursuite du trajet avec sortie du robot du plateau	Oui	Oui	Bravo ! Mais ce trajet a fait sortir le robot du plateau.
Dernier élément ramassé et poursuite du trajet avec un codage menant sur obstacles	Oui	Oui	Bravo ! Mais la fin du trajet n'est pas possible car le robot est devant un obstacle.
Codage de trajectoire passant par un obstacle	Oui	Non	Ce trajet n'est pas possible car le robot est devant un obstacle.
Oubli de récupération d'un élément	Oui	Non	Ce trajet n'est pas possible car le robot ne ramasse pas tous les éléments.
Codage récupération sur une position sans élément ou hors de la position d'un élément	Oui	Non	Ce trajet n'est pas possible car le robot ne ramasse pas tous les éléments.

## 5 Le jeu du Chiffroscope

La conception du jeu du Chiffroscope a été initiée au cours de la première année du projet, avec des recherches sur le codage des nombres, et reprise et finalisée au cours des ateliers de co-conception avec les enseignants durant l'année scolaire 2015-2016.

La première version du jeu, avec une seule visite, celle de l'Astrophysicien a été développée et testée par les partenaires du projet en novembre 2016. Elle n'a été disponible dans une version testable en classe que courant décembre 2016. Il n'a donc pas été possible à ce jour de l'expérimenter dans les classes. Les enseignants du projet continuant à collaborer avec l'IFE jusqu'à la fin de l'année scolaire 2016-2017, des expérimentations sur le terrain vont pouvoir être conduites..

Le guide pédagogique du Chiffroscope (Livrable 3.4) décrit précisément le matériel utilisé, l'organisation et la gestion de la classe, le déroulement des parties. Nous vous invitons à vous y référer, seuls les éléments ne figurant pas dans le guide sont décrits ci-dessous avec cependant quelques reprises indispensables pour la compréhension du propos.

### 5.1 Présentation du jeu

Le jeu du Chiffroscope est un jeu relatif à la numération décimale de position, pour les nombres entiers et pour les nombres décimaux.



Figure 27. Ecran d'accueil du jeu Chiffroscope avec possibilité de choisir la visite avec l'astrophysicien et celle avec le gardien.

Le Chiffroscope est un musée des chiffres qui propose deux visites (figure 17):

- **la visite avec l'Astrophysicien** : au cours de cette visite sur le thème des planètes et des étoiles, il s'agit d'écrire le nombre obtenu à partir d'un tirage aléatoire de cartes nombres et d'unités de numération. Suivant le menu choisi, les nombres sont des entiers plus petits que cent, entiers plus petits que dix-mille, entiers jusqu'au milliard ou des décimaux ;
- **la visite avec le Gardien** : au cours de cette visite il s'agit de trouver le nombre d'entrées au musée à partir de l'organisation et du regroupement en paquets d'une

collection de tickets. Suivant le menu choisi, la collection est de quelques dizaines de tickets, quelques centaines et peut aller jusqu'à deux mille tickets.

## 5.2 La visite de l'Astrophysicien

Le plateau représente un ciel étoilé (Figure 29) et la lune en haut à droite sert de base au robot. Les colonnes représentent les différentes unités de numération, la zone blanche en bas permet d'écrire au feutre effaçable les unités de numération dans les colonnes (unités, dizaines, milliards, millièmes,...).

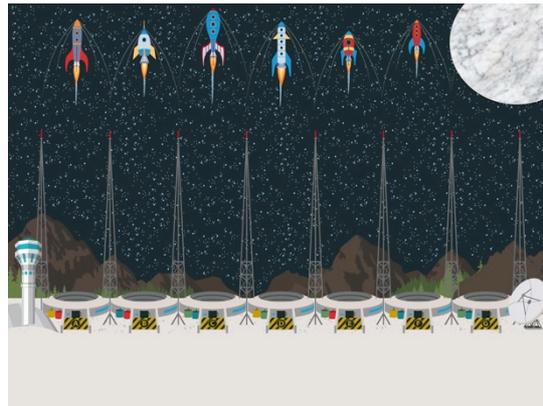


Figure 28. Plateau du jeu Chiffroscope. La zone en bas est effaçable à sec.

Le système définit les colonnes correspondant aux unités de numération. D'une partie à l'autre, les colonnes attribuées aux unités de numération changent. Par exemple, les unités ne sont généralement pas à droite ni forcément positionnées sur le plateau, les colonnes peuvent être vides (configuration pédagogiquement intéressante) ou contenir une ou plusieurs cartes (Figure 29).

Le **but du jeu** est d'écrire le nombre qui a été formé à partir des différentes unités de numération données par le robot et des nombres indiqués sur les cartes qu'ils ont sélectionnées.



Figure 29 : le matériel du jeu Chiffroscope

Suivant le menu choisi, Planètes, Constellations, Etoiles ou Années-lumière (Tableau 9), les domaines numériques proposés concernent à la fois les nombres entiers travaillés par les élèves du cycle 2 et du cycle 3 et les nombres décimaux pour le cycle 3.

Tableau 9. Domaines numériques traités en fonction du menu choisi dans la visite avec l'astrophysicien dans le jeu Chiffroscope.

	Planètes		Constellations		Etoiles		Années-lumière	
Variables numériques	de 10 à 99		de 99 à 9 999		de 100 000 à 9 999 999 999		de 0 à 99,999	
	Facile	Difficile	Facile	Difficile	Facile	Difficile	Facile	Difficile
	de 10 à 69	de 20 à 99	de 100 à 1 000	de 100 à 9 999	de 100 000 à 9 999 999 999	de 1 000 000 à 9 999 999 999	de 0 à 99,999	
Cartes: couleurs et nombre à tirer et à présenter au robot	2 à 3 Cartes Bleues, chiffres de 0 à 9	3 à 4 Cartes Bleues, chiffres de 0 à 9	3 à 5 Cartes Bleues, chiffres de 0 à 9	3 à 5 Cartes Violettes, nombres de 0 à 99	3 à 5 Cartes Bleues, chiffres de 0 à 9	3 à 5 Cartes Violettes, nombres de 0 à 99	3 à 5 Cartes Bleues, chiffres de 0 à 9	3 à 5 Cartes Violettes, nombres de 0 à 99

### 5.3 La visite avec le Gardien

Les joueurs doivent déterminer le nombre de tickets d'une collection de tickets répartie sur deux tablettes sans nécessairement compter les tickets un par un car les collections peuvent être très importantes. Ils peuvent grouper ces tickets par 10, 100 ou 1 000 et échanger les tickets et paquets de tickets d'une tablette à l'autre.

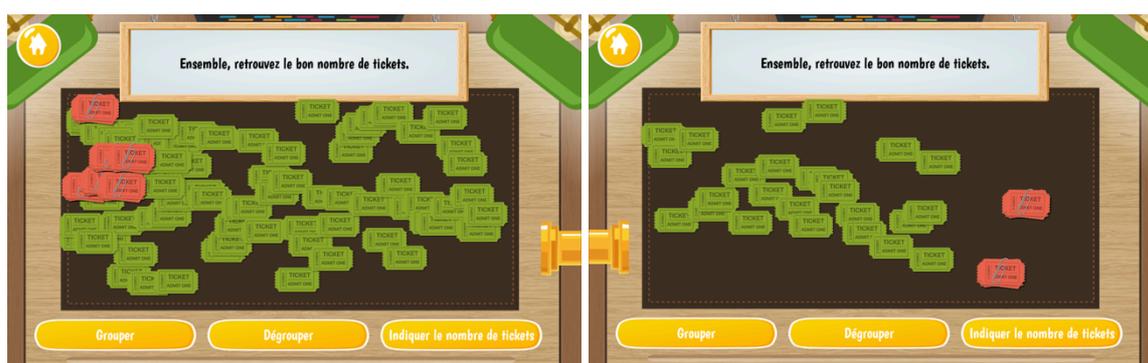


Figure 30. Les deux tablettes affichent la collection de tickets dont les joueurs doivent déterminer le nombre. Le tube doré entre les deux tablettes permet l'échange de tickets entre les deux tablettes.

Cette visite ne nécessite pas l'installation du plateau car le robot ne va pas se déplacer. Il est simplement porteur du téléphone et effectuera à la fin la danse de la victoire en cas de

réussite. Le jeu utilise les potentialités des tablettes numériques pour dénombrer en groupant et dégroupant des collections de tickets, sans passer par un comptage ou un calcul. Lors de la conception du scénario, aucun déplacement du robot ayant une signification mathématique forte et effective n'a pu être déterminé.

Pour **la configuration de la partie**, les joueurs choisissent entre trois intervalles de nombres (petit nombre, grand nombre et très grands nombres) et deux niveaux de difficulté (Figure 31).

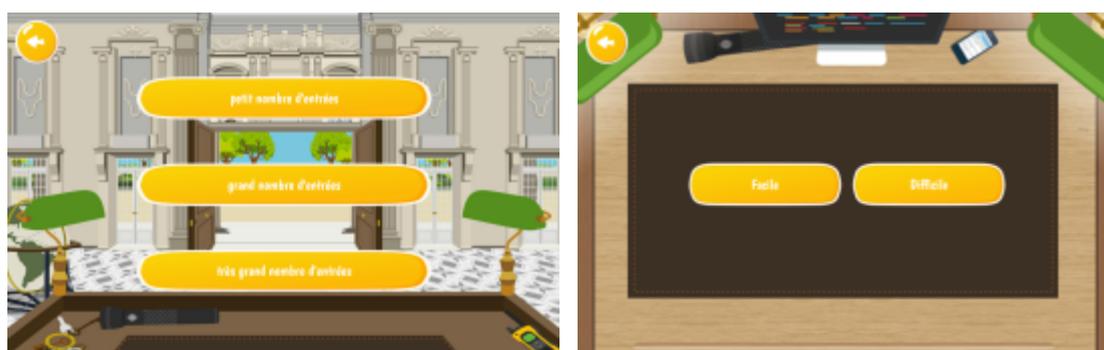


Figure 31 : A gauche l'écran du menu des domaines numériques pour la visite avec le gardien et à droite l'écran du choix du niveau de difficulté.

Tableau 10. Correspondance entre les choix de menu et les domaines numériques

	Petit nombre d'entrées	Grand nombre d'entrées	Très grand nombre d'entrées
Variables numériques Niveau facile	nombres inférieurs à 100	nombres inférieurs à 1 000	nombres entre 1 000 et 2 000
Variables numériques Niveau difficile	nombres inférieurs à 100 contenant des zéros	nombres inférieurs à 1 000 contenant des zéros	nombres entre 1 000 et 2 000 contenant des zéros

Pour que le jeu soit intéressant, il fallait que les collections de tickets puissent être importantes pour rendre nécessaire le groupement des tickets et l'appui sur la numération. Jusqu'à quelques milliers de tickets. Cela a constitué une difficulté majeure de développement. L'espace de l'écran de la tablette est restreint par les boutons Grouper, Dégroupier et Indiquer le nombre de tickets et les tickets doivent avoir une taille minimale pour des raisons techniques propres à la tablette. Finalement, une solution de développement a été trouvée en jouant sur plusieurs paramètres :

- faire figurer des groupements de dizaines et de centaines dont on pouvait faire varier le nombre et l'ajuster au nombre attendu ;

- répartir les tickets en vrac et superposés mais toujours de manière visible.

Le nombre de groupements déjà présents dans l'organisation initiale de la collection est un paramètre qu'il a fallu ajuster. Dans une première version du jeu, la collection présentait plusieurs centaines de tickets unités à regrouper sur chaque tablette. La tâche était fastidieuse et peu intéressante. Dans la version actuelle, il y a toujours des tickets unités en grand nombre mais également d'autres groupements, dizaines et centaines, plus nombreux, ce qui amènent les joueurs à devoir réaliser de nombreux groupements et des échanges. Nous supposons que cela n'est pas trop fastidieux, mais cela reste à vérifier expérimentalement.

Tableau 11. Vocabulaire et icône désignant les groupements de tickets

Nom et icône du groupement	Groupement de ...	Unité de numération correspondante	Dégroupement en ...
ticket 	/	unité	/
carnet 	10 tickets	dizaine	tickets
liasse 	10 carnets	centaine	carnets
enveloppe 	10 liasses	milliers	liasses

Au cours du travail, les élèves réalisent et s'échangent des groupements de façon à organiser la collection et à en déterminer le nombre. Figure 32 montre la collection répartie sur les deux tablettes avec beaucoup de tickets à l'unité. La Figure 33 montre une collection partiellement organisée sur les deux tablettes.

Une fois que les élèves considèrent qu'ils ont suffisamment organisé leur collection pour pouvoir en déterminer le nombre, ils passent à son écriture (Figure 34) et la collection est affichée sur le smartphone (Figure 35 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

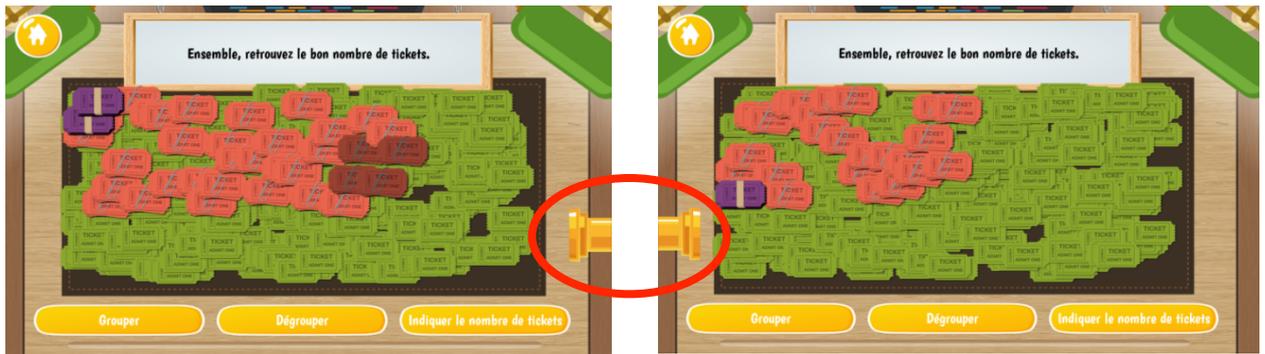


Figure 32 : entre les deux tablettes, les élèves peuvent s'envoyer mutuellement des tickets pour compléter leur paquet



Figure 33 : Exemple de d'organisation de la collection avec des groupements de tickets, en vert les tickets seuls, en rouge les carnets de 10 tickets, en violet les liasses de 10 carnets.

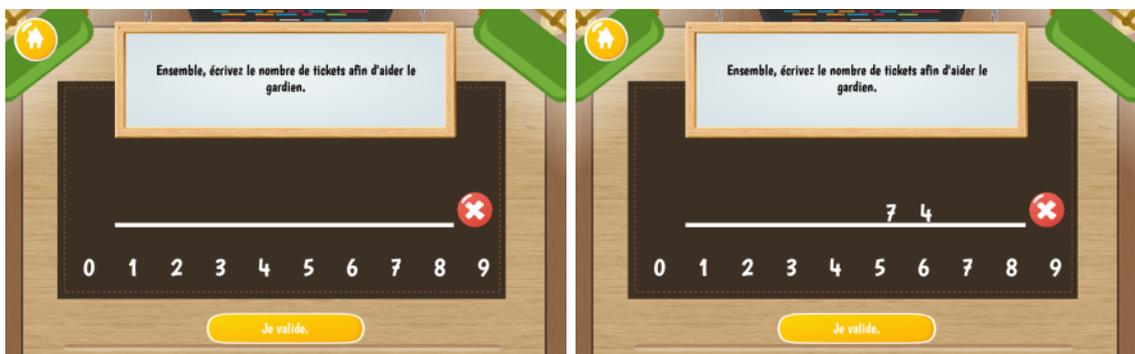


Figure 34 : sur les écrans des tablettes, les élèves doivent glisser-déposer les chiffres pour indiquer le nombre de tickets total

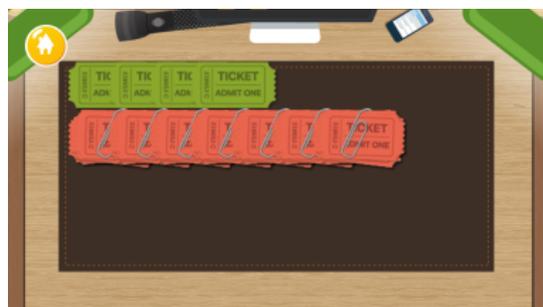


Figure 35 : Sur l'écran du téléphone sont affichés les regroupements réalisés sur les tablettes par les élèves.

## 6 Le scénario Partage et division

Ce jeu a été imaginé et scénarisé durant les ateliers de co-conception avec les enseignants associés au projet en même temps que les scénarios des autres jeux. Il n'a pas donné lieu à un développement faute de temps. Nous présentons ici les deux scénarios imaginés pour les cycles 2 et 3, au stade des premiers mocks-up.

Il s'agit de proposer aux élèves **des situations de partage de collections d'objets, qui sont modélisées mathématiquement par une division.**

### 6.1 Présentation du scénario de jeu « Les pingouins, les icebergs et les poissons »

Une communauté de pingouins vit sur des icebergs. Le jeu consiste à les répartir sur leur habitat (menu 1), à leur donner des poissons à manger (menu 2) et à construire des voies de communication entre les icebergs (menu 3). Chaque niveau correspond à la résolution d'un problème de partage :

- Menu 1 : "il y a 16 pingouins, on veut faire cohabiter 4 pingouins par iceberg. Tous les pingouins doivent être sur des icebergs de même couleur tout en ne laissant aucun iceberg de la même couleur vide. Quelle couleur d'icebergs vais-je utiliser ?" Selon la réponse, donnée par l'élève, sous la forme d'une couleur : le robot se déplace pour placer les pingouins, une animation video est présentée sur smartphone ainsi que l'affichage de l'addition posée  $4+4+...$  au fur et à mesure de l'avancée d'Albert. L'élève peut éventuellement matérialiser la présence des pingouins en écrivant sur le plateau ou en y positionnant des cartes.
- Menu 2 : "il y a 3,4 tonnes de poissons à répartir par iceberg habité. Combien de tonnes de poisson le robot va-t-il livrer à chaque iceberg ?" Selon la réponse de l'élève : déplacement du robot sur chaque iceberg, animation video sur le smartphone et matérialisation éventuelle des cartes ou des inscriptions sur le plateau.
- Menu 3 : "les pingouins ont besoin de communiquer. Pour cela le robot propose de construire des ponts entre les icebergs. Il dispose de matériaux, des planches, pour en construire 10. Place les ponts/planches entre les icebergs de sorte que tous les icebergs soient connectés à un autre." Puis, idem avec video, déplacements d'Albert, et matérialisation par les élèves

Pour le plateau et le matériel, les possibilités suivantes ont été imaginées. Le jeu utilise une ou deux tablettes, un smartphone, le robot, un stylet et des cartes avec au recto un nombre et au verso une collection de pingouins.

- Un plateau pour les menus adaptés au cycle 2, avec des nombres inférieurs à 100. Le plateau peut être fixe et présenter 16 icebergs de différentes couleurs, 2 jaunes, 3 verts, 4 bleus, 5 rouges. Dans ce cas, la position et le nombre d'icebergs sont figés pour toutes les parties de jeux. Avec un plateau adaptable, que l'on configure en positionnant des cartes icebergs sur le plateau, il serait possible de faire varier les nombres utilisés. Pour installer les icebergs sur le plateau, l'élève pilote le robot, ou le positionne manuellement, avant d'indiquer au système d'enregistrer l'emplacement du robot, en cliquant sur la tablette ou smartphone. Il peut aussi cliquer sur les points avec le stylet.

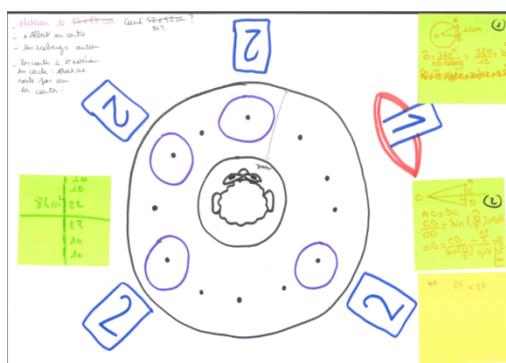


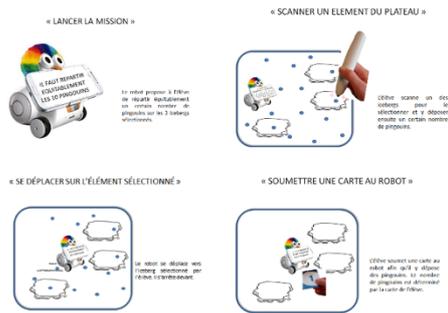
Figure 36. Recherche d'organisation des différents objets du jeu pour le scénario des pingouins.



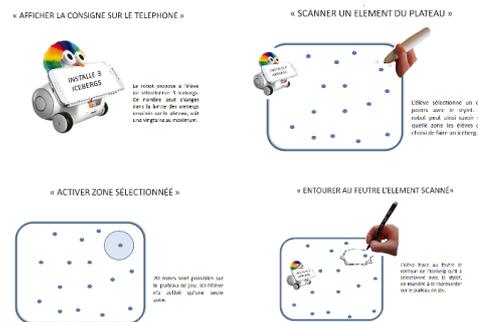
Figure 37. Proposition de plateau de jeu carré de 84 cm de côté. Au centre la place du robot, les points sont les endroits où les élèves peuvent créer un iceberg. Autour des cercles, l'espace pour poser les cartes du jeu. A droite, le joueur a sélectionné 3 icebergs et les a dessinés sur le plateau.

Des maquettes de scénario pour le cycle 2 et pour le cycle 3 ont été réalisées.

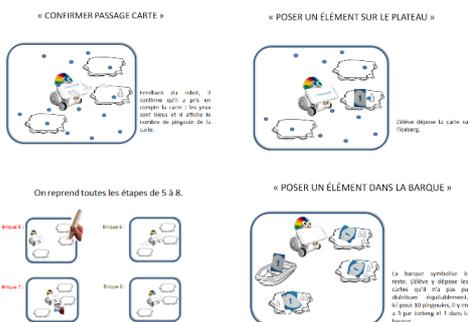
## ATELIER PARTAGE / DIVISION



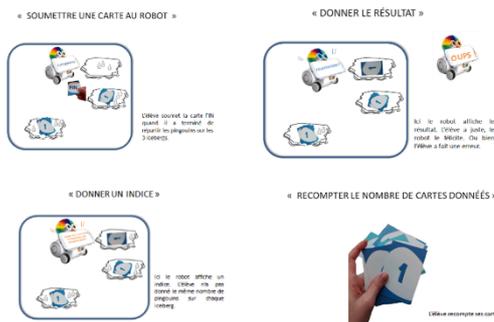
## ATELIER PARTAGE / DIVISION



## ATELIER PARTAGE / DIVISION



## ATELIER PARTAGE / DIVISION



## ATELIER PARTAGE / DIVISION

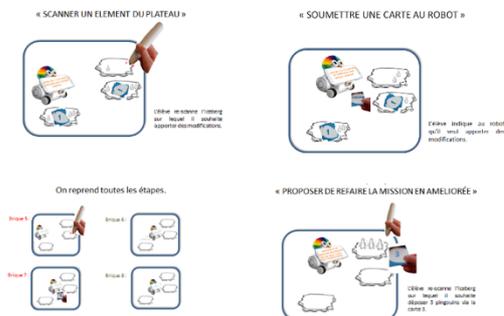


Figure 38. Maquette de scénario pour le jeu partage division en cycle 2.

Pour le cycle 3, les nombres en jeu sont beaucoup plus grands, le plateau n'est plus utilisable. Les cartes présentent les nombres 1 à 9, les nombres 10, 20, 30... 90 et les nombres 100, 200, 300 etc... Le smartphone affiche le nombre total de pingouins, par exemple 752 qui doivent se répartir sur un nombre donné d'icebergs, par exemple 8. Une tablette affiche les 8 icebergs (Figure 39).

Un premier scénario consiste à laisser la possibilité de répartir pas à pas les pingouins sur les icebergs pour obtenir un partage équitable. L'élève scanne une carte  $n$  sur le robot pour indiquer qu'il veut mettre  $n$  pingouins sur un iceberg. Le nombre de passages de chaque carte est libre, mais peut être comptabilisé. Le système indique au fur et à mesure le nombre de pingouins qui restent à répartir sur les icebergs. Si l'élève scanne la carte 10, il y a 10

pingouins qui apparaissent sur chaque iceberg et le nombre de pingouins restants est 683. L'élève peut scanner une nouvelle carte 10 ou une autre carte.

Un autre scénario consiste à résoudre le même problème mais en contraignant le passage des cartes. Il s'agit pour les élèves de répartir les pingouins en scannant le moins de cartes possibles.

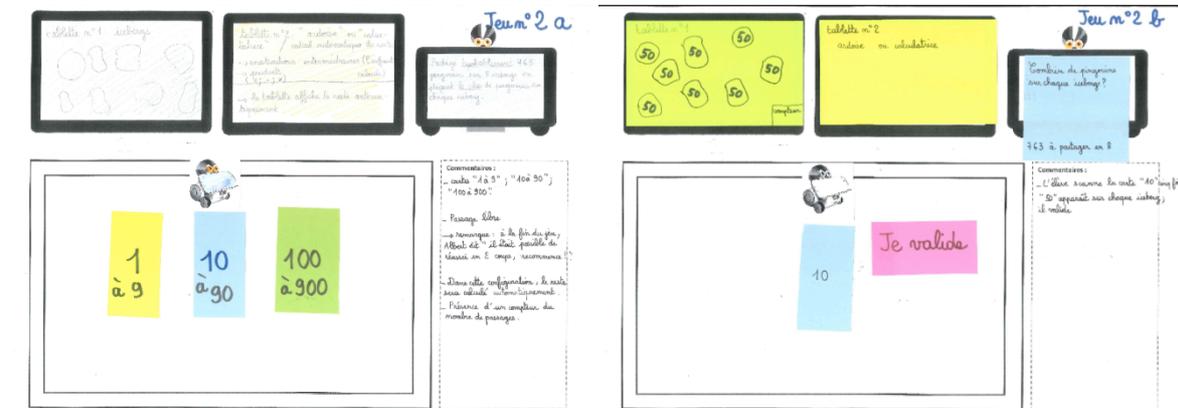


Figure 39. Extrait de la maquette pour le scénario de répartition des pingouins sur les icebergs en cycle 3. 752 pingouins doivent être répartis sur 8 icebergs.

Une indication du nombre de cartes scannées est nécessaire. La procédure gagnante consiste à scanner la carte 90 puis la carte 4. Elle s'appuie sur l'algorithme de la division euclidienne.

## 7 Le matériel dans le dispositif OCINAE

Au cours du projet, chaque école participante a reçu le matériel initial puis les nouveaux matériels (cartes, plateaux, ...) et les nouvelles applications en fonction de l'avancement des différents jeux.

A ce jour, le kit OCINAE contient le matériel suivant :

- 1 mallette en carton,
- 1 robot nommé Albert, du fournisseur coréen SK telecom
- 1 téléphone LG G3, 16 Go, écran 5,5 pouces
- 2 tablettes Samsung Galaxy Tab4, 16G, Wifi, 10,1 pouces, contenant les applications des quatre jeux,
- 1 stylet connecté au robot et au téléphone,
- 5 plateaux imprimés avec un codage lisible par le robot :
  - Course au calcul, plateau plage de dimension 45 cm x 64 cm, pliable en quatre,
  - Nombre cible, plateau minigolf de dimension 30 cm x 64 cm ,
  - Voyage dans le plan, plateau quadrillé bleu, de dimension 60 cm x 84 cm,
  - Voyage dans le plan, plateau uni blanc, de dimension 60 cm x 84 cm,
  - Chiffroscope, plateau base spatiale de dimension 60 cm x 84 cm,
- un paquet de 39 cartes nombre pour le Nombre cible, dimension des cartes 6,5 cm x 10 cm
- un paquet de 110 cartes nombre pour Chiffroscope, dimension 5 cm x 8 cm
- quatre bandes de couleurs pour l'orientation du plateau de Voyage dans le plan,
- un ensemble de 4 jetons éléments et 6 jetons obstacles pour Voyage dans le plan,
- une rallonge-multiprises électrique,
- trois chargeurs pour le téléphone, le robot et les tablettes,
- une notice de démarrage du matériel « Comment bien démarrer avec OCINAE ! »
- sept règles du jeu (Course au calcul, Nombre cible version carte, Nombre cible version tablettes, Voyage dans le plan mission découverte et aller simple, Voyage dans le plan mission exploration mystère, Chiffroscope visite avec l'astrophysicien, Chiffroscope visite avec le gardien),
- quatre guides pédagogiques, un pour chaque jeu (Course au calcul, Nombre cible, Voyage dans le plan, Chiffroscope).