
CLASS? EN CLASSE: JOUER AVEC DES CLASSIFICATIONS POUR COMBINER MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE

Line van den Berg

Univ. Grenoble Alpes, Inria, CNRS, Grenoble INP, LIG, F-38000 Grenoble, France

Jérôme Euzenat

Univ. Grenoble Alpes, Inria, CNRS, Grenoble INP, LIG, F-38000 Grenoble, France

Résumé. *Class?* est un jeu dans lequel les joueurs doivent organiser leurs cartes en fonction d'une classification cachée. Les cartes posées par les autres joueurs leur permettent de deviner où mettre les leurs. Il a été conçu pour que des écoliers appréhendent que les mêmes objets peuvent être classés de différentes manières et qu'il est possible de transmettre une classification sans l'explicitier. Le jeu fait appel à des notions qui se présentent facilement à l'aide des cartes à jouer comme des ensembles définis par des conditions nécessaires et suffisantes (classes). Cela permet d'introduire des classifications hiérarchiques et des notions algorithmiques (tests de conditions, récursion) pour les manipuler. Enfin, il nécessite de raisonner logiquement sur ces notions. *Class?* a été joué avec succès par des élèves du CM2 à la seconde. Nous nous sommes donc posé la question de son positionnement en tant que ressource pédagogique. Il apparaît tout d'abord qu'il ne semble pas illustrer de concepts particulièrement mis en avant par les programmes officiels de l'éducation nationale. Il offre plutôt une manière alternative de renforcer des notions transversales très importantes en informatique. Nous caractérisons *Class?* par rapport aux efforts d'informatique sans ordinateurs et à d'autres jeux utilisables à cette fin. Finalement, nous discutons d'une décomposition de *Class?* en une succession de jeux plus simples permettant d'introduire les notions impliquées l'une après l'autre.

Mots-clés. classification hiérarchique, apprentissage par le jeu, informatique sans ordi, ordres partiels, conditions nécessaires et suffisantes

Abstract. *Class?* is a game in which players have to organise their cards according to a hidden classification. Cards disposed by other players help to guess where to play cards. The game has been designed for pupils to understand that the same objects may be classified in different ways and that it is possible to transmit a classification without disclosing it. It calls for notions that are easily presented with cards, such as sets defined by necessary and sufficient conditions (classes). They facilitate the introduction of hierarchical classifications and algorithmic concepts (boolean tests, recursion) to manipulate them. Finally, it requires to reason logically on these concepts. We have used *Class?* with pupils from fourth to tenth grade. Hence we considered its suitability as a pedagogical resource. It appears that *Class?* does not seem to illustrate concepts explicitly promoted by the official programs of the French education ministry. Instead, it offers an alternative manner to reinforce transverse concepts very important in computer science. We position *Class?* with respect to "computer science unplugged" efforts to teach computer science without computers and comparable games. Finally, we discuss the possible decomposition of *Class?* in a sequence of smaller games allowing us to introduce the involved concepts progressively.

Keywords. classification, game-driven learning, computer science unplugged, partial orders, necessary and sufficient conditions

Introduction

Class? est un jeu de cartes dont le but est de se débarrasser de ses cartes en les affectant à des groupes de cartes correspondant aux classes les plus spécifiques d'une classification cachée.

La classification cachée correspond à une structure que l'on peut découvrir en déposant ses cartes. L'activité peut être considérée comme une métaphore de la recherche scientifique, de l'apprentissage automatique ou de la manière dont les autres voient le monde...

La conception du jeu *Class?* est initialement motivée par la volonté de rendre notre travail de recherche compréhensible par le plus grand nombre. Celui-ci se concentre sur la manière dont des agents logiciels peuvent faire évoluer leurs connaissances en fonction de leurs expériences. Elle est sous-tendue par les remarques suivantes :

- Il existe des règles pour représenter la connaissance (ici, classer des cartes),
- mais pas une unique bonne manière.
- Cela n'empêche pas d'interagir, la classification agissant comme une structure cachée,
- qu'il est possible de découvrir en interagissant.

Si ces notions semblent abstraites, il est possible de les rendre plus concrètes. Pour reprendre le texte introduisant *Class?* :

Imaginez que vous vivez dans une forêt et que vous n'avez que des baies comme nourriture. Il y a différentes sortes de baies : des noires, des rouges, des bleues, des grandes, des petites, des venant en grappe, etc. Peut-être que vous aimez les baies rouges granuleuses mais que vous trouvez les grosses bleues trop amères. Peut-être même que les petites vertes vous ont rendu malade.

Vous utilisez donc les caractéristiques des baies pour choisir celles que vous allez manger. Cela vous permet de les classer : vous vous intéressez d'abord aux baies rouges et ensuite regardez si elles sont lisses ou granuleuses, rondes ou allongées.

Mais différentes personnes avec différentes préférences, différentes expériences ou provenant de contrées lointaines peuvent avoir des classifications différentes. Comment savoir quelles baies leur cueillir pour leur faire plaisir ou les échanger contre celles que vous aimez ?

Alors comment faisons-nous pour nous comprendre ? Par la simple coopération, il est possible de se faire une idée de la connaissance des autres. C'est, en particulier ainsi, que l'on apprend une langue étrangère : on a sa propre langue et on cherche à faire correspondre les mots, les catégories.

Notre motivation première pour développer *Class?* était donc la médiation de nos activités de recherche dans une perspective d'informatique sans ordinateur (Vincent & Collectif Tangente, 2018).

Ce faisant, notre expérience de présentation du jeu dans des classes du CM2 à la seconde, a motivé une approche du jeu plus pédagogique. En effet, *Class?* introduit des concepts, facilement compréhensibles, très utiles en informatique, et pourtant très peu développés dans les programmes d'enseignement actuels.

Il s'agit de notions proprement mathématiques (conditions nécessaires, suffisantes, extension, inclusion, transitivité, disjonction), de principes algorithmiques (procédure, induction, récursion), ou de raisonnements logiques s'appuyant sur ces notions.

Qui plus est, *Class?* offre l'intérêt de reposer sur très peu de concepts, et de ne mobiliser ni nombres ni formules. C'est un atout pour attirer l'attention d'élèves rebutés par cet aspect des mathématiques. Les remarques qui précèdent sont le résultat de notre expérience de la présentation de *Class?* devant différents publics.

C'est pourquoi, nous considérons ci-après le potentiel de *Class?* en tant que ressource pédagogique pour l'enseignement de ces notions.

Notre démarche n'est donc pas une démarche classique de conception d'une ressource pédagogique, mais plutôt une analyse post-hoc d'une ressource utilisable dans un cadre d'enseignement.

Cela correspond à “la pratique d’un jeu de la sphère sociale [médiation] pour l’apprentissage” (Haye & Bronner, 2020). Nous n’avons donc pas cherché à plaquer une méthodologie dirigée par les buts mais plutôt à comprendre l’apport de *Class?* dans un tel cadre.

Pour ce faire, nous présentons d’abord le jeu *Class?* au travers de ses concepts, ses règles et d’un exemple (Section 1). Nous examinons ensuite les programmes de l’éducation nationale (Section 2) pour nous rendre compte que ces concepts sont très peu présents explicitement dans les programmes actuellement en vigueur. Nous revenons sur notre expérience à faire jouer le jeu devant divers publics (Section 3). Nous situons ensuite notre démarche dans la perspective de l’informatique sans ordinateur, ou débranchée, (Section 4) par rapport aux principes de leurs mises en œuvre et à d’autres ressources. Finalement, nous présentons brièvement les développements en cours (Section 5).

1. Le jeu *Class?*

Class? est d’abord présenté par les concepts qu’il met en jeu puis ses règles avant d’illustrer son fonctionnement par un exemple.

1.1. Concepts

Le jeu s’appuie sur différents objets qui correspondent à autant de concepts mathématiques qui peuvent être introduits très simplement.

Carte

Le jeu est composé de 81 cartes, toutes différentes, représentant un motif. Ce motif est déterminé par quatre caractéristiques qui prennent chacune une valeur parmi trois. Ce sont :

- le nombre : 1, 2 ou 3,
- la couleur : rouge, vert ou bleu,
- la forme : carré, triangle ou disque,
- le remplissage : vide, hachuré ou plein.

Par exemple, on peut avoir un carré vert hachuré , trois triangles rouges pleins , ou deux disques bleus vides .

Ces cartes introduisent la notion de propriété d’un objet qu’il faut savoir reconnaître.

Classe

Les cartes peuvent être regroupées en classes, c’est-à-dire un ensemble de cartes partageant des valeurs de caractéristiques précises. Celles-ci constituent les conditions nécessaires et suffisantes pour être membre d’une classe. Par exemple,  représente la classe des cartes ayant deux éléments bleus. Les conditions nécessaires, ici bleu et 2, sont explicitement représentés, mais ceux qui ne le sont pas, ici la forme et le remplissage, sont figurés par un motif générique qui n’apparaît sur aucune carte : ici la forme est une étoile à 8 branche et le remplissage est fait de points. Ainsi :

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue circles} \\ \hline \end{array} = \{ \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue circles} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue triangles} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue squares} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue circles with dots} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue triangles with dots} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue squares with dots} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue circles with dots} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue triangles with dots} \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|} \hline \text{Two blue squares with dots} \\ \hline \end{array} \}$$

Classification

Les conditions nécessaires et suffisantes peuvent être utilisées pour montrer que, plus on ajoute de conditions, moins une classe couvre de cartes et vice-versa. Cela mène à la notion de classe plus

générale (>) ou plus spécifique qu'une autre. Ainsi :



Mais aussi :



Les classes ne sont donc pas totalement ordonnées. Elles peuvent être organisées dans une classification. C'est un arbre (qui se développe de haut en bas) dont chaque élément est une classe. Chaque embranchement divise l'ensemble des cartes appartenant à la classe du dessus en trois branches suivant un unique critère : le nombre, la couleur, la forme ou le remplissage. À noter que sur un même niveau de l'arbre, les critères peuvent être différents. La classe la plus haute contient toutes les cartes ; chaque classe contient moins de cartes que la classe qui la précède et toutes les cartes des classes qui la suivent (de haut en bas).

Les feuilles de l'arbre (n'ayant pas de successeur) sont celles avec lesquelles on va effectivement jouer. Pour chacune des 81 cartes, et quelle que soit la classification, il existe une unique classe feuille dans laquelle la ranger. La figure 1 montre comment attacher les cartes à une classification.

Cette dernière notion est plus complexe que les précédentes.

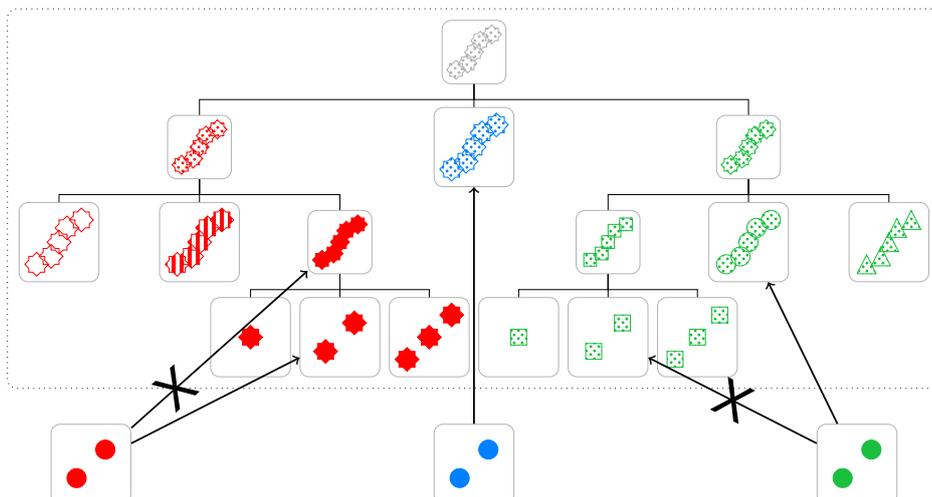


Figure 1. Une classification (dans le cadre pointillé) et l'affectation de trois cartes à leur classe la plus spécifique dans celle-ci.

Aux concepts présents dans *Class?* correspondent naturellement des algorithmes pour les manipuler, et en particulier pour :

- identifier les caractéristiques partagées et différentes entre deux cartes ;
- déterminer les caractéristiques communes à un ensemble de cartes (induction de classes) ;
- déterminer si une carte est membre d'une classe ou non ;
- tester si une classe est sous-classe d'une autre ;
- identifier la classe la plus spécifique d'une carte dans une classification ;
- reconnaître une classification à partir de quelques classes ;
- construire une classification.

1.2. Règles du jeu

Class? se joue avec un jeu de cartes physiques et un ensemble de planches, plus grandes, présentant des classifications.

Début

Chaque joueur reçoit 10 cartes (cette valeur peut varier), les autres cartes constituent la pioche (retournée face cachée). L'un des joueurs, nommé le sachant, reçoit en plus une planche figurant une classification qu'il doit respecter et qu'il ne montre pas. Les autres joueurs sont nommés devinants. La première carte de la pioche est retournée, elle matérialise une première classe posée sur la table. Le sachant peut alors jouer.

Tour

Les joueurs jouent à tour de rôle en déposant sur la table une ou plusieurs cartes de leur main qui doivent toutes appartenir à la même classe feuille. Ils le font :

- soit en les ajoutant à une classe déjà posée sur la table,
- soit en créant une nouvelle classe. Le sachant ne peut créer une nouvelle classe que s'il ne peut ajouter de cartes à une classe existante.

Les joueurs ne sont pas obligés de déposer toutes les cartes qui appartiennent à une classe. Lorsqu'ils créent une nouvelle classe, les joueurs doivent piocher une nouvelle carte.

Le sachant indique si les cartes déposées par le devinant appartiennent bien à une même classe feuille :

- soit qu'elles ont été posées sur une classe préexistante à laquelle elles appartiennent toutes,
- soit qu'elles correspondent à une classe feuille qui n'était pas déjà présente sur la table.

Si ce n'est pas le cas, le devinant reprend ses cartes et en pioche une nouvelle.

Fin

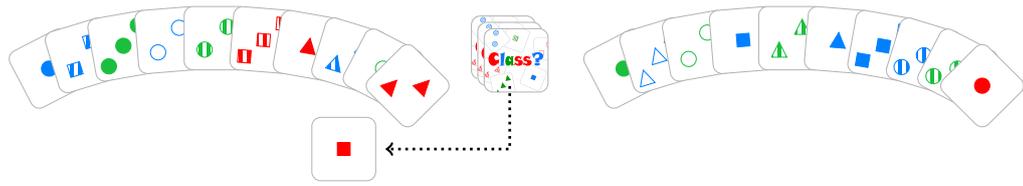
Le jeu se termine lorsque l'un des joueurs n'a plus de carte. Les devinants peuvent alors essayer de trouver la classification.

Points

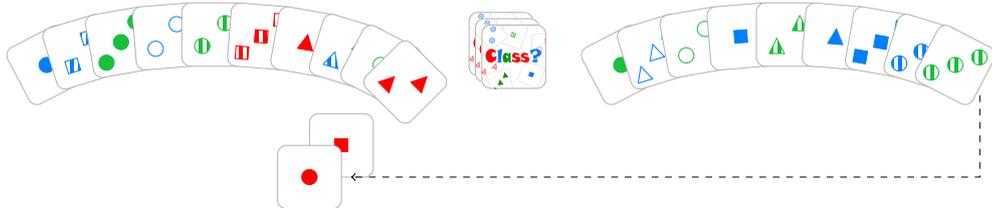
À l'issue de la partie, chaque joueur marque autant de points qu'il lui reste de cartes.

Après plusieurs tours (on peut bien entendu échanger les rôles), celui qui comptabilise le moins de points a gagné. En cas d'ex-æquo, le joueur qui a deviné la classification le plus souvent a gagné.

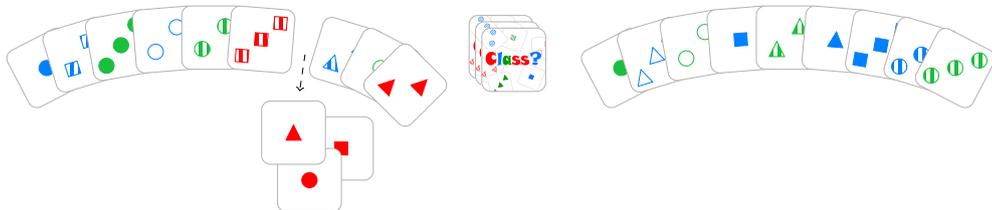
La carte  tirée de la pioche constitue la première classe.



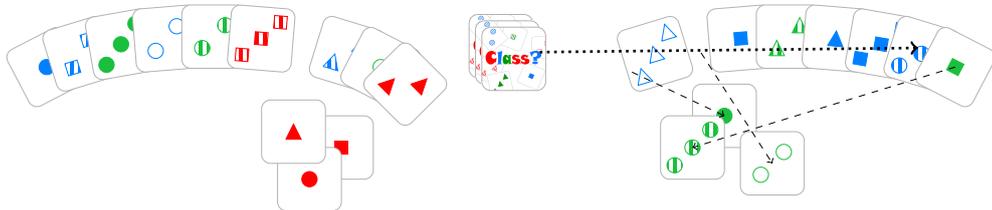
Le sachant est obligé d'y déposer l'unique carte dont il dispose appartenant à cette classe :



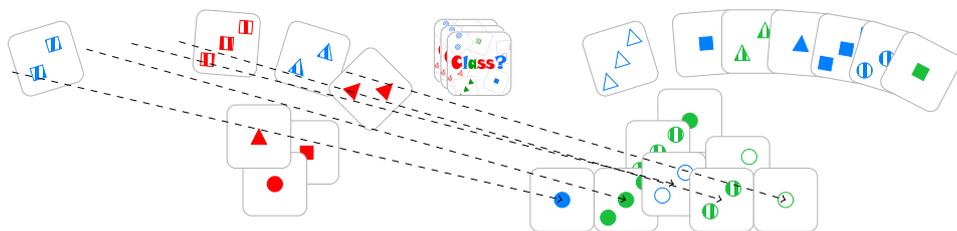
Le devinant y ajoute une carte ; c'est correct :



Le sachant crée une autre classe avec trois cartes, et pioche une autre carte :



Le devinant y ajoute cinq cartes :



C'est incorrect : il reprend ses cartes et en pioche une autre ; ainsi de suite jusqu'à ce que l'un des joueurs ait épuisé ses cartes.

Figure 2. Premiers tours d'une partie de *Class?* avec deux joueurs (le sachant à droite).

1.3. Exemple

Nous donnons un exemple tiré des règles pour les deux parties du jeu.

Classer dans une classification inconnue

La figure 2 montre les premiers tours d'une partie de *Class?* entre deux joueurs. Le devinant est à gauche, le sachant à droite, il dispose de la classification décrite à la figure 1.

Deviner la classification

La deuxième partie du jeu consiste à déterminer la classification utilisée par le sachant. Pour cela, on peut laisser chaque joueur proposer sa classification à tour de rôle. En pratique, les élèves s'interrompent pour approuver ou pour contredire leurs affirmations et justifier leur raisonnement.

Considérons l'état de la table là où nous avons laissé le jeu de la section précédente. Il distingue les deux classes de la figure 3.



Figure 3. Les deux classes à l'issue des tours de la figure 2.

Que nous disent-elles sur la classification ? (visible Figure 1)

En analysant ces deux classes on observe que la classe de gauche contient des cartes avec le même nombre (1) de motifs, de même couleur (rouge) et de même remplissage (plein) et la classe de droite est constituée de cartes avec la même couleur (verte) et la même forme (disque) mais différents nombres et remplissages. Une classification commence par diviser l'ensemble des cartes suivant une caractéristique. À partir de ces deux classes, on peut observer que cette caractéristique n'est pas la forme, qui est indifférente dans la classe de gauche, et ni le remplissage ni le nombre qui sont indifférents dans celle de droite. On peut donc conclure que cette classification est d'abord séparée par la couleur et se présente comme sur la figure 4.

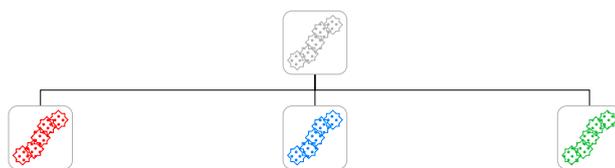


Figure 4. La classification inférée à partir des classes de la figure 3.

Il n'est pas possible d'en savoir plus à partir de ces classes ou des cartes qui ont été jouées et rejetées. Mais il est possible de déduire que l'on ne peut en savoir plus. En particulier, comme la classe de gauche ne contient que des cartes remplies avec un motif, il est possible que la classe des cartes rouges puisse être subdivisée suivant le nombre ou le remplissage (on est sûr que la forme est indifférente). Le même type de raisonnement s'applique aux classes bleues et vertes.

Si, sur la table, figuraient toutes les cartes des joueurs, elles seraient distribuées de la manière présentée au bas de la figure 5. À partir de ces groupes de cartes, il est possible de déterminer la classification de cette même figure 5. Notre curriculum (van den Berg & Euzenat, 2022) donne le détail de comment le déterminer.

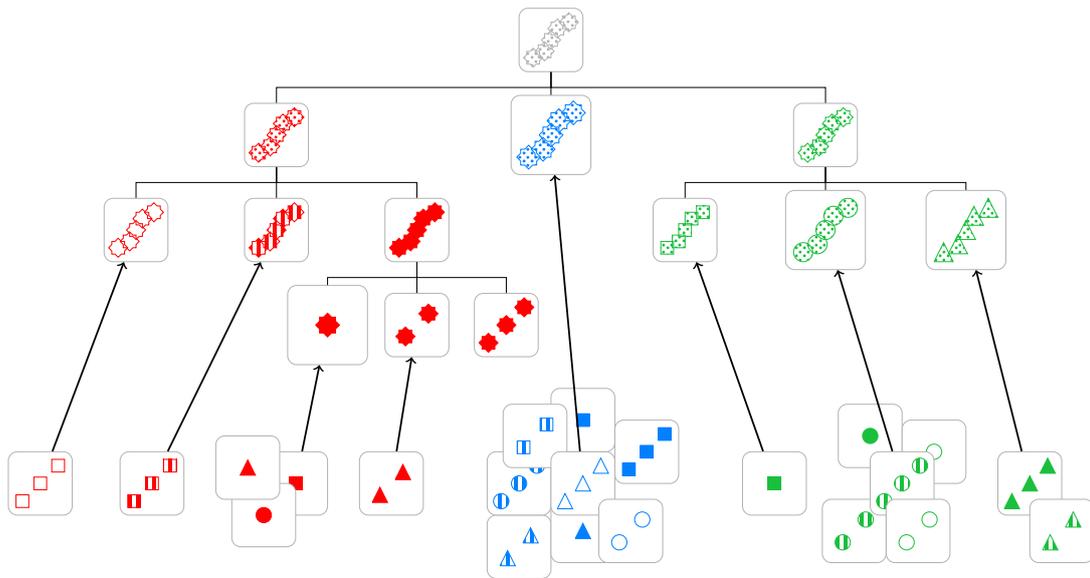


Figure 5. La classification inférée à partir des classes constituées des cartes de la figure 2 et le rattachement de ces classes.

Deux observations peuvent être faites. D'une part, la classification n'est pas encore complète : la classe  est subdivisée, mais les joueurs ne peuvent le savoir parce qu'ils n'ont qu'une carte (). Cela reflète l'incertitude des joueurs par rapport à cette classe. La même incertitude se manifeste pour les classes , ,  et . C'est la raison pour laquelle elles n'ont pas été subdivisées : il n'y a aucun moyen de savoir si elles le sont ou pas.

Par contre, les joueurs savent que la classe  n'est pas plus divisée parce que les cartes qui y appartiennent ( et ) ne partagent pas plus de valeurs communes que celles de la classe. Cette observation s'applique, pour des raisons similaires, aussi aux classes ,  et .

Comme on l'a vu, *Class?* fait appel à des notions telles que les conditions nécessaires et suffisantes ou les classifications hiérarchiques. Il met en œuvre des procédures algorithmiques, parfois récursives. Il semble donc un bon outil pour aider à leur acquisition. Nous avons examiné les programmes pour déterminer où son utilisation serait appropriée.

2. Liens avec les programmes de l'éducation nationale

Comme le jeu a été utilisé avec des publics très variés, nous nous sommes intéressés à l'ensemble des programmes, de mathématiques et d'informatique, de la maternelle au lycée (en nous restreignant cependant à la filière générale). Le résultat est que *Class?* est largement hors sujet ! Effectivement, les notions d'ensemble, d'ordre partiel, de structure ou de classification ne trouvent pas vraiment leur place dans ces programmes. La majeure partie des programmes est numérique (axés sur les nombres). En cycle 3 par exemple, le terme « relation » désigne exclusivement une relation numérique ou géométrique. Les « collections » sont considérées du point de vue de leur cardinal. Cela est d'autant plus surprenant que nous avons observé à tout âge la capacité d'aborder ces notions.

On peut cependant s'intéresser plus aux détails. Les notions mobilisées dans *Class?* sont en fait sollicitées dès la maternelle (cycle 1) :

« Très tôt, les enfants regroupent les objets, soit en fonction de leur aspect, soit en fonction de leur utilisation familière ou de leurs effets. À l'école, ils sont incités à « mettre ensemble ce qui va ensemble » pour comprendre que tout objet peut appartenir à plusieurs catégories et que certains objets ne peuvent pas appartenir à celles-ci. » (MEN, 2021, 4.2.1, p45).

Ceci, entretenu à ce niveau, permet peut-être d'expliquer que notre intervention en CM2 (cycle 3) n'a pas rencontré de difficulté en dépit de l'absence des notions d'ensembles ou de relations, de manière explicite, dans les programmes (MEN, 2020a, 2020b).

Les programmes du cycle 4 mentionnent plus explicitement la « pratique de jeux pour lesquels il faut développer une stratégie gagnante » dans l'introduction du programme de mathématiques (MEN, 2020c, p317). Il y est aussi question d'abstraction et de sa prise en compte à partir de la « manipulation » (p318). L'utilisation d'un jeu comme *Class?* peut participer de cette démarche.

À partir de la seconde, le « Vocabulaire ensembliste et logique » fait l'objet d'un encart signalant son caractère transversal (MEN, 2019b, p172). Celui-ci mentionne la bonne maîtrise des conditions nécessaires et suffisantes qui sont les éléments essentiels pour définir des classes dans *Class?*. Il semble que les nouveaux programmes aient pris en compte les recommandations d'y consacrer une place un peu plus explicite (Murphy, Weima & Durand-Guerrier, 2016).

En terminale, la spécialité mathématique vient renforcer cet enseignement :

« Il s'agit ainsi d'enrichir le vocabulaire ensembliste des élèves et d'offrir une initiation aux mathématiques discrètes, qui jouent un rôle important dans le développement de l'informatique. » (MEN, 2019d, p460)

En ce qui concerne l'enseignement de l'informatique, il est, avant le lycée, principalement orienté vers la maîtrise des structures de programmation. *Class?* n'offre en lui-même rien de particulier à ce sujet même si la construction d'une classification et la procédure de recherche de la classe la plus spécifique pour une carte sont des procédures récursives.

Le programme de numérique et sciences informatiques de terminale (MEN, 2019c) aborde lui, de manière explicite, les structures d'arbres et de graphes omniprésentes en informatique. C'est le cas bien qu'ils ne soient au programme, en ce qui concerne les graphes, que de l'enseignement de mathématiques expertes de terminale générale (MEN, 2019a). Il semble donc que ces structures soient considérées comme connues bien qu'elles ne figurent pas dans les programmes. C'est ce que nous avons pu constater avec *Class?*, qui pourrait être une manière complémentaire de contribuer à leur acquisition.

Au regard des programmes de l'éducation nationale, *Class?* ne peut donc qu'avoir une fonction transversale permettant de consolider certains acquis ou de vérifier leur maîtrise.

3. Retour d'expérience

Nous avons utilisé *Class?* avec différents publics (il a aussi été utilisé hors de notre présence). Bien que nous ayons gardé des notes de chacune des interventions, ce retour d'expérience restera informel, global et peu quantitatif. En effet, nous n'avons pas déployé de procédures expérimentales rigoureuses lors de ces sessions.

Ci-dessous nous présentons les interventions, le retour que nous en avons eu, quelques remarques d'ordre général à propos des propriétés du jeu.

3.1. Interventions

Vis-à-vis de la classification de Haye et Bronner (2020), jouer à *Class?* en classe relève à la fois d'utiliser un jeu existant (*Class?*) pour illustrer des concepts mathématiques qui y sont présents, ce qui aurait pu être nommé « didactisation » d'une situation ludique, mais c'est aussi

une « ludicisation » d'une situation didactique parce que *Class?* a été conçu pour illustrer certains concepts. Il a donc une position intermédiaire dans les types de jeux proposés.

Le jeu est en général présenté dans des sessions entre 30mn (trop court) et 4h, avec entre 10mn et 30mn d'explications (interactives). Les sessions se déroulent en trois étapes :

- Présentation du jeu et des concepts qu'il met en œuvre ;
- Jeu (plusieurs parties) avec l'aide d'intervenants signalant les types de raisonnement qui peuvent être adoptés au fur et à mesure qu'ils apparaissent ;
- Courte présentation de la signification associée à *Class?*, en particulier par rapport à nos travaux de recherche, expliquant aux élèves qu'ils se sont trouvés dans la position d'ordinateurs capable de retrouver une classification cachée tout en jouant.

Nous avons été confronté à un public varié (un groupe est un ensemble de joueurs jouant ensemble au moins deux parties) :

- écoliers (une classe de CM1-CM2 répartie en 4 groupes)
- collégiens (quatre classes de 5e et 4e réparties en 16 groupes, une demi-classe de troisième en 2 groupes)
- lycéens (trois sessions de 2nde-MathC2+ réparties en 20 groupes, trois autres classes de 2nde en 24 groupes)
- grand public dans des sessions de type fête de la science ouvertes à tous (9 groupes), une présentation aux journées de la société française de classification, mais aussi dans notre cercle familial (7 sessions en 15 groupes) et présentation à des collègues (8 groupes).

Lors des interventions, on est amené à poser des questions : « est-il besoin de demander si c'est correct ou est-ce que tu en es sûr ? » et demander d'expliquer le raisonnement si cela ne semble pas acquis par tous les joueurs. Le jeu tout seul, même attractif, peut n'être pas suffisant pour acquérir des connaissances à portée de main (Bright, Harvey & Wheeler, 1983 ; Ronch, 2019).

3.2. Retour informel

Les sessions se sont toujours bien passées. Le retour informel a été que les participants, et le professeur encadrant, ont apprécié le jeu (à l'exception d'une personne dans les présentations grand-public). Ils ont souvent montré un enthousiasme dépassant nos attentes.

Les participants sont toujours parvenus à comprendre le jeu. Cette compréhension se manifeste clairement dès la deuxième partie jouée. Bien entendu, les joueurs ne réagissent pas de la même manière à tous les niveaux :

- La classe de CM2 a nécessité des explications détaillées avec illustration active de notre part et vérification de la bonne compréhension. Lors d'une session d'un peu moins de 4 heures, les élèves ne jouent qu'à la première partie du jeu. Ils se sont amusés, mais n'ont pas développé de stratégie élaborée. Il est arrivé que le sachant fasse des erreurs et que les élèves s'en rendent compte par eux-mêmes.
- Les classes de collège, plus disciplinées, acquièrent assez rapidement une bonne compréhension du jeu qui leur permet de jouer et de s'auto-réguler assez rapidement.
- Les secondes MathC2+ comprennent très rapidement les principes du jeu et y jouent voracement. Une de nos premières classes a inventé une variante : l'annonce, au début du jeu, du nombre de classes feuilles dans la classification. Ils avaient remarqué que cette information pouvait les aider à mieux jouer.
- Les formations grand public ont été très variées mais toujours réussies. Un point délicat est la gestion de certains collègues qui veulent absolument gagner et qui mettent beaucoup de temps à jouer.

3.3. Découvertes progressives

Class? ouvre de multiples possibilités de découvertes. Voici la série de celles auxquelles les participants sont progressivement confrontés :

- Tout d’abord, les joueurs découvrent que les éléments d’une classe déterminent d’autres éléments qui appartiennent à la classe : si  et  sont dans la même classe, alors cette classe contient  mais aussi .
- Ensuite, ils peuvent comprendre que la présence d’autres classes interdit l’appartenance de certaines cartes à une classe : si une classe contient  et une autre contient , alors  n’appartient à aucune de ces deux classes.
- Les joueurs réalisent ensuite que les tentatives des autres peuvent les aider : si un joueur a échoué à ajouter une carte  à une classe contenant , il est inutile de chercher à y ajouter , ni même .
- Puis, ils entrevoient que ce que l’on peut deviner de la classification, permet de déterminer l’extension d’une classe : si le premier niveau divise sur le nombre, ce qui peut se déterminer parce que deux classes ne se différencient que sur le nombre, alors il est impossible d’avoir des cartes de nombres différents dans la même classe.
- Les sachants, mais aussi les devinants, comprennent vite que l’information qu’ils donnent aux autres a son importance : créer une nouvelle classe avec une carte ou avec deux ne donne pas la même quantité d’information... mais parfois en poser trois ne donne pas plus d’information qu’en poser deux.
- Il est aussi possible de jouer stratégiquement : créer d’abord une nouvelle classe en espérant que la carte reçue en pénalité pourra être jouée avec une autre carte, ou attendre que quelqu’un d’autre crée cette classe, nous évitant ainsi la pénalité.

Nous avons récemment conçu un questionnaire permettant de déterminer le niveau d’acquisition des trois premières étapes. Cette découverte progressive des propriétés du jeu le rend assez jubilatoire. Nous n’avons que peu d’éléments pour dire que cette caractéristique dépasse la session, donc nous ne nous aventurerons pas à l’affirmer.

Le jeu a été délibérément conçu de manière abstraite et se voulant accessible en présentant des traits identifiables sans ambiguïté. Cependant, cela comporte quelques écueils. Tout d’abord, dans la classe de CM2, on observe nettement la dominance de la couleur sur les autres caractéristiques, qui peut être relié à l’effet Stroop (Stroop, 1935) et en accord avec le classement des attributs guidant l’attention (Wolfe & Horowitz, 2004). En effet, certains élèves ont du mal à considérer que les cartes ne sont pas d’abord classées par couleur. Ensuite, nous avons été confronté à la présence d’un élève mal-voyant lors d’une de nos interventions. C’est en principe un problème vu l’aspect visuel du jeu. Nous avons tenté d’y remédier en verbalisant toutes les actions, semble-t-il avec succès. Enfin, en expérimentant des représentations abstraites du jeu lors de son implémentation informatique, nous avons remarqué que la forme concrète du jeu n’aide pas la perception directe de son abstraction.

4. Positionnement

Dans cette section, nous situons la démarche correspondant à l’utilisation de *Class?* par rapport aux critères introduits par différents auteurs. Nous le comparons aussi à d’autres jeux.

4.1. Démarche débranchée

Par rapport aux catégories proposées dans Boissière, Pelay et Rougetet (2017), l'utilisation du jeu va mettre en œuvre différentes facettes pour les élèves :

- en premier lieu, il est un joueur impliqué dans une activité ludique faisant appel à la notion de plaisir ;
- il est un élève, acquérant la compréhension de structures mathématiques ;
- il est un acteur, faisant appel à l'exploration pour développer des stratégies ;
- il est un citoyen, c'est l'axe médiatique, qui peut replacer ce jeu dans un contexte.

Par l'appréhension de ce contexte et l'élaboration explicite de stratégies et d'algorithmes, on remplace l'apparence « magique » que peut parfois revêtir l'informatique par la compréhension des mécanismes mis en jeu concrètement. S'agissant d'intelligence artificielle, cela est sans doute bienvenu.

Class? peut être qualifié par rapport aux sept traits énoncés dans Nishida, Kanemune, Idosaka, Namiki, Bell et Kuno (2009) pour caractériser les ressources d'informatique sans ordinateurs :

- n1** sans ordinateur : l'activité n'utilise pas d'ordinateur.
- n2** jeu : l'activité est ludique (fun).
- n3** kinesthésique : l'activité induit la manipulation d'objets physiques.
- n4** auto-géré : l'activité peut être organisée par les élèves.
- n5** d'implémentation facile : l'activité doit être facile à mettre en œuvre.
- n6** variable : l'activité peut être connectée à d'autre et permet des variations.
- n7** narrable : l'activité se prête à la narration.

Ces traits rejoignent les invariants de Haye et Bronner (2020) consacrés simplement aux jeux pédagogiques (indépendant de l'aspect "sans ordi") qui sont :

- h1** la règle définissant ce qui est autorisé dans le jeu,
- h3** la clôture ludique circonscrivant précisément l'activité,
- h2** la liberté laissée au joueur dans le cadre de la règle (à rapprocher de **n4**),
- h4** le fun engendré par le jeu chez le joueur (rejoint **n2**).

Il nous semble que les ressources pédagogiques ludiques recouvrent plus ou moins ces critères.

Class? ne fait pas exception : il les remplit tous, à des degrés divers. Il est résolument un jeu muni de règles (**h1**) sans ordinateur (**n1**) et ludique (**n2** et **h4**). L'aspect "fun" y est marqué à la fois dans le matériel et les réactions recueillies.

L'utilisation de cartes physiques et de tableaux de classification offrent un aspect kinesthésique modéré (**n3**) et imposent une implémentation plus difficile que d'autres jeux de cartes (**n5**). Cela permet aussi de délimiter la clôture ludique (**h3**) assez facilement, même si les élèves se rendent compte de la connection entre le jeu et ce qu'ils apprennent.

Il offre de nombreuses variations (**n6**) comme en témoigne le curriculum que nous avons proposé (Section 5), mais il doit toutefois se jouer au sein de règles définies (**h1**). Ces règles permettent aux élèves de prendre en main la gestion des parties (**n4**) mais n'offrent qu'une liberté limitée aux choix qu'ils peuvent faire lorsqu'ils jouent (**h2**).

Finalement le jeu permet différentes narrations (**n7**) introduisant les notions mathématiques sous différents angles : les classifications sont des meubles où ranger nos habits, les conditions nécessaires et suffisantes nous permettent de déterminer où ils sont ; la classification cachée est celle qui est dans la tête du voisin.

4.2. Comparaisons avec d'autres jeux

Beaucoup de jeux disponibles, en partie utilisés en informatique débranchée : tours de Hanoï, ponts de Königsberg, etc., sont plutôt des démonstrations ou des casse-têtes (Ronch, 2019) avec un seul aspect particulier à comprendre. Cette simplicité leur donne un avantage pédagogique certain.

Mais *Class?* est un vrai jeu (Haye & Bronner, 2020) dans lequel il y a très peu de chances de se trouver face à une partie déjà jouée. C'est ce qui contribue grandement à la ludicité de l'approche.

Class? a des points communs avec des jeux comme *Set!* (Quinn, Weening & Koca, Jr, 1999) ou *Mastermind* (Bright, Harvey & Wheeler, 1983). Les cartes de *Class?* sont les mêmes que celles de *Set!* que nous avons utilisées lors de la mise au point du jeu. Une première différence importante est qu'en *Class?*, les classes sont construites uniquement en considérant des propriétés partagées alors qu'en *Set!* une « classe » est fondée sur des propriétés partagées et des propriétés contrastées. Mais surtout, *Class?* dispose de la notion de classification qui introduit les ordres partiels et une dimension supplémentaire au jeu.

Class? peut aussi être comparé à *Eleusis*, et plus spécifiquement *Eleusis express* (Golden, 2006). Dans ce jeu, l'un des joueurs définit une règle gouvernant l'ordre des cartes à déposer sur la table et les joueurs doivent se débarrasser de leurs cartes en suivant la règle qui leur reste inconnue. Ce jeu se joue avec des cartes à jouer classiques. *Eleusis* a été conçu comme une métaphore de la recherche scientifique. *Class?* peut être considéré comme une sorte d'*Eleusis* dans lequel les règles ont la structure régulière d'une classification ce qui contribue à le rendre plus simple.

5. Vers une approche progressive : le curriculum

Au delà simplement du jeu, nous avons développé un curriculum permettant d'introduire progressivement les concepts nécessaires (van den Berg & Euzenat, 2022). En effet, introduire *Class?* nécessite des explications qui peuvent être un peu longues comme le lecteur a pu s'en rendre compte précédemment. Chacun des concepts mis en jeu est présenté, parfois en interrogeant les élèves, sur un mode ludique. Le curriculum offre donc une succession de jeux, ou exercices de jeux (Haye & Bronner, 2020), de difficulté croissante permettant d'impliquer le public dans cette explication.

Il est constitué d'une suite de 9 jeux qui introduisent progressivement *Class?* (table 1).

Les jeux introduisent des notions proprement mathématiques (conditions nécessaires, suffisantes, extension, inclusion, transitivité, disjonction). Ils font appel à des raisonnements logiques facilement et progressivement explicables (si j'ai deux cartes de couleurs différentes dans une classe alors la couleur n'est pas une condition nécessaire). Ils font aussi appel à des raisonnements algorithmiques qui peuvent être très simple (jeu 6), modérés (le jeu 7 introduit un algorithme d'apprentissage automatique) ou plus complexe (jeu 9). Il peut aussi mener à des stratégies ouvertes beaucoup plus élaborées (jeux 3, 5 et 8).

Certains de ces jeux sont de simples exercices, d'autres sont particulièrement ludiques. Nous manquons de recul sur ce curriculum dont la mise en œuvre intégrale demanderait plus de temps. En particulier, en combien de temps les jeux se jouent et comment en contrôler l'acquis.

Pour revenir à l'enseignement de l'informatique liée à la programmation, nous avons aussi développé une version informatique de la première partie du jeu. Elle permet de jouer (en tant que devinant) contre des joueurs artificiels disposants de différentes stratégies. Ce programme est doté d'une interface de programmation qui devrait permettre de programmer ses propres stratégies. Cela permettrait de s'intégrer mieux à l'enseignement de programmation. Cette action n'en est cependant qu'à ses débuts.

6. Conclusion

Le jeu *Class?* n'est qu'un outil parmi la large palette de jeux associée à l'enseignement. Il peut être utilisé pour sensibiliser à certaines notions (ensembles définis par des conditions nécessaires et suffisantes, ordre partiel, classifications hiérarchiques, récursion). Il a l'avantage de pouvoir être introduit très tôt, car abstrait et ludique.

#	Jeux	But	Age	Notions
1	Définir une classe	Déterminer les caractéristiques communes	8	propriétés communes et différentes
2	Séparer des cartes en deux classes	Déterminer des caractéristiques discriminantes	8	conditions nécessaires et suffisantes d'appartenance à une classe
3	Deviner la classe	Identifier une classe à partir d'un ensemble d'exemple et de contre-exemples	12	exclusion/négation
4	Relier classe et sous-classe	Étendre une classe de manière minimale	8	minimalité
5	Trouver des classes exclusives	Étendre des classes en les maintenant disjointes	12	négation de disjonction
6	Identifier la classe d'un objet	Appliquer une procédure d'identification	8	procédure, récursion
7	Construire une classification	Appliquer une procédure d'induction de classification	10	induction
8	Classer dans une classification inconnue	Première partie de <i>Class?</i>	8	transitivité, raisonnement logique
9	Déterminer une classification	Deuxième partie de <i>Class?</i>	10	

Table 1. Les 9 jeux du curriculum. Les notions sont introduites progressivement : celles introduites dans un jeu sont utilisées dans les suivants.

Class? peut être utilisé dans une pratique d'enseignement par le jeu, parfois défendue (Boissière, Pelay & Rougetet, 2017 ; Villani & Torossian, 2018), mais en gardant un œil critique (Bright, Harvey & Wheeler, 1983 ; Ronch, 2019). Il peut par contre être utilisé pour illustrer, enseigner et vérifier l'acquisition de notions transverses qui, qu'elles soient explicitement dans les programmes ou non, font partie des enseignements de mathématiques et d'informatique.

Remerciements

Ce travail a été soutenu financièrement par l'INRIA. Il a bénéficié des nombreux retours des participants et intervenants et de discussions approfondies avec Nina Lendrin.

Ressources

Le site de *Class?* (<https://moex.inria.fr/mediation/class/>) contient des références vers toutes les ressources (règles en plusieurs langues, jeu à monter soi-même, application informatique et autres ressources documentaires).

Références bibliographiques

- Boissière, A., Pelay, N., & Rougetet, L. (2017). De la théorie des jeux à l'élaboration d'actions d'enseignement et de vulgarisation : le cas de jeux de type Nim. *Petit x*, 104, 49-71.
- Bright, G., Harvey, J., & Wheeler, M. M. (1983). Use of a Game to Instruct on Logical Reasoning. *School science and mathematics*, 83(5), 396-406.

- Golden, J. (2006). Eleusis express.
- Haye, T., & Bronner, A. (2020). Outils d'analyse pour l'utilisation de jeux visant les apprentissages mathématiques à l'école élémentaire. *Grand N*, 105, 39-63.
- MEN. (2019a). Programme d'enseignement optionnel de mathématiques expertes de terminale générale. *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, SP8, 872-883.
- MEN. (2019b). Programme de mathématiques de seconde générale et technologique. *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, SP1, 156-172.
- MEN. (2019c). Programme de numérique et sciences informatiques de terminale générale. *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, SP8, 477-486.
- MEN. (2019d). Programme de spécialité de mathématiques de terminale générale. *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, SP8, 455-476.
- MEN. (2020a). Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3). *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, 31, 94-191.
- MEN. (2020b). Programme d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2). *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, 31, 30-93.
- MEN. (2020c). Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4). *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, 31, 192-329.
- MEN. (2021). Programme d'enseignement de l'école maternelle. *Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports*, 25, 28-48.
- Murphy, C., Weima, S., & Durand-Guerrier, V. (2016). Des activités pour favoriser l'apprentissage de la logique en classe de seconde. *Petit x*, 100, 7-34.
- Nishida, T., Kanemune, S., Idosaka, Y., Namiki, M., Bell, T., & Kuno, Y. (2009). A CS unplugged design pattern. *Proc. 40th ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE), Chattanooga (TN US)*, 231-235.
- Quinn, A. L., Weening, F., & Koca, Jr, R. (1999). Developing mathematical reasoning using attribute games. *Mathematics teacher*, 92(9), 768-775.
- Ronch, M. D. (2019). Fait-on des mathématiques en résolvant des « casse-têtes » ? L'exemple des tours de Hanoï dans un dispositif d'exposition. *Petit x*, 109, 49-73.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643-662.
- van den Berg, L., & Euzenat, J. (2022). *The small Class ? book* (Rapport). INRIA.
- Villani, C., & Torossian, C. (2018). *21 mesures pour l'enseignement des mathématiques* (Rapport de mission). Ministère de l'éducation nationale.
- Vincent, J.-M., & Collectif Tangente (Éd.). (2018). *L'informatique débranchée, Le numérique sans ordinateur – Activités de découverte du primaire au lycée*. Eyrolles.
- Wolfe, J., & Horowitz, T. (2004). What Attributes Guide the Deployment of Visual Attention and How Do They Do It? *Nature reviews neuroscience*, 5(6), 495-501.