

Atelier

« La machine qui apprend à jouer au jeu de Nim »

Cet atelier, d'**informatique débranchée**, permet aux élèves de découvrir l'**apprentissage par renforcement** en intelligence artificielle. Les élèves vont construire leurs propres machines, faites de gobelets et de billes, qui apprennent à jouer au jeu de Nim (ou jeu des allumettes). Dans cet atelier, on aborde la théorie des jeux, la stratégie gagnante et les probabilités.

Thématique : apprentissage par renforcement, théorie des jeux, intelligence artificielle, informatique débranchée

Nombre de participant·es : en demi-classe (jusqu'à 18 élèves) ou en classe entière

Niveau scolaire : collège - lycée

Durée : 1 h 10

Sommaire

Matériel	2
Déroulé de l'atelier	3
Introduction au jeu de Nim (10 min)	3
Présentation sur la grande machine (10 min)	3
Petites machines par groupe (20 min)	4
Option 1	4
Option 2	5
Mise en commun (10 min)	6
Option 1	6
Option 2	6
Ouverture (20 min)	7

Atelier créé par [Aline Parreau](#) et [Eric Duchêne](#).
[Pour en savoir plus.](#)

Matériel

- Des allumettes ;
- Pour une machine¹ : des grands verres² (en plastique ou en carton) numérotés, des petits verres et des billes colorées³ ;



- Des gobelets pour stocker les billes par couleur ;
- Des grands verres transparents pour la mise en commun ;
- Une grande machine qui apprend à jouer au jeu de Nim (optionnel) ;



¹ Le fonctionnement d'une machine est expliqué dans le déroulé.

² Le nombre de verres dépend du nombre d'allumettes choisi dans la règle du jeu.

³ Le nombre de couleurs dépend de la règle du jeu.

Déroulé de l'atelier

1. Introduction au jeu de Nim (10 min)

Les élèves doivent se mettre par groupes de 3. Chaque groupe est invité à jouer au jeu de Nim avec des allumettes afin d'assimiler les règles et qu'il-elles ébauchent une stratégie gagnante.

Règles du jeu :

Deux joueur·ses jouent avec 8 allumettes, chacun·e leur tour il-elle enlève une ou deux allumettes, celui·celle qui prend la dernière gagne.

Stratégie gagnante pour le·la premier·ère joueur·se :

Laisser 6 puis 3 allumettes à son adversaire.

Les élèves ne vont pas nécessairement trouver la stratégie en jouant, ce n'est pas grave. Le but de l'atelier (plus précisément, de la machine) est de trouver la stratégie à la fin.

2. Présentation sur la grande machine (10 min)

Le·la médiateur·rice présente l'apprentissage par renforcement aux élèves à l'aide de la grande machine, en leur expliquant le principe. Il-elle invite un·e élève à venir jouer contre la machine. Si on n'a pas de grande machine, se construire une machine avec des grands verres transparents visibles par tout le monde (ceux qui serviront à la mise en commun par exemple).

Fonctionnement de la machine :

La machine commence : on tire une boule dans la case numérotée 8 (qui correspond à la situation où il reste 8 allumettes). Si la boule est **jaune**, la machine enlève **un bâton**. Si la boule est **rouge**, la machine enlève **deux bâtons**. C'est à l'élève de jouer, il-elle enlève un ou deux bâtons. La machine joue : on tire une boule dans la case dont le numéro correspond au nombre d'allumettes restantes. En fonction de la couleur, on retire un ou deux bâtons. Et ainsi de suite. Une fois la partie finie, il y a deux issues :

- La machine perd. On la « punit » en enlevant les boules qu'elle a jouées (on les met dans une défausse).
- La machine gagne. On la « récompense » en remettant les boules jouées dans les cases correspondantes et pour chaque boule que l'on remet on ajoute une boule de la même couleur dans la case.

Remarques :

- La case numérotée 8 correspond à la situation où il reste 8 allumettes, etc. ;
- Initialisation de la machine : deux boules de chaque couleur dans chaque case. Dans la case 1, on ne met que des jaunes ;
- La machine commence.

Exemple d'un début de partie entre la machine et une personne :

	La machine commence. On tire une boule dans la case 8. Elle joue jaune, on enlève donc 1 bâton.
	L'adversaire humain a joué et a enlevé 2 bâtons. Il reste 5 bâtons.
	On tire une boule dans la case 5 (puisque'il reste 5 bâtons), la machine joue rouge donc on enlève 2 bâtons.

À la fin de chaque partie, il faut systématiquement soit « récompenser », soit « punir » la machine comme indiqué ci-dessus.

Faire au moins deux parties avec la grande machine en s'arrangeant pour qu'elle gagne et perde une fois. En fonction du niveau (de compréhension) de la classe, ne pas hésiter à en faire d'autres.

3. Petites machines par groupe (20 min)

Il est nécessaire d'adapter l'atelier en fonction de la compréhension des deux premières étapes. Dans la suite de ce déroulé et de manière générale :

- L'option 1 correspond à un niveau collège et Seconde ;
- L'option 2 correspond à un niveau Première et Terminale.

Avant de distribuer le matériel aux élèves, il est conseillé de montrer une machine construite avec des gobelets pour qu'ils-elles puissent la reproduire. Ne pas hésiter à inviter des élèves à faire quelques parties.

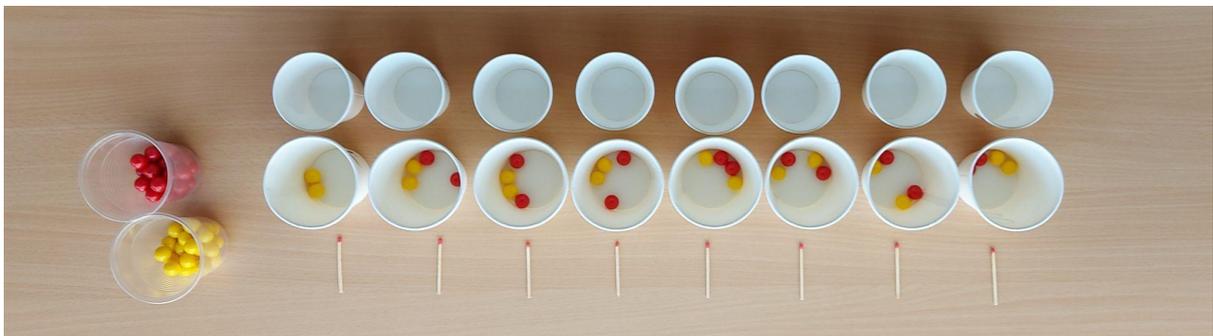
a. Option 1

Le-la médiateur-riche distribue une machine (comme indiqué dans *Matériel*) par groupe.

Code couleur des billes :

- **Jaune** : 1 allumette prise par la machine ;
- **Rouge** : 2 allumettes prises par la machine.

Les élèves initialisent chaque machine avec deux billes de chaque couleur (voir image ci-dessous). Il faut expliquer qu'on ne met que des billes jaunes dans le verre 1 car elle ne peut pas prendre deux allumettes (on ne lui a donc donné que des coups légaux).



Verre 1 à 8 de la gauche vers la droite.

Le-la médiateur-riche demande aux élèves de faire une quinzaine de parties chacun-e et discute avec eux-elles pour voir ce qu'ils-elles ont compris.

Remarque : si un verre est vide, on le réinitialise (ce verre, pas toute la machine).

b. Option 2

Le déroulé est le même mais les règles du jeu sont différentes.

Règles du jeu :

Deux joueur-ses jouent avec 10 allumettes, chacun-e leur tour il-elle enlève une, trois ou quatre allumettes (mais pas deux), celui-elle qui prend la dernière gagne.

Stratégie gagnante pour le-la premier-ère joueur-se :

Laisser 9, 7, 2 allumettes à son adversaire.

On demande aux élèves d'entraîner une machine avec 10 verres et trois couleurs de billes.

Code couleur des billes :

- **Jaune** : 1 allumette prise par la machine ;
- **Rouge** : 3 allumettes prises par la machine ;
- **Bleu** : 4 allumettes prises par la machine.

Il est nécessaire de prendre un moment pour bien expliquer comment on initialise la machine. Deux billes de chaque couleur correspondent aux coups légaux dans chaque verre. Les verres 1 et 2 ne doivent comporter que des billes jaunes et le verre 3 que des billes jaunes et rouges.

Remarque :

- Les élèves et la machine ne peuvent jamais prendre deux allumettes ;
- Les élèves et la machine n'ont pas le droit d'enlever 3 allumettes s'il n'en reste que 2.

4. Mise en commun (10 min)

a. Option 1

Les élèves font une mise en commun de leurs verres dans des grands verres transparents qui sont également numérotés. Par exemple, les verres numérotés 8 des petites machines sont tous versés dans le grand verre numéroté 8. Il faut faire attention à ce que leurs verres soient vidés dans les bons verres.

Normalement (si l'apprentissage a été satisfaisant), on doit se retrouver dans la situation suivante :

- Verre 8 : une majorité de rouges ;
- Verre 7 : un mélange (en fait, elle ne le joue jamais si elle commence) ;
- Verre 6 : un mélange de très peu de billes ;
- Verre 5 : une majorité de rouges ;
- Verre 4 : une majorité de jaunes ;
- Verre 3 : un mélange de très peu de billes ;
- Verre 2 : une majorité de rouges ;
- Verre 1 : que des jaunes.

Résumé : **Verres 4, 1** **Verres 8, 5, 2**

Le-la médiateur-riche peut alors discuter de la stratégie gagnante (donnée par cette mise en commun) et sur la qualité de l'apprentissage.

Exemples de questions/sujets qui peuvent être abordés :

- Est-ce que la machine apprend mieux contre une personne qui joue bien, mal ou de manière aléatoire ?
- Les paramètres choisis : nombre de billes à l'initialisation, récompense et punition.

b. Option 2

De même que pour l'option 1 mais avec des répartitions différentes :

- Verre 10 : un mélange de jaunes et des rouges ;
- Verre 9 : un mélange (c'est un verre qu'elle ne joue pas) ;
- Verre 8 : une majorité de jaunes ;
- Verre 7 : un mélange (c'est un verre qu'elle ne joue pas) ;
- Verre 6 : une majorité de bleues ;
- Verre 5 : une majorité de rouges ;
- Verre 4 : une majorité de bleues ;
- Verre 3 : un mélange de jaune et de rouge puisque les deux sont gagnants ;
- Verre 2 : que des jaunes (mais très peu de billes) ;
- Verre 1 : que des jaunes.

Résumé : Verres 8, 2, 1 Verres 6, 4 Verre 5 Verres 3, 10

5. Ouverture (20 min)

En fonction du temps réel restant, du niveau de la classe et des envies du·de la médiateur·rice, différentes ouvertures sont envisageables :

- Montrer que l'apprentissage de la machine contre elle-même peut être très efficace en faisant jouer la grosse machine contre elle-même. Elle apprend alors aussi à jouer en deuxième.
- Montrer, si on a un ordinateur et un vidéoprojecteur, [l'application d'Eric Duchêne](#) (l'utilisation en est assez intuitive) pour expliquer les différents modes d'apprentissage (contre un expert, contre le hasard, contre elle-même), voir la vitesse d'apprentissage et jouer avec différentes règles. Pour une classe qui a fait l'option 1 et a bien compris, on peut discuter de machines avec des règles différentes.
- Parler de l'utilisation de cet apprentissage (qui n'est qu'une méthode d'apprentissage parmi d'autres) en IA en donnant des exemples concrets.
- Montrer le principe sur une autre machine : la MIAM (Machine Intelligente/Idiotie Apprenant le Morpion) construite à la MMI.
- Faire un « duel de machines » : les machines entraînées des élèves s'affrontent. On fait alterner la machine qui commence.
- Expliquer la suite de la stratégie {1; 3; 4} (c'est-à-dire quand il y a plus d'allumettes).
- Expliquer comment passer de la machine en débranchée à un algorithme (qui peut être codé en Scratch ou Python).
- Discuter du paramétrage de la machine : initialisation et renforcement.