

# De l'IA pour apprendre à jouer au jeu de Nim

... une adaptation de Marie Duflot-Kremer

créée en juin 2018

dernière modification le 13 novembre 2018

---

Le document que vous êtes en train de consulter n'est pas une référence très finalisée, ni un guide strict à suivre. Il regroupe des infos que vous pourriez trouver utiles si vous envisagez d'animer cette activité. Il contient un peu de contexte, le déroulé de l'activité et l'explication côté informatique. Ce document est diffusé sous licence CC-BY-SA (vous pouvez le diffuser, le modifier tant que vous citez l'auteur original et que vous rediffusez votre travail sous la même licence). Vous pouvez suggérer des améliorations/enrichissements à [marie.duflot-kremer@loria.fr](mailto:marie.duflot-kremer@loria.fr). La page <https://members.loria.fr/MDuflot/> permet de trouver (section médiation/activités) une liste d'autres activités pour faire découvrir différents aspects de l'informatique, réalisables en grande majorité sans ordinateur.

Cette activité a été adaptée d'une idée d'Éric Duchêne (Univ. Lyon 1) et Aline Parreau (CNRS, Univ. Lyon 1), également déclinée par Malika More (Université Clermont Auvergne). Un article publié à ce sujet dans Tangente Education est disponible gratuitement en ligne à l'adresse <http://www.tangente-education.com/article.php?art=4076&dos=158>.

## Étape 1 \_\_\_\_\_ Le contexte

L'intelligence artificielle, ou IA, est à la mode. On en parle dans les media, on imagine des ordinateurs super intelligents qui vont surpasser les humains et dominer le monde, et on en profite pour faire rêver/faire peur suivant les cas. Mais en fait ces robots qui décident tout à notre place ce n'est pas pour demain, le cerveau artificiel encore moins. Alors essayons un peu de dépasser le cliché et de découvrir "en vrai" et sans ordinateur une des nombreuses facettes de l'IA, à savoir l'apprentissage.

La définition d'intelligence artificielle que j'ai retenue et que j'aime bien est due à Marvin Minsky : "Artificial intelligence is the science of making machines do things that would require intelligence if done by men." L'intelligence artificielle est la science qui permet de faire réaliser à des machines des tâches qui nécessiteraient de l'intelligence si elles étaient réalisées par des humains. Il s'agit donc, par des calculs longs et coûteux réalisés par des machines, et des idées et algorithmes trouvés par des humains de "faire comme si" la machine était intelligente.

Dans l'activité présentée dans ce document, une machine va, en effectuant des tâches élémentaires de manière totalement mécanique, réussir à trouver la stratégie d'un jeu à deux joueurs pour ensuite pouvoir gagner à tous les coups.

## Étape 2 \_\_\_\_\_ Préparer le matériel

Pour réaliser l'activité j'utilise :

- une douzaine d'allumettes
- douze contenants; je prends des gobelets en plastique rigide, mais pas mal d'autres contenants (pots de yaourts, gobelets en carton...) feraient aussi l'affaire
- 33 jetons à mettre dans les gobelets (j'utilise des briques de Lego mais on peut les faire en carton ou ce qu'on a sous la main)

La préparation consiste à numéroter les gobelets de 1 à 12 et à écrire sur chacun son nombre. Puis il faut écrire un chiffre sur chaque jeton (on aura 12 jetons avec la valeur 1, 11 avec la valeur 2 et 10 avec

la valeur 3). On répartit nos jetons en mettant trois jetons (un de chaque valeur) dans chaque gobelet, sauf le verre 2 qui n'a que deux jetons (de valeurs 1 et 2) et le verre 1 qui n'a qu'un jeton (de valeur 1).

**Remarque :** pour une activité moins longue, il peut être utile de commencer avec 8 gobelets et pas 12. L'apprentissage est plus rapide.

## Étape 3 \_\_\_\_\_ Et maintenant, jouez

La machine va apprendre à jouer à la version la plus facile du jeu de Nim. On pose les allumettes sur la table et deux joueurs s'affrontent. Chaque joueur à son tour en prend 1, 2 ou 3, et celui qui ne peut plus jouer a perdu. En d'autres termes le but du jeu est de prendre la dernière allumette.

On aligne nos 12 verres contenant les jetons, et le match va se jouer entre un humain et notre machine. L'humain commence et en suivant les règles du jeu prend 1, 2 ou 3 allumettes. La machine, quand c'est à son tour, va compter le nombre d'allumettes sur la table et choisir le verre correspondant (par exemple le verre numéro 9 s'il reste 9 allumettes). Elle va le secouer et prendre au hasard un jeton dans le verre, qui va lui dire combien d'allumettes prendre. Elle va ensuite prendre ce nombre d'allumettes et poser le jeton devant le verre d'où elle l'a tiré, pour se souvenir du coup joué.

Quand la partie se termine il y a deux possibilités : soit la machine a gagné (youpi!!) soit elle a perdu et dans ce cas elle va apprendre de son erreur. En effet, dans le cas d'une défaite la machine sait que le dernier coup qu'elle a joué était mauvais. Ce coup a permis à l'humain de gagner directement. Afin de ne plus jouer ce « mauvais » coup, on retire le jeton pioché lors du dernier coup. Les autres jetons (qui étaient peut-être de bons choix, on ne sait pas encore) sont remis dans le verre d'où ils avaient été tirés.

On joue ainsi plusieurs parties, et à chaque défaite la machine apprend, en enlevant les jetons correspondant à des erreurs stratégiques.

Seulement quand la machine est laissée avec 4 allumettes, il n'y a pas de bon coup à jouer. Qu'elle en prenne une, deux ou trois, l'humain peut gagner directement. Avec notre méthode d'apprentissage, notre machine va donc finir par enlever tous les jetons du verre numéro 4. Quand un verre devient vide, cela signifie que quoi qu'on fasse dans ce cas l'adversaire peut gagner. Du coup on le retourne et on considère que si on nous laisse avec ce nombre d'allumettes on a perdu. Notre machine, arrivée à 4 allumettes va abandonner la partie. Ainsi dans la suite des parties, si la machine est laissée avec 4 allumettes elle va en déduire que le dernier coup qu'elle a joué (par exemple prendre une allumette quand il y en avait 7) était mauvais, et enlever le jeton correspondant.

Au final, après un nombre fini de défaites (on ne peut pas perdre plus de fois que le nombre de jetons dans les gobelets), soit la machine va abandonner dès le départ (s'il n'y a pas de stratégie gagnante, et donc pas de jetons dans le premier gobelet qu'elle regarde), soit elle va se mettre à gagner tout le temps.

Dans le cas que l'on propose, avec 12 (ou 8) allumettes et en laissant l'humain jouer en premier, il y a une stratégie gagnante pour la machine, et elle va finir par la construire par échecs successifs.

## Étape 4 \_\_\_\_\_ Extensions

En fonction du temps disponible et de ses objectifs on peut creuser une ou plusieurs des pistes suivantes.

**Réfléchir à la méthode d'apprentissage** Tout d'abord on peut moins guider le départ de l'activité. Au début notre machine ne sait pas jouer, et donc comme il faut bien qu'elle choisisse combien d'allumettes prendre, comment peut-elle faire ? En pratique avec cette question on finit par obtenir la réponse souhaitée : au hasard. Et là on sort un gobelet et trois petits jetons numérotés de 1 à 3.

Ensuite on se dit que sa stratégie va sans doute dépendre du nombre d'allumettes restantes. En effet, s'il y a une allumette sur la table, en prendre une c'est bien, mais s'il y a deux allumettes sur la table, en prendre une c'est une mauvaise idée. Cela nous amène à sortir tous les gobelets, autant qu'il y a d'allumettes.

On commence ensuite à jouer une partie, et quand la machine perd (ce qui arrive rapidement vu qu'elle joue au pif) on pose la question de comment éviter que cela ne se reproduise, et arrive la conclusion qu'il faut enlever des jetons. Attention cependant : on n'enlève pas tous les jetons de la partie, juste le dernier. Si ça se trouve on avait bien joué au début et on s'est juste planté sur la fin.

**Récompenser les victoires plutôt que sanctionner les défaites** Au lieu d'enlever des jetons quand la machine perd, on peut choisir d'en ajouter quand elle gagne. Cela correspond à la version présentée par Malika More et Florent Madelaine citée en intro. Pour cela il faut un bien plus grand stock de jetons. On joue une partie, si on perd on remet chaque jeton dans son gobelet d'origine, et si on gagne on remet dans chaque gobelet le jeton pioché plus un autre de même valeur. Cela permet de donner plus de chance de jouer les coups qui nous ont déjà permis de gagner, et d'augmenter nos chances de gagner à chaque coup.

Par exemple dans le gobelet numéro 3, il y a au début 3 jetons, un de chaque valeur, mais après quelques parties le nombre de jetons correspondant à la valeur 3 va augmenter dans le gobelet, et nos chances de gagner quand il y a 3 allumettes aussi. Pour le gobelet numéro 4, si notre adversaire est réveillé, quoi qu'on joue il va nous battre, et on ne va jamais ajouter de jetons dans ce gobelet. On tirera au final en moyenne une fois sur 3 chaque jeton.

La différence entre cette version et celle développée dans les sections précédentes est que dans mon cas si une telle stratégie existe on trouve forcément la stratégie gagnante et la machine va finir par devenir infaillible. Et s'il n'y en a pas (de stratégie) la machine va finir par abandonner dès le départ. Dans l'autre cas (la version qui fait l'objet de cette extension) au fil des parties on joue de mieux en mieux, mais on peut perdre de temps en temps, et la machine va jouer toutes les parties sans abandonner (et donc pouvoir avec un peu de chance gagner si son adversaire se trompe).

**Machine contre machine** On peut également faire jouer deux machines l'une contre l'autre (par exemple avec 6 allumettes, ou sinon il faut plus de verres) en faisant commencer les machines chacune leur tour. Au final peu importe qui commence car dans la stratégie, ce qui compte c'est le nombre d'allumettes qui restent sur la table, pas ce qu'on a joué avant.

A chaque partie une des machines va perdre et donc apprendre de son erreur en enlevant un jeton. Au bout d'un moment, quand elles auront bien affiné leur stratégie, la machine qui va commencer la partie va systématiquement prendre deux jetons parmi les 6 sur la table, amenant son adversaire à 4 jetons, et l'adversaire va abandonner.

## Étape 5 \_\_\_\_\_ Et hop, c'est de l'informatique

Cette activité est une version (très) simple de l'apprentissage que peuvent faire nos machines. Elle illustre bien que la machine peut apprendre une stratégie que l'humain ne connaissait pas au départ, et qui lui aurait demandé (à l'humain) de l'intelligence pour la découvrir. C'est assez surprenant de voir comment la stratégie se construit, mais pendant toute l'expérience, l'ordinateur n'a fait que des étapes élémentaires.

L'apprentissage n'est qu'une des nombreuses facettes de l'intelligence artificielle. Pour tout dire je ne suis pas une experte, mais j'espère bien un jour étoffer la partie explication sur l'IA de ce document, voire développer, avec mes collègues plus experts en intelligence artificielle, de nouvelles activités sur d'autres facettes de l'IA.