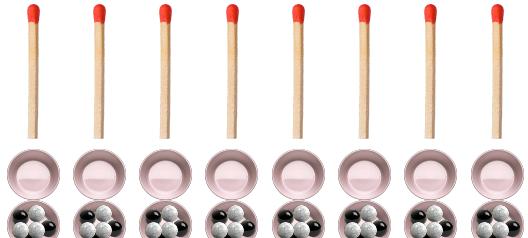


Public visé

- Dès CM1 - approfondissement dès 5ème.
- Classe entière ou demi-groupes.

Durée

45 min



Objectifs

- Découvrir les bases de l'intelligence artificielle sans programmation.
- Découvrir le principe d'apprentissage par renforcement.
- Modéliser une situation de jeu par un système simple.
- Concepts mathématiques et informatiques abordés : Notions de hasard et de probabilité ; Algorithmique ; IA et apprentissage machine.

Liste du matériel

- Nombre pair de participants.
- Par binômes :
 - 8 allumettes,
 - 16 petits gobelets / récipients,
 - Au moins 50 billes blanches,
 - Au moins 50 billes noires,
 - Cartes rôles : 1 carte rôle Humain et 1 carte rôle IA.
- Pour l'animateur :
 - Tableau avec vidéo-projecteur.

Alternative matériel : pots à sauce en carton comme récipients ; jetons, boutons ou boules cotillons comme billes.

Installation

- Aligner 8 allumettes.
- Placer d'un seul côté deux rangées de 8 récipients.
- Dans la rangée la plus extérieure, placer dans chaque récipient 3 billes blanches et 3 billes noires.
- Placer la carte rôle Humain du côté vide et la carte rôle IA du côté des billes.
- Binômes en face à face.

Déroulement de l'atelier (résumé)

Partie 1 Principe du jeu de Nim.

Partie 2 Exemple d'apprentissage machine.

Partie 3 Expérimentation d'apprentissage machine.

Partie 4 Synthèse et conclusion.

Matériel et installation

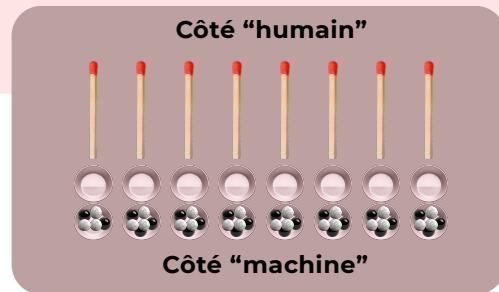
- S'assurer du nombre pair de participants.
- Par binômes :
 - 8 allumettes,
 - 16 petits gobelets / récipients,
 - 24 billes blanches,
 - 24 billes noires,
 - Cartes rôles : 1 carte Humain et 1 carte IA (voir annexe).
- Pour l'animateur :
 - Tableau avec vidéo-projecteur.

ALTERNATIVE MATÉRIEL

- Pour les récipients, possible d'utiliser des pots à sauce en carton.
- Si pas de billes, possible d'utiliser des jetons, des boutons, des boules cotillon... de 2 couleurs différentes.

Installation par binômes :

- Aligner 8 allumettes.
- Placer d'un seul côté deux rangées de 8 récipients.
- Dans la rangée la plus extérieure, placer dans chaque récipient 3 billes blanches et 3 billes noires.
- Placer la carte rôle Humain du côté "vide" et la carte rôle IA du côté des billes.
- Binômes en face à face.



Partie 1 Principe du jeu de Nim

Facultatif : montrer un extrait du jeu de Nim joué dans Fort Boyard : <https://www.youtube.com/watch?v=UroCbM75DUM>

Explications : devant vous, il y a 8 allumettes. À tour de rôle, chaque joueur doit prendre 1 ou 2 allumettes. Celui qui prend la dernière allumette perd la partie. Ce jeu s'appelle le jeu de Nim. Pour l'instant, ne vous préoccupez pas des billes.

NOTE

Si possible, ne distribuer d'abord que les 8 allumettes puis distribuer les cartes, les récipients et les billes à partir de la partie 2.

Faire jouer les élèves sur quelques parties (situation "humain contre humain").

Question : Comment choisissez-vous d'enlever 1 ou 2 bâtons ?

→ **Réponse probable :** au pif/au hasard/ une chance sur deux.

→ Ramener la conversation sur une chance sur deux : à chaque tour, un joueur peut enlever 1 ou 2 bâtons. Sans information pour privilégier l'un plutôt que l'autre, on suppose que ces deux choix ont chacun une probabilité de 1/2. Nous allons pouvoir modéliser ceci avec des billes et s'intéresser à l'apprentissage machine.

Partie 2 Exemple d'apprentissage machine

Explication : Nous allons désormais jouer non plus humain contre humain mais humain contre machine. L'objectif est d'apprendre aux machines à gagner le jeu.

Pour cela, le nombre de bâtons qu'enlève la machine est déterminé par les billes. Quand c'est à son tour, la machine pioche parmi les billes : si elle pioche une bille noire, elle enlève 1 bâton, si elle pioche une bille blanche alors elle enlève 2 bâtons. Puis c'est à l'humain de jouer et ainsi de suite.

NOTE

Pour les musiciens, on peut faire le parallèle avec les notes de musique : une noire = 1 temps, une blanche = 2 temps

Projeter au tableau la situation de départ (voir annexe).

Question : Est-ce qu'on a plus de chances de tirer une bille noire ou une bille blanche ?

→ **Réponse attendue :** non, la probabilité est de tirer une couleur ou l'autre est égale à chaque emplacement : elle est de $1/2$. Cela permet de modéliser la probabilité évoquée précédemment.

Expliquer : nous allons désormais voir 2 exemples de parties pour bien comprendre les actions effectuées par le rôle Machine/IA avec les billes.

Projeter au tableau l'exemple de partie n°1 (voir annexe).

Expliquer : Ici la machine a perdu, elle a mal joué.

Question : comment faire pour que la machine ne recommence pas ?

→ **Réponse attendue :** on peut "punir la machine" en retirant les billes blanches et noires qui ont été piochées à la partie d'avant.

→ Cela permet de réduire la probabilité de tirer une couleur ou une autre à ces emplacements.

Projeter au tableau l'exemple de partie n°2 (voir annexe).

Expliquer : Ici la machine a gagné, elle a bien joué.

Question : comment faire pour que la machine recommence ?

→ **Réponse attendue :** on peut "récompenser la machine" en remettant la bille piochée et en ajoutant une bille de la même couleur.

→ Cela permet d'augmenter la probabilité de tirer une couleur ou une autre à ces emplacements.

Partie 3 Expérimentation de l'apprentissage machine

Consigne : vous allez désormais jouer plusieurs parties "Humain contre machine". Ceux qui sont du côté des billes, vous commencez à jouer la machine, ensuite vous inverserez les rôles.

Laisser jouer les élèves, les accompagner si besoin.

NOTE

Au bout de 6 fois où l'IA perd, la dernière case se vide. Dans cette situation, quoiqu'on joue, on perd : il y a des positions perdantes. Si on amène la machine sur cette position, on fait perdre la machine.

Partie 4 Synthèse et conclusion

Explications : lorsque que vous avez ajouté des billes lorsque la machine gagnait et enlevé des billes lorsque la machine perdait, vous avez utilisé ce qu'on appelle une méthode d'apprentissage par renforcement. La machine ne savait pas jouer au début, à la fin elle est imbattable, cela montre bien le processus d'apprentissage. Elle imite un comportement humain : on apprend par essais et erreurs. Attention, elle ne comprend pas réellement le jeu. Au bout de plusieurs parties, nous avons des positions perdantes et des positions gagnantes qui apparaissent.

Projeter la synthèse des positions gagnantes/permantes (voir annexe).

Question : quelles sont les positions gagnantes ? Les perdantes ?

→ **Réponse attendue :** les cases avec des billes (noires ou blanches) sont les cases qui correspondent aux positions gagnantes. Les cases vides correspondent aux positions perdantes.

Question : comment pourrait-on faire pour accélérer l'apparition des combinaisons gagnantes ?

→ **Réponse attendue :** on peut rajouter plusieurs billes pour "récompenser" une combinaison gagnante. De même, on peut enlever plusieurs billes pour "pénaliser" une combinaison perdante.

→ Remarque : l'IA peut avoir commencé une combinaison perdante mais gagner tout de même, à la faveur d'une erreur humaine (et inversement, commencer une combinaison gagnante mais se retrouver à perdre)

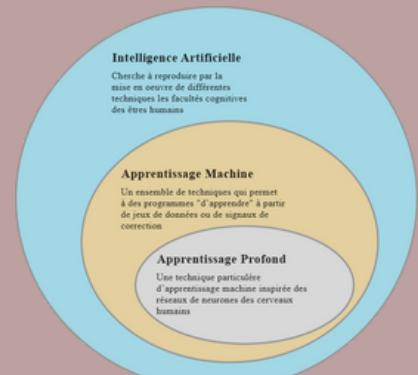
Ouverture : L'apprentissage par renforcement a pu permettre à des IA de gagner à des jeux vidéos tels que Fortnite ou Call of Duty. Un autre exemple : dans un hôpital on a cherché à optimiser le temps d'attente pour les ascenseurs, en cherchant à réduire l'écart de temps entre la demande d'ascenseur en appuyant sur le bouton et le temps d'arrivée de l'ascenseur. L'IA finit par obtenir la répartition optimale des ascenseurs pour avoir le moins de temps d'attente. L'apprentissage par renforcement est aussi une étape de l'entraînement des LLM (grands modèles de langages, type chatGPT).

COMPLÉMENT : L'APPRENTISSAGE MACHINE

L'apprentissage machine/automatique (machine learning en anglais) est un champ d'étude de l'intelligence artificielle qui vise à donner aux machines la capacité "d'apprendre" à partir de données, via des modèles mathématiques. Plus précisément, il s'agit du procédé par lequel les informations pertinentes sont tirées d'un ensemble de données d'entraînement.

En plus de l'apprentissage par renforcement, il existe d'autres types de machine learning :

L'apprentissage supervisé : La machine apprend à partir de données étiquetées fournies par des humains (par exemple : images avec la bonne réponse). Elle ne comprend pas les règles, mais repère des régularités statistiques dans les données. Cette méthode est très efficace pour reconnaître, classer ou prédire, mais dépend fortement de la qualité et de la diversité des exemples.



L'apprentissage non supervisé : Dans ce cas, la machine reçoit des données sans réponses correctes et cherche seule des structures, des regroupements ou des similitudes. Elle ne "sait" pas ce qu'elle cherche à reconnaître, mais organise les données. Cette méthode est utile pour explorer ou résumer de grandes quantités d'informations, mais ses résultats sont souvent difficiles à interpréter.

Réseaux de neurones et deep learning/apprentissage profond : Le deep learning utilise des réseaux de neurones composés de nombreuses couches de calculs simples. La machine apprend en ajustant progressivement des paramètres pour réduire ses erreurs sur de très grandes quantités de données. Cette approche est très performante pour la vision, la parole ou le langage, mais elle est coûteuse en données et en calculs.

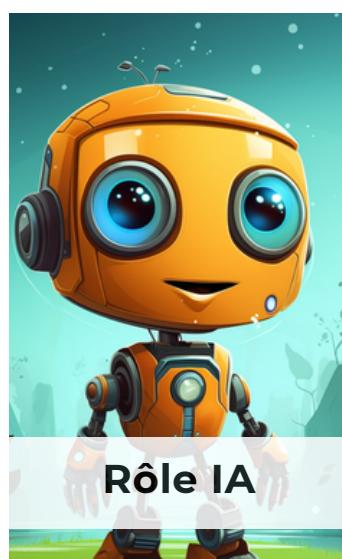
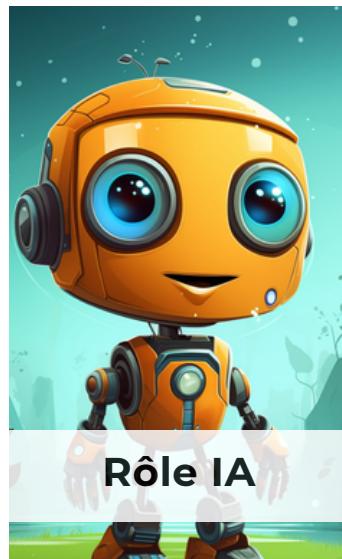
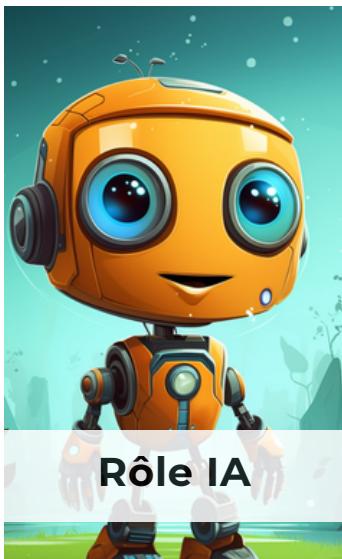
VARIANTES DE L'ATELIER

- Activité jeu de Nim et IA avec Scratch - par la Maison des Mathématiques et de l'Informatique :
 - <https://mmi.universite-lyon.fr/pour-les-scolaires/ressources-pedagogiques-et-de-mediation/jeu-de-nim-et-ia-avec-scratch-385690.kjsp>
- Par Olivier Ginola de l'académie de Nice : https://www.pedagogie.ac-nice.fr/mathematiques/wp-content/uploads/sites/30/2020/04/jeu_nim_O-Ginola_final.pdf
- Par Terra Numerica : https://portail.terra-numERICA.org/media/Deroule_atelier_la_machine_qui_apprend_a_jouer_au_nim_KBnn0J9.pdf
- Par J.-B. Caillau, C. Cazanave et M. Monticelli (CNRS) : <https://caillau.perso.math.cnrs.fr/research/gazette-2024a.pdf>
- Version débranchée et version Python par l'académie de Normandie : https://nsi-snt.ac-normandie.fr/IMG/pdf/jeu_de_nim_presentation2.pdf

Ceci est une liste non exhaustive, de très nombreuses versions supplémentaires sont accessibles sur le web.

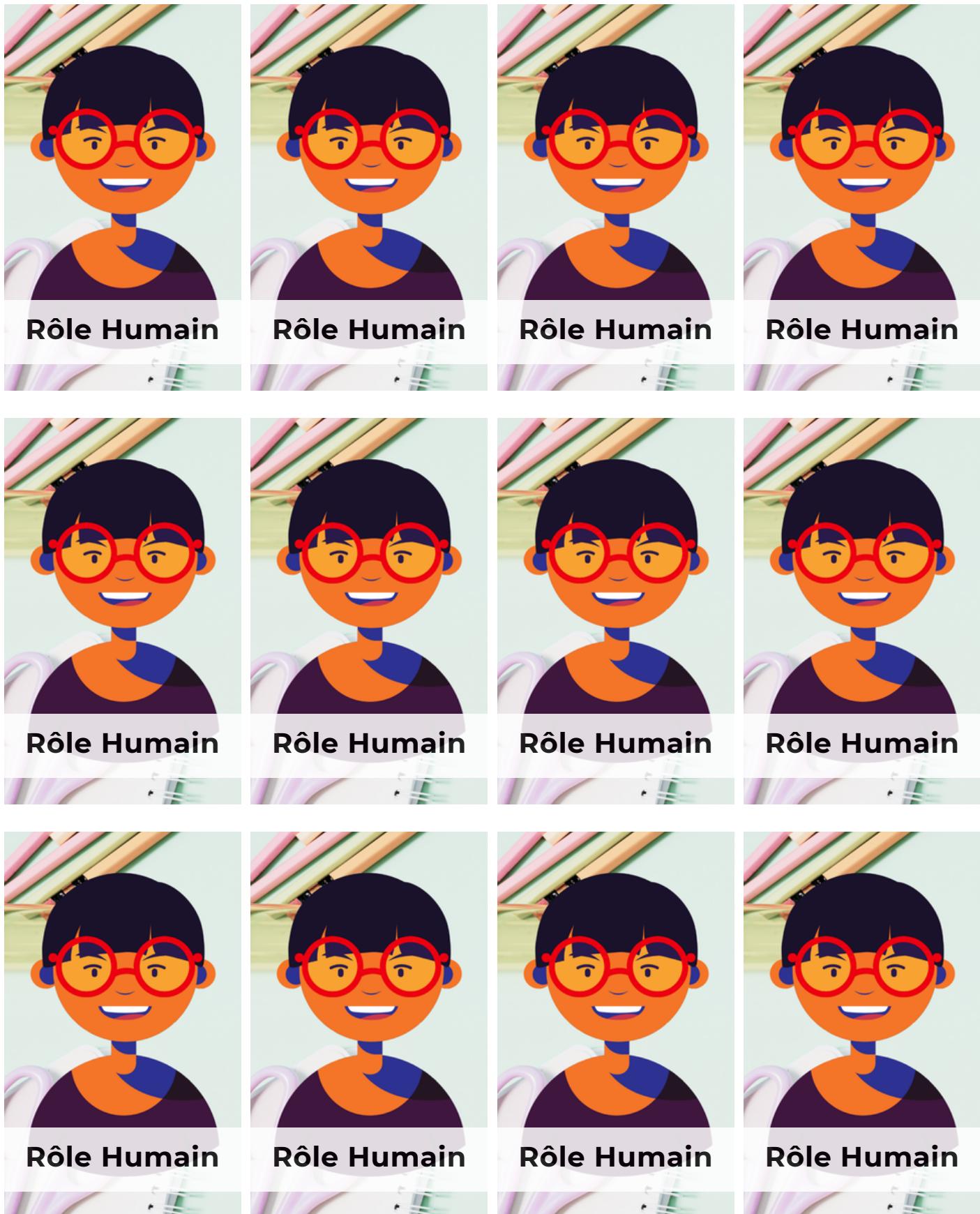
Annexe Cartes rôles IA - à imprimer et découper

Si N élèves dans la classe, alors distribuer N/2 cartes rôle IA.

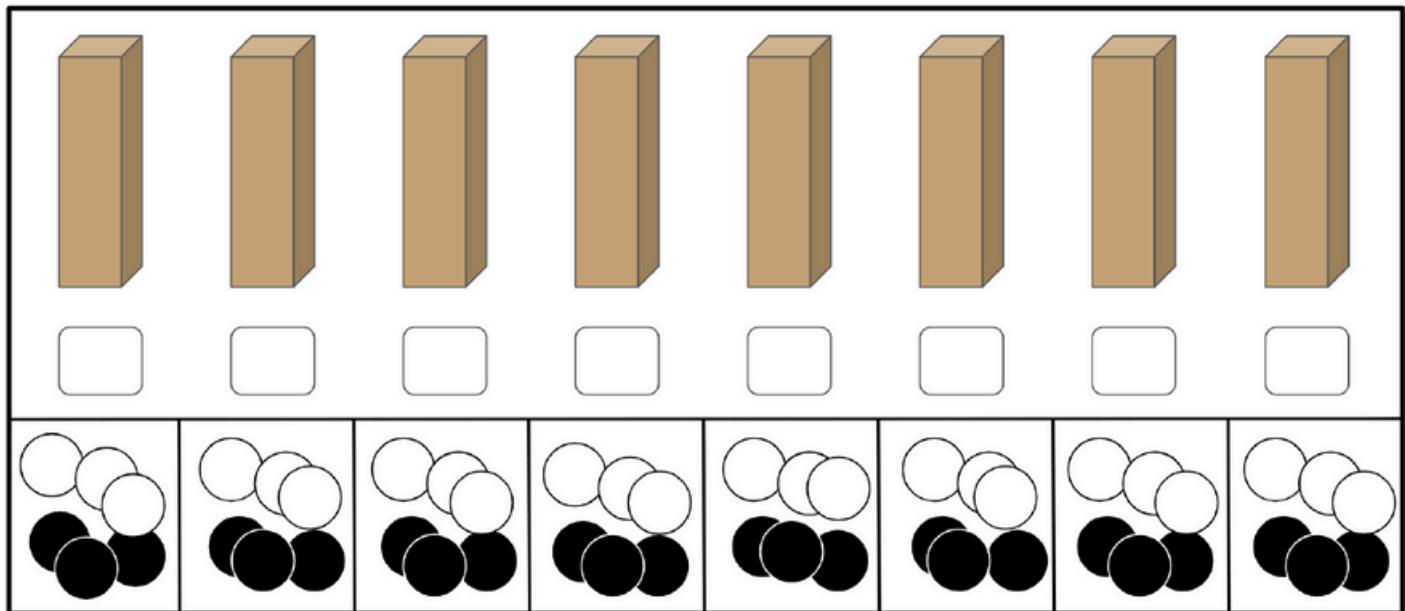


Annexe Cartes rôles Humain - à imprimer et découper

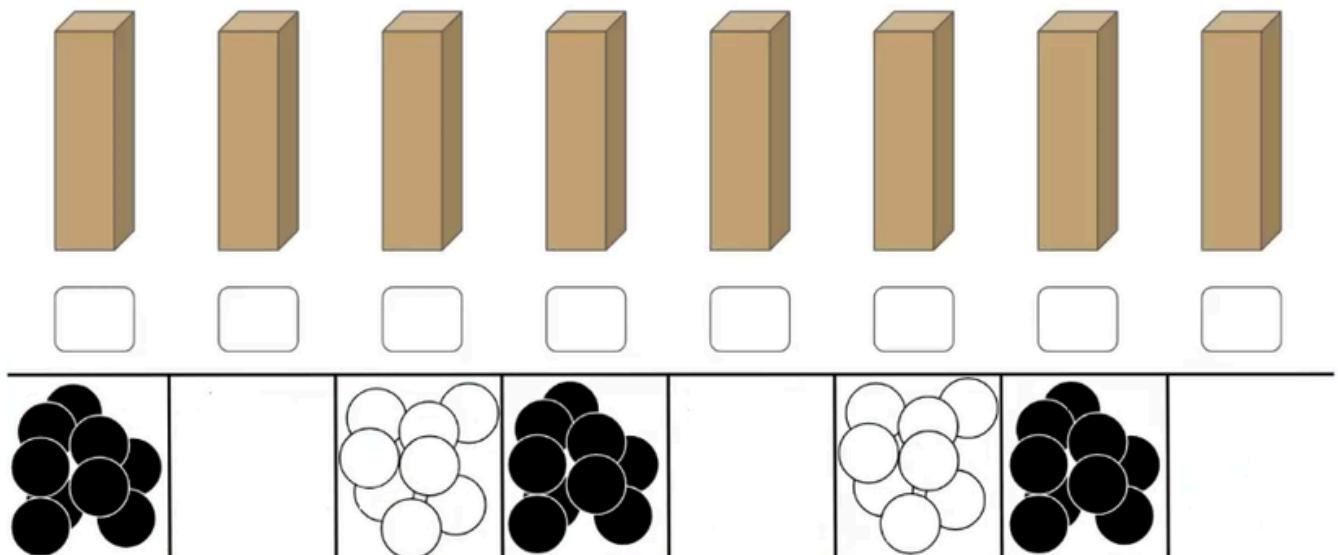
Si N élèves dans la classe, alors distribuer N/2 cartes rôle Humain.



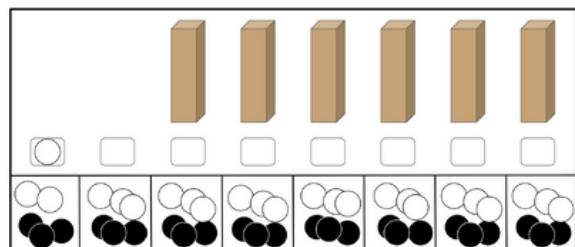
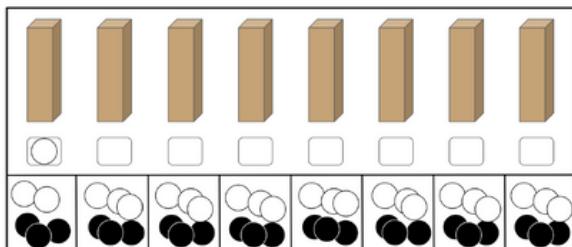
Annexe **Situation de départ**



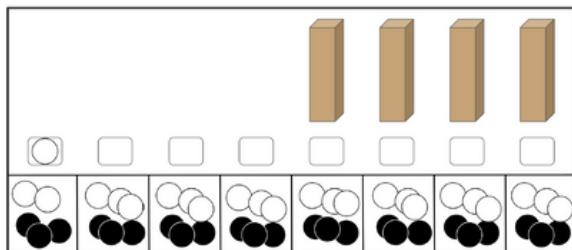
Annexe **Synthèse des positions gagnantes/perdantes**



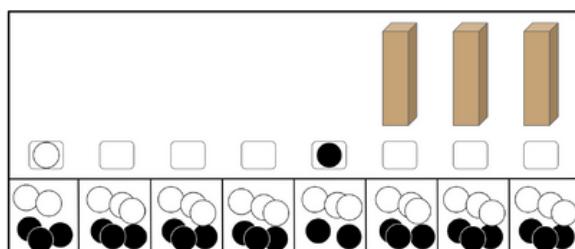
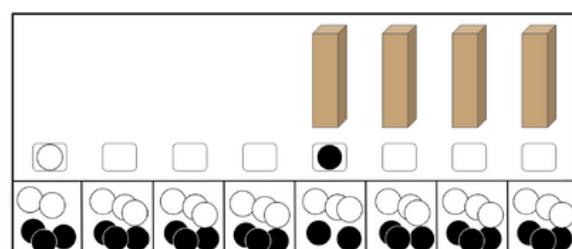
Annexe Exemple de partie : humain VS machine 1



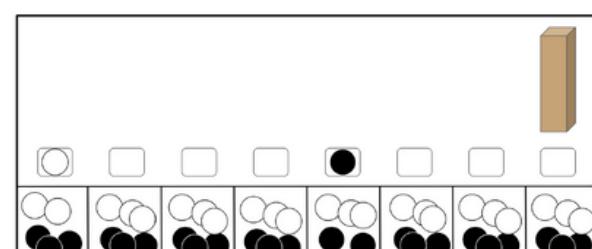
L'IA commence. Elle pioche une bille blanche donc elle retire 2 bâtons



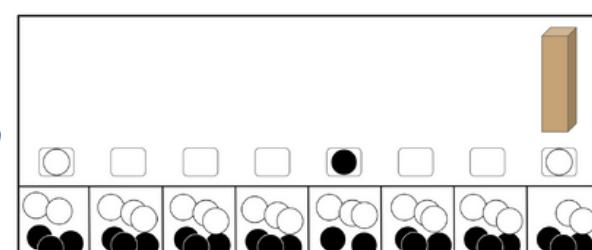
Ensuite l'élève joue et décide d'enlever 2 bâtons



L'IA a pioché une bille noire, donc elle retire 1 bâton.



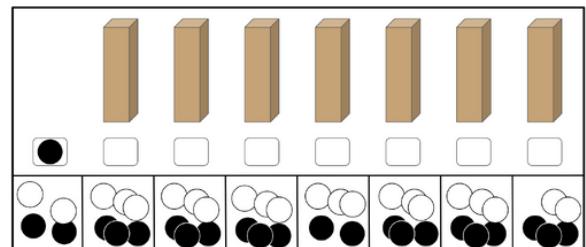
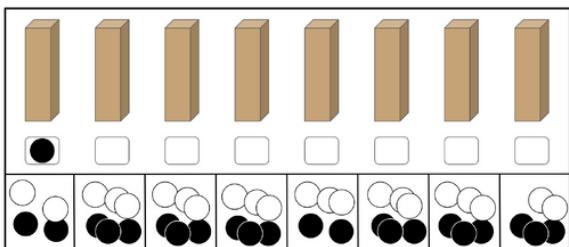
L'élève joue et décide d'enlever 2 bâtons.



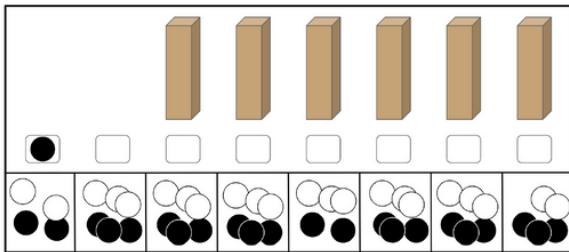
L'IA doit piocher une bille même s'il ne reste qu'un bâton. Ici elle a pioché une boule blanche, on enlève 2 bâtons. Il n'en reste qu'un mais ce n'est pas grave, le jeu s'arrête dès que ce bâton est retiré.

L'IA a perdu, l'humain a gagné.

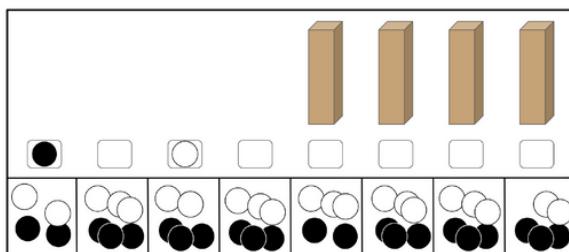
Annexe Exemple de partie : humain VS machine 2



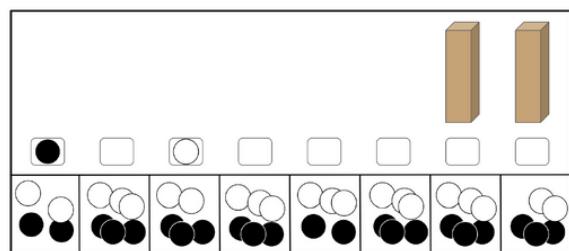
L'IA commence. Elle pioche une bille noire donc elle retire 1 bâton.



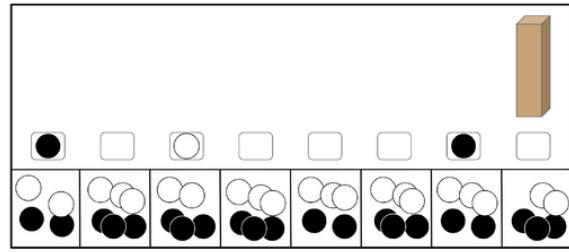
Ensuite l'élève joue et décide d'enlever 1 bâton.



L'IA a pioché une bille blanche et a donc retiré 2 bâtons.



L'élève joue et décide d'enlever 2 bâtons.



L'IA a pioché une bille noire et a retiré 1 bâton.

Le dernier bâton devra donc être retiré par l'humain.

L'IA a gagné, l'humain a perdu.