

GRILLY Jordan  
Dossier de veille  
20 Janvier 2023

# Dossier de veille

Impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience  
vidéoludique du joueur

Mastère 1 Game-programming  
2022-2023



## I. Introduction

## II. Méthodologie

1. Collecte des sources :
2. Analyse des sources
3. Analyse critique :
4. Perspectives futures :

## III. Démarche

1. Feedly :
2. Make :
3. Auto-GPT :

## IV. Corps de dossier

### 1. L'intelligence artificielle dans les jeux vidéo à travers les époques

#### a. Qu'est-ce que l'intelligence artificielle dans les jeux vidéo ?

- i. Intelligence artificielle : Définition
- ii. Dans les jeux vidéo

#### b. Différents type d'IA dans les jeux vidéo

##### i. PNJ

1. Agents
2. Etats
3. Recherche de chemin

##### ii. Méthodes

1. State Machine
2. Behavior Tree
  - a. Nœud de séquence :
  - b. Nœud de sélection :
  - c. Nœud de priorité :
  - d. Nœud conditionnel :
  - e. Nœud d'action :
3. AI Utility
4. Monte Carlo Tree Search
  - a. Sélection :
  - b. Expansion :
  - c. Simulation :
  - d. Rétropropagation :

### 2. Les intelligence artificiel moderne dans les jeux vidéo

#### a. Le machine learning

##### i. La génération procédurale

1. Qu'est-ce c'est ?

2. PCGRL

3. GPCG-GPN

4. Controllable Procedural Content Generation via Constrained Multi-Dimensional Markov Chain Sampling

ii. PNJ

1. ML Agents

2. Forza Motorsport Drivatar

3. IA Générative

a. Nvidia Omniverse Audio2Face

b. Nvidia Avatar Cloud Engine (ACE)

iii. La triche

V. Conclusion

## I. Introduction

L'industrie vidéoludique est aujourd'hui la première industrie culturelle dans le monde. Le secteur génère un chiffre d'affaires plus important que celui du cinéma depuis 1997<sup>1</sup>. On parle ici de 120 milliards de revenus global en 2018<sup>2</sup>. Le jeu vidéo est parfois reconnu comme le 10e art, ce qui n'a rien d'étonnant quand on a conscience qu'ils regroupent de nombreuses autres formes d'art comme la musique ou le cinéma en apportant la plus-value de l'interactivité du joueur.

Cependant, au-delà de leur attrait visuel et interactif, les jeux vidéo ont évolué pour offrir des expériences de plus en plus immersives et captivantes grâce à l'intégration de l'intelligence artificielle (IA). L'IA, qui fait référence à la capacité des machines à imiter ou à reproduire des comportements humains de manière intelligente, a transformé la façon dont les jeux vidéo sont conçus, développés et joués.

L'intégration de l'intelligence artificielle dans les jeux vidéo a ouvert de nouvelles perspectives et a permis de repousser les limites de l'expérience vidéoludique. Grâce à l'IA, les jeux vidéo peuvent désormais offrir des environnements réalistes et dynamiques, des personnages non joueurs (PNJ) plus intelligents et des scénarios de jeu plus complexes.

L'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience dans les jeux vidéo est multiple. Tout d'abord, elle permet de créer des mondes virtuels plus vivants et interactifs. Les environnements peuvent réagir de manière réaliste aux actions du joueur, en offrant des simulations physiques avancées, des comportements réactifs et une prise de décision autonome des PNJ. Cela crée une immersion plus profonde et une sensation de réalisme accrue.

---

<sup>1</sup> [Game industry bigger than Hollywood by SlashDot](#)

<sup>2</sup> [Le marché du Jeu vidéo se porte bien en 2018](#)

De plus, l'IA améliore l'intelligence des PNJ, ce qui se traduit par des adversaires plus compétitifs et des alliés plus utiles. Les PNJ peuvent apprendre, s'adapter et évoluer au fil du temps, ce qui rend les interactions avec eux plus intéressantes et surprenantes. Les jeux vidéo utilisent également l'IA pour créer des histoires non linéaires et des embranchements narratifs, offrant ainsi des expériences de jeu plus personnalisées et immersives.

En outre, l'intelligence artificielle permet d'améliorer les mécanismes de jeu, en optimisant les performances, l'équilibrage du jeu et la génération procédurale de contenu. Les algorithmes d'IA peuvent analyser le comportement des joueurs, anticiper leurs actions et ajuster la difficulté du jeu en conséquence. Cela garantit une expérience de jeu plus stimulante et adaptée à chaque joueur.

Cependant, l'intégration de l'IA dans les jeux vidéo soulève également des questions et des défis. Comment concilier l'aspect ludique avec une IA réaliste sans tomber dans des comportements prévisibles ou répétitifs ? Comment garantir que l'IA ne devienne pas trop dominante, au point de frustrer ou de décourager les joueurs ? Comment préserver l'éthique et l'équité dans les mécanismes de jeu alimentés par l'IA, notamment dans les jeux multijoueurs en ligne ?

Face à ces enjeux, il devient crucial de comprendre l'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience dans les jeux vidéo. Ce dossier de veille explorera les avancées récentes de l'IA dans l'industrie du jeu vidéo, ses bénéfices, ses limites et les défis qu'elle pose. Il mettra en lumière les différentes applications de l'IA dans les jeux vidéo et analysera les réactions des joueurs face à cette évolution technologique. Enfin, il examinera les perspectives futures de l'IA dans les jeux vidéo et les implications pour l'industrie et les joueurs.

Ainsi, en se plongeant dans l'étude de l'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience du joueur dans les jeux vidéo, nous pourrions appréhender les transformations en cours, anticiper les évolutions à venir dans ce domaine en constante évolution et se mettre à jour sur les différentes méthodes et technologies afin de s'ouvrir au champs des possible pour nos future production.

## II. Méthodologie

Pour mener à bien ce dossier de veille sur l'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience du joueur dans les jeux vidéo, une méthodologie rigoureuse sera adoptée. Les étapes suivantes seront entreprises :

### 1. Collecte des sources :

- Une recherche approfondie sera effectuée pour recueillir des sources pertinentes et à jour concernant l'intelligence artificielle et sa possible intégration dans un jeu vidéo. Cela comprendra des articles scientifiques, des publications académiques, des rapports industriels, des études de cas, des interviews d'experts et des actualités du secteur.
- Une mise en place d'outils d'automatisation sera réalisé afin de centraliser l'ensemble des nouvelles informations sur les sujets pertinents

### 2. Analyse des sources

- Les sources collectées seront soigneusement analysées et évaluées pour en extraire les informations clés. Les concepts clés, les applications spécifiques de l'IA dans les jeux vidéo, les impacts sur l'expérience des joueurs et les défis rencontrés seront identifiés et synthétisés.

### 3. Analyse critique :

- Une analyse critique des résultats sera effectuée pour évaluer les avantages et les limites de l'utilisation de l'IA dans les jeux vidéo. Les implications pour l'industrie du jeu vidéo, les développeurs de jeux et les joueurs seront discutées, en mettant en évidence les enjeux éthiques et les considérations pratiques.

### 4. Perspectives futures :

- Le dossier de veille abordera également les perspectives futures de l'utilisation de l'IA dans les jeux vidéo. Les tendances émergentes, les innovations technologiques et les développements prévus seront explorés, offrant ainsi une vision prospective de l'évolution de cette intersection entre l'IA et les jeux vidéo.

En combinant une recherche approfondie, une analyse critique et une perspective prospective, ce dossier de veille fournira une compréhension approfondie de l'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience des joueurs dans les jeux vidéo. Il permettra de saisir les opportunités offertes par cette technologie, ainsi que les défis auxquels l'industrie devra faire face pour exploiter pleinement son potentiel tout en préservant l'expérience ludique et équilibrée pour les joueurs.

### III. Démarche

Depuis que j'étudie dans l'industrie du jeu vidéo, j'ai adopté une approche de veille passive qui me permet de rester informé des dernières avancées technologiques dans ce domaine, en plus des avancées dans le domaine de l'IA et du développement informatique en général que j'effectue depuis de nombreuses années. Cette veille passive passe premièrement par un feed twitter alimenté par des experts du jeu vidéo et de l'intelligence artificielle. Je suis attentif aux tweets et aux discussions autour de ces sujets, en suivant des profils tels que des développeurs de jeux vidéo renommés et indépendants, des chercheurs spécialisés en IA, des organisations axées sur la technologie dans le domaine du jeux vidéo et des mots clés qui me permettent de découvrir des acteurs de l'industrie.

Voici une petite liste de compte et mots clés qui font partie de ma veille passive sur twitter :

- [@m\\_hakozaki](#) développeur de jeu indépendant travaillant sur la simulation de poisson dans un environnement distinct
- [@Just\\_Game\\_Dev](#) développeur de jeu indépendant, artiste et professeur qui se concentre principalement sur la réalisation d'un jeu de train.
- [@lyongamedev](#) une association de professionnels du jeu vidéo qui organise des événements auxquels je participe régulièrement.
- [@SunnyVStudio](#) un développeur de jeu qui partage ses trouvailles et connaissances concernant le développement de jeux vidéo.
- [@WeAreJosh](#) entreprise numérique qui parle et montre régulièrement du contenus autours des IA.

- [@OpenAI](#) entreprise responsable de la nouvelle ère de l'intelligence artificielle aujourd'hui.
- [#gamedev](#), [#indiegama](#), [#madewithunity](#), [#madewithunreal](#), [#screenshotsaturday](#) mots clés regroupant une communauté de personnes souhaitant partager autour du développement de jeux vidéo.

En plus de Twitter, je suis également abonné à des newsletters spécialisées dans le jeu vidéo et l'IA. Ces newsletters fournissent régulièrement des articles approfondis sur les dernières tendances, les avancées technologiques et les études de cas pertinentes. Elles couvrent une variété de sujets, tels que l'utilisation de l'IA pour la génération procédurale de contenu, l'amélioration de l'intelligence artificielle des personnages non-joueurs, l'analyse de données pour l'optimisation du gameplay, et bien d'autres.

Cette veille passive passe également par toutes les informations qui me sont communiquées autour de moi de la part d'étudiant ou bien d'intervenant professionnel dans ces domaines.

Mais pour mener à bien ce dossier de veille et la méthodologie précédemment décrite, j'effectue une veille structurée et active que je met à jour environ 2 fois par mois. voici les outils que j'ai mis en place afin de réaliser une veille active.

### 1. **Feedly :**

Feedly est une plateforme permettant de gérer et personnaliser ses abonnements à des flux RSS. Feedly permet aux utilisateurs de mettre en place des alertes sur des fils d'actualité précis. Je reçois des articles et newsletters à partir de la combinaison de mots clés suivants : "Artificial intelligence" + "Video Games", "Procedural Generation".

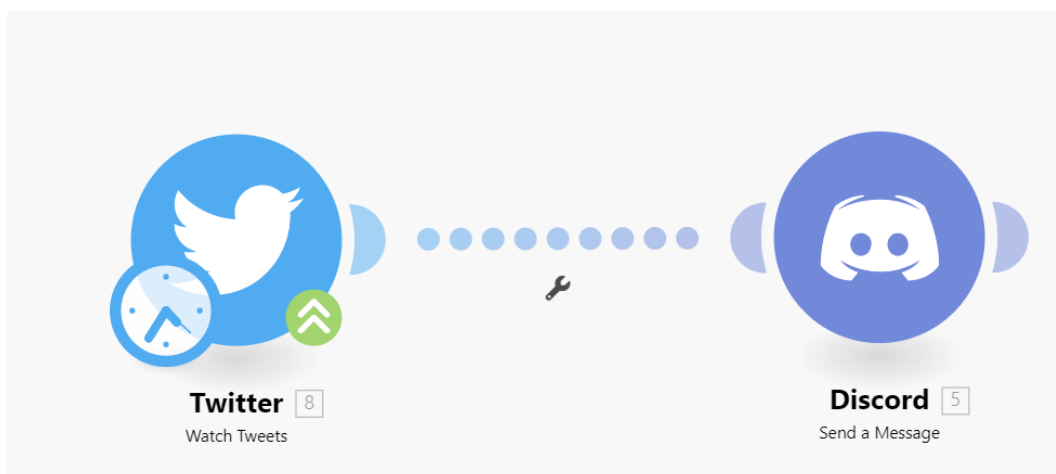
[Voici un exemple d'article pertinent que j'ai pu recevoir avec cet outil.](#)

### 2. **Make :**

Make est un outil d'automatisation à partir de très nombreuses API auxquelles il a accès. J'ai utilisé Make afin d'automatiser la redirection de tweet et de mail vers un serveur



discord. Ainsi, je reçois une alerte sur discord lorsqu'un tweet ou un mail des comptes ajoutés dans une liste blanche poste quelque chose.



### 3. Auto-GPT :

Auto-GPT est une intelligence artificielle qui peut être installée localement sur un ordinateur et qui utilise l'API GPT-4. Cet outil permet d'effectuer des tâches de manière autonome, sans nécessiter l'intervention humaine. Il utilise plusieurs agents pour pouvoir raisonner sur les actions qu'il entreprend.

```

Invite de commandes - docker-compose run --rm auto-gpt
I want Auto-GPT to: Find 2023 research paper on AI in video games, stock link in a file then terminate
NOTE: All files/directories created by this agent can be found inside its workspace at: /app/autogpt/auto_gpt_workspace
AIPGPT has been created with the following details:
Name: AIPGPT
Role: an autonomous agent that specializes in conducting research on AI in video games and providing relevant information to its users.
Goals:
- Conduct a thorough search of academic databases and online resources to locate a research paper on AI in video games published in 2023.
- Analyze the paper and extract key information such as the authors, title, abstract, and relevant findings.
- Generate a stock link to the paper and save it in a file for easy access by the user.
- Ensure that the file is properly organized and labeled for easy retrieval.
- Terminate all processes and operations once the task is completed to ensure optimal system performance.
Using memory of type: JSONFileMemory
Using Browser: chrome
AIPGPT THOUGHTS: I should start by searching for a research paper on AI in video games published in 2023. I can use Google for this.
REASONING: I need to locate a research paper on AI in video games published in 2023 to analyze and extract key information.
PLAN:
- Use the 'google' command to search for a research paper on AI in video games published in 2023.
- Analyze the paper and extract key information such as the authors, title, abstract, and relevant findings.
- Generate a stock link to the paper and save it in a file for easy access by the user.
- Ensure that the file is properly organized and labeled for easy retrieval.
- Terminate all processes and operations once the task is completed to ensure optimal system performance.
CRITICISM: I need to ensure that I am using the most efficient and effective methods to locate and analyze the research paper.
SPEAK: I will use the 'google' command to search for a research paper on AI in video games published in 2023.
NEXT ACTION: COMMAND = google ARGUMENTS = {'query': 'research paper on AI in video games published in 2023'}
Enter 'y' to authorise command, 'y -N' to run N continuous commands, 's' to run self-feedback commands, 'n' to exit program, or enter feedback for AIPGPT...
Asking user via keyboard...
Input:

```

Auto-GPT n'est pas un outil grand public en raison de la complexité de sa configuration et de l'utilisation de l'API payante GPT-4. Comme on peut le voir sur la capture d'écran précédente, Auto-GPT utilise plusieurs agents pour penser, établir un plan d'action, évaluer les pensées et le plan d'action, et annoncer ce qu'il va faire.

Cet outil me permet de trouver rapidement et intelligemment des informations auxquelles je n'aurais peut-être pas accédé par moi-même. Grâce à ses fonctionnalités avancées et à ses agents intégrés, Auto-GPT peut fournir des réponses et des actions adaptées à mes besoins spécifiques.

#### IV. Corps de dossier

Je vais aborder la problématique de l'intelligence artificielle dans les jeux vidéo en examinant son évolution au fil des époques. Ensuite, j'expliquerai les méthodes modernes utilisées et ce qu'elles apportent. Enfin, je discuterai des perspectives futures des intelligences artificielles dans le domaine du jeu vidéo.

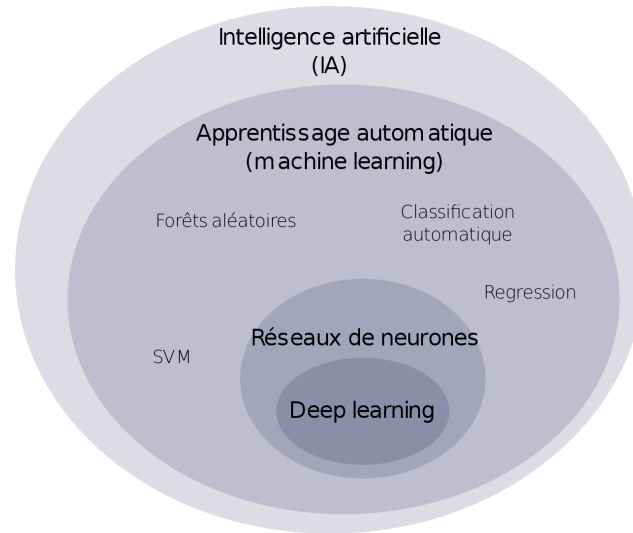
##### 1. L'intelligence artificielle dans les jeux vidéo à travers les époques

###### a. Qu'est-ce que l'intelligence artificielle dans les jeux vidéo ?

###### i. Intelligence artificielle : Définition

Ces dernières années, il y a eu une certaine confusion au sein des communautés concernant le domaine de l'intelligence artificielle. La question de savoir ce qui peut être considéré comme une véritable intelligence artificielle est remise en cause. Actuellement, lorsqu'on évoque l'IA, on a tendance à penser immédiatement au deep learning, qui est un système d'intelligence basé sur des réseaux de neurones comme peut fonctionner ChatGPT ou encore MidJourney aujourd'hui. Cependant, le deep learning n'est qu'un sous-domaine de l'IA et de très simples algorithmes peuvent être considérés comme tels.

En effet, selon la définition de Larousse, l'intelligence artificielle est un  
*“Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine.”*<sup>3</sup>



## ii. Dans les jeux vidéo

Cette définition, adapté au domaine des jeux vidéo vise à donner l'impression que les personnages non joueurs (PNJ) ou les adversaires sont dotés d'une certaine forme d'intelligence, capable de prendre des décisions, d'adapter leur comportement en fonction du contexte et d'interagir avec les joueurs de manière convaincante.

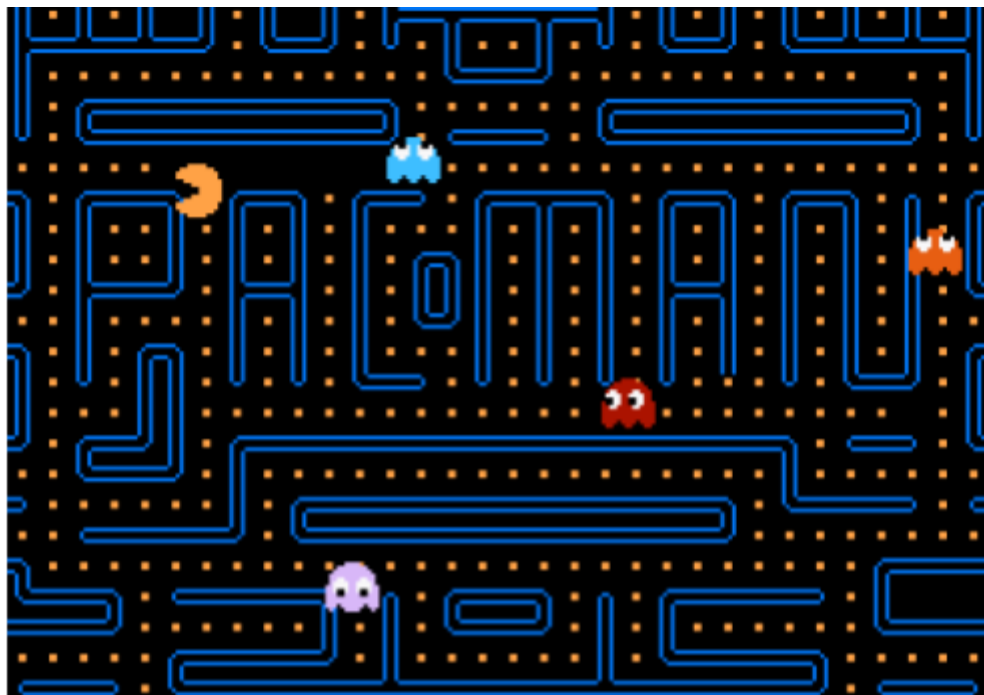
Au fil des années, la compréhension de ce que signifie réellement "l'intelligence" dans le contexte des jeux vidéo a évolué. Auparavant, les PNJ étaient souvent programmés avec des règles préétablies qui dictaient leur comportement. Cela pouvait être aussi simple que de suivre un ensemble d'instructions prédéfinies ou de réagir de manière prédéterminée à des stimuli spécifiques.

---

<sup>3</sup> [Intelligence artificielle](#)

Cependant, avec l'avancement de la technologie et des algorithmes, les développeurs de jeux vidéo ont cherché à rendre l'intelligence artificielle plus complexe et adaptative.

Ainsi, aujourd'hui, lorsque l'on parle d'intelligence artificielle dans les jeux vidéo, cela englobe une variété de techniques allant des approches basées sur des règles aux méthodes plus avancées telles que l'apprentissage automatique et le deep learning.



Dans Pac-Man, les fantômes sont des intelligences artificielles qui réagissent ou non en fonction des actions du joueur

## b. Différents type d'IA dans les jeux vidéo

### i. PNJ

Il existe différents types d'intelligence artificielle implémenter dans des PNJ existant depuis plus de 40 ans et pourtant toujours aussi populaire aujourd'hui et je vais vous en citer quelques unes ici.

## 1. Agents

Les agents<sup>4</sup> sont des entités qui possèdent des informations sur leur environnement et sont capables de prendre des décisions et d'agir en temps réel en fonction des actions du joueur ou de l'environnement. Par exemple, dans FIFA, vos coéquipiers se positionnent sur le terrain en fonction de leurs postes et des actions que vous réalisez.

## 2. Etats

Les états correspondent à une configuration unique dans laquelle se trouve un agent. L'état d'un agent peut changer en fonction des actions du joueur ou des changements de paramètres du monde dans lequel il se trouve. Par exemple, en lisant cette veille, vous êtes actuellement dans un état de lecture. Dans cet état, vous êtes limité dans vos actions, vous ne pouvez pas courir en lisant. Courir est également un état distinct. Chaque état offre des possibilités d'actions spécifiques et les limite également.

## 3. Recherche de chemin

La recherche de chemin, communément appelée "pathfinding", consiste à trouver le chemin le plus rapide entre un point A et B sur un plan quadrillé. Le pathfinding est souvent une composante d'une IA complexe et doit être efficace pour assurer le bon fonctionnement du système complet. L'algorithme de pathfinding le plus populaire aujourd'hui est l'algorithme appelé A\* (A star)<sup>5</sup>. Vous pouvez par ailleurs [retrouver mes travaux sur cet algorithme ici](#). Il remplace l'ancien algorithme appelé Dijkstra qui était moins rapide. Des chercheurs continuent d'explorer des algorithmes de pathfinding plus rapides et optimisés. En 2012, la méthode Jump Point Search (JPS) a été développée. Cette méthode permet de sauter plusieurs cases et d'accélérer le calcul dans certaines conditions.

---

<sup>4</sup> [Agents in artificial intelligence - GeekForGeek](#)

<sup>5</sup> [A\\* search algorithm - Wikipédia](#)

Un pathfinding efficace permet aux PNJ de se déplacer de manière fluide et naturelle dans l'environnement du jeu. Lorsque les PNJ évitent les obstacles et choisissent les itinéraires les plus efficaces, cela renforce l'illusion d'un monde vivant et crédible. Les joueurs peuvent interagir avec des PNJ qui semblent réagir de manière réaliste à leur présence et à leurs actions, ce qui contribue à une immersion plus profonde.

En outre, un bon système de pathfinding offre des possibilités stratégiques intéressantes pour les joueurs. Dans les jeux d'action, par exemple, les ennemis qui utilisent un pathfinding intelligent peuvent prendre des positions tactiques, se mettre à couvert, et même coordonner leurs mouvements pour encercler le joueur. Cela rend les affrontements plus dynamiques, stimulants et réalistes, incitant les joueurs à adopter des stratégies plus élaborées pour réussir.

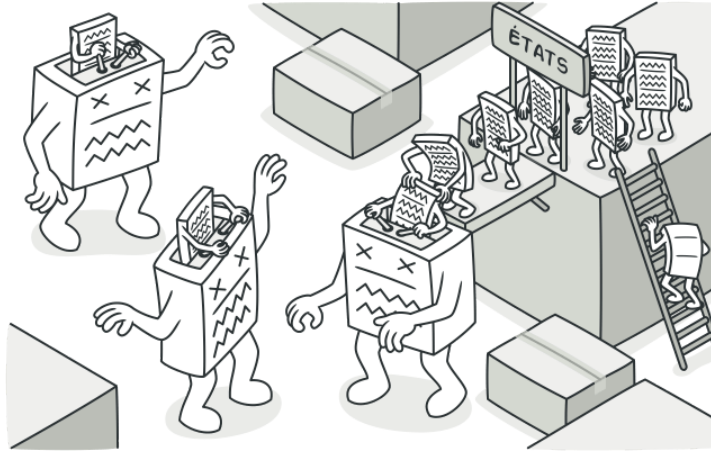
Le pathfinding bien conçu est également crucial pour la conception des niveaux et des quêtes. Les concepteurs de jeux peuvent créer des environnements complexes et variés, sachant que les PNJ pourront naviguer efficacement à travers ces espaces. Cela permet de proposer aux joueurs des défis intéressants, des énigmes basées sur la navigation, des objectifs de sauvetage ou des courses poursuites palpitantes. Ainsi, le pathfinding contribue à la diversité des expériences offertes aux joueurs et à la sensation de progression au sein du jeu.

Cependant, il convient de souligner que le pathfinding peut également poser des défis aux développeurs de jeux. Les environnements complexes, les interactions multiples et les choix des joueurs peuvent rendre la navigation des PNJ plus difficile. Les développeurs doivent trouver un équilibre entre l'efficacité du pathfinding et la performance du jeu, afin d'éviter des calculs excessivement lourds qui pourraient affecter la fluidité du gameplay.

## ii. Méthodes

### 1. State Machine

Les machines à états sont utilisées pour gérer les transitions d'états des entités mentionnées précédemment. On définit un "espace des états" qui représente l'ensemble des états vers lesquels notre entité peut effectuer une transition.



Les machines à états sont très efficaces à petite échelle, mais deviennent rapidement complexes lorsque le nombre d'états augmente, car les transitions doivent être gérées manuellement.

### 2. Behavior Tree

Les arbres de comportement<sup>6</sup> sont une approche populaire pour la modélisation du comportement des personnages non-joueurs (PNJ) dans les jeux vidéo et d'autres systèmes interactifs. Ils offrent une structure hiérarchique qui permet de définir le flux de décision et d'action d'un PNJ de manière modulaire et flexible.

Un arbre de comportement se compose de nœuds qui représentent des actions ou des conditions, et de branches qui déterminent l'ordre d'exécution de ces nœuds.

---

<sup>6</sup> [Creating behavior tree using decision tree design - Youtube](#)

Les nœuds peuvent être de différents types, tels que des nœuds de séquence, des nœuds de sélection, des nœuds de priorité, etc.

Voici quelques types courants de nœuds utilisés dans les arbres de comportement :

a. Nœud de séquence :

Un nœud de séquence exécute ses enfants de manière séquentielle, l'un après l'autre. Il vérifie si chaque enfant réussit avant de passer au suivant. Cela permet de créer des séquences d'actions à exécuter dans un ordre spécifique.

b. Nœud de sélection :

Un nœud de sélection évalue ses enfants dans l'ordre jusqu'à ce que l'un d'eux réussisse. Cela permet de choisir une action parmi plusieurs alternatives en fonction des conditions.

c. Nœud de priorité :

Un nœud de priorité évalue ses enfants dans l'ordre jusqu'à ce que l'un d'eux réussisse. Cependant, contrairement au nœud de sélection, il arrête l'évaluation des enfants dès qu'un enfant réussit et ne considère pas les autres. Cela permet de donner une priorité à certaines actions par rapport à d'autres.

d. Nœud conditionnel :

Un nœud conditionnel vérifie une condition et retourne un résultat (succès ou échec) en fonction de cette condition. Cela permet de créer des branches conditionnelles dans l'arbre de comportement.



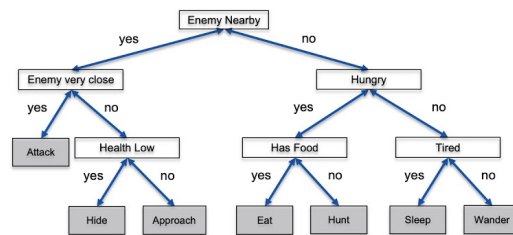
e. Nœud d'action :

Un nœud d'action représente une action spécifique à exécuter par le PNJ. Par exemple, se déplacer vers une position, attaquer un ennemi, effectuer une animation, etc.

La structure en arbre des arbres de comportement permet de représenter des comportements complexes de manière modulaire et facilement compréhensible. Ils offrent également une grande flexibilité car les arbres peuvent être facilement étendus, modifiés ou réarrangés pour ajuster le comportement du PNJ sans avoir à modifier directement le code source.



### Warrior DT design



2020-11-19

4

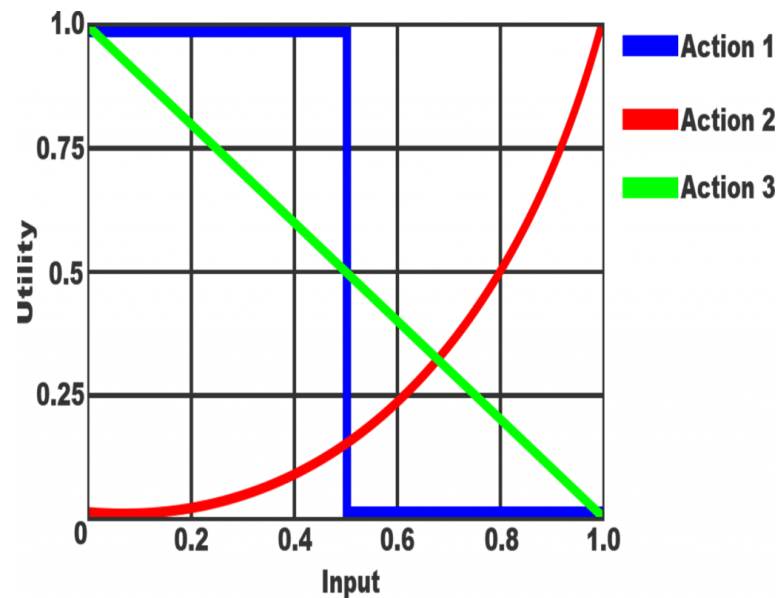
### 3. AI Utility

L'AI Utility est une approche qui vise à maximiser l'utilité ou la satisfaction d'un agent artificiel dans un environnement donné. Au lieu de se concentrer uniquement sur des états ou des actions spécifiques, l'AI Utility prend en compte la valeur globale de différentes actions et états possibles pour l'agent.

Dans ce contexte, l'utilité peut être définie comme une fonction mathématique<sup>7</sup> qui attribue une valeur à chaque état ou action, en fonction des objectifs de

<sup>7</sup>[Utility AI - Harry Kent](#)

l'agent. Cette fonction peut être spécifiée à l'avance par les développeurs du jeu ou apprise par l'agent à partir d'expériences passées.



L'AI Utility est souvent utilisée pour créer des agents plus réactifs et adaptatifs. Plutôt que de suivre des scripts ou des règles préétablies, ces agents peuvent évaluer en temps réel les différentes options disponibles et choisir celle qui maximise leur utilité attendue.

Cette approche est particulièrement utile dans des environnements complexes et dynamiques où les conséquences des actions peuvent être incertaines ou dépendantes du contexte. Par exemple, dans un jeu de stratégie en temps réel, un agent basé sur l'AI Utility pourrait évaluer les risques et les récompenses potentielles de différentes stratégies pour prendre des décisions éclairées.

#### 4. Monte Carlo Tree Search

Le Monte Carlo Tree Search est un algorithme de recherche basé sur des simulations et est utilisé dans de nombreux domaines, y compris les jeux,

l'optimisation et la prise de décision. Il a gagné en popularité pour sa capacité à trouver de bonnes solutions dans des espaces de recherche complexes et vastes, sans avoir besoin d'une connaissance a priori approfondie du domaine.

L'idée principale derrière le MCTS est d'explorer efficacement l'espace de recherche en construisant un arbre de recherche dynamique pendant l'exécution de l'algorithme. L'arbre de recherche est utilisé pour représenter les états du jeu ou les configurations possibles d'un problème, ainsi que les actions qui peuvent être prises à partir de ces états.

Le MCTS se compose généralement de quatre étapes répétées jusqu'à ce qu'une condition de fin soit atteinte :

a. Sélection :

L'algorithme commence par sélectionner un nœud dans l'arbre de recherche en utilisant une politique qui favorise l'exploration des nœuds les plus prometteurs tout en exploitant les connaissances acquises jusqu'à présent. Cette étape vise à trouver une zone intéressante de l'arbre à explorer davantage.

b. Expansion :

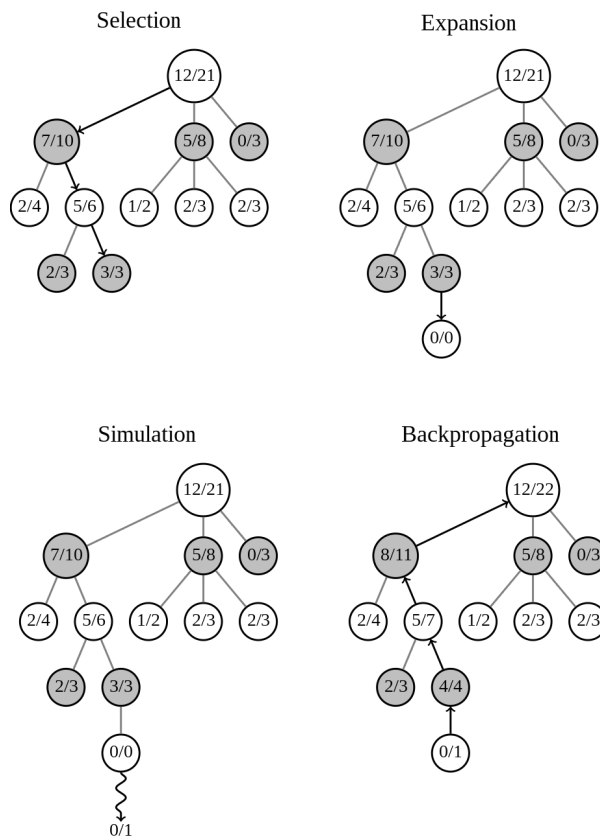
Une fois qu'un nœud est sélectionné, l'algorithme effectue une expansion en ajoutant de nouveaux nœuds à l'arbre pour représenter les actions possibles à partir de l'état correspondant. Cela permet d'élargir l'espace de recherche.

## c. Simulation :

Une simulation est effectuée à partir du nouvel état ajouté à l'arbre. Cette simulation consiste à jouer des séquences d'actions aléatoires jusqu'à atteindre un état final ou une condition de fin définie. Cette étape permet d'estimer la qualité d'un nœud non exploré.

## d. Rétropropagation :

Les résultats de la simulation sont rétro propagés à travers les nœuds visités pendant la phase de sélection. Cela met à jour les statistiques associées à chaque nœud, telles que le nombre de visites et les récompenses accumulées. Ces informations sont utilisées pour guider les futures sélections.



En répétant ces quatre étapes, le MCTS consacre davantage de ressources aux zones de l'arbre qui semblent les plus prometteuses, tout en continuant à explorer de nouvelles régions de l'espace de recherche.

Le MCTS est particulièrement efficace dans les jeux à information imparfaite ou partiellement observables, car il est capable de prendre en compte l'incertitude et d'ajuster sa stratégie en conséquence. Il a été utilisé avec succès dans des jeux tels que le jeu de go, les échecs, le poker, et bien d'autres.

Dans le jeu Total War: Rome II<sup>8</sup>, le Monte Carlo Tree Search (MCTS) est utilisé pour diverses raisons. Son implémentation vise à garantir la rentabilité du jeu en offrant une expérience imprévisible aux joueurs, incitant ainsi à jouer de nouvelles parties qui diffèrent des précédentes. L'IA basée sur le MCTS permet également d'éviter les mauvaises décisions en testant différentes solutions et en utilisant des statistiques pour déterminer les actions les plus pertinentes<sup>9</sup>.

Dans Total War: Rome II, les entités du jeu doivent prendre des décisions basées sur de nombreux paramètres interdépendants tels que les ressources, l'économie, l'historique diplomatique, les compétences, et bien d'autres. Le MCTS est utilisé pour optimiser l'allocation des ressources en fonction de ces paramètres. Le joueur se retrouve ainsi en immersion au sein du jeu et prendra chacune de ses décisions aux sérieux grâce aux décisions intelligentes des différents empires.

Un exemple marquant de l'utilisation du MCTS est apparu en 2015 avec AlphaGo<sup>10</sup>, une IA développée par DeepMind, qui a battu un joueur professionnel de go pour la première fois. Cela a marqué une révolution dans le domaine de l'IA.

---

<sup>8</sup> [Total War : Rome II - Steam](#)

<sup>9</sup> [Monte-Carlo Tree Search in TOTAL WAR: ROME II's Campaign AI](#)

<sup>10</sup> [AlphaGo - Wikipédia](#)

AlphaGo combine le MCTS<sup>11</sup> avec des techniques d'apprentissage automatique pour atteindre des performances exceptionnelles<sup>12</sup>.

Très récemment, dans l'épisode 76 de "The gradient podcast", Christoffer Holmgard, CEO de modl.ai qui développe un moteur d'IA pour le développement de jeux vidéo parle de l'utilisation du MCTS dans l'automatisation de test de jeu<sup>13</sup> à l'aide de personas procéduraux grâce au MCTS.

En automatisant les tests de jeu à l'aide de personas procéduraux basés sur le MCTS, les développeurs peuvent identifier plus rapidement les problèmes potentiels, les déséquilibres de gameplay, ou les comportements inattendus dans le jeu. Cela contribue à améliorer la qualité globale du jeu et à réduire le temps nécessaire pour tester différentes configurations et scénarios.

Ces exemples démontrent comment le MCTS est utilisé dans des jeux vidéo récents pour créer des adversaires intelligents, capables d'analyser et d'évaluer différentes actions possibles, tout en adaptant leurs stratégies en fonction de la situation. Le MCTS permet d'améliorer l'expérience de jeu en offrant des défis plus dynamiques et en rendant les adversaires plus réactifs et imprévisibles dans des jeux aux possibilités immenses.

## 2. Les intelligence artificiel moderne dans les jeux vidéo

Précédemment, nous avons exploré les différents types d'intelligence artificielle classique présente dans les jeux vidéo et leurs impacts sur l'expérience du joueur. Nous allons à présent nous attarder sur des méthodes modernes fonctionnant avec du machine learning et observer leurs possibilités et leurs impacts sur l'expérience du joueur.

---

<sup>11</sup> [Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search - Nature](#)

<sup>12</sup> [Apprentissage automatique - Wikipédia](#)

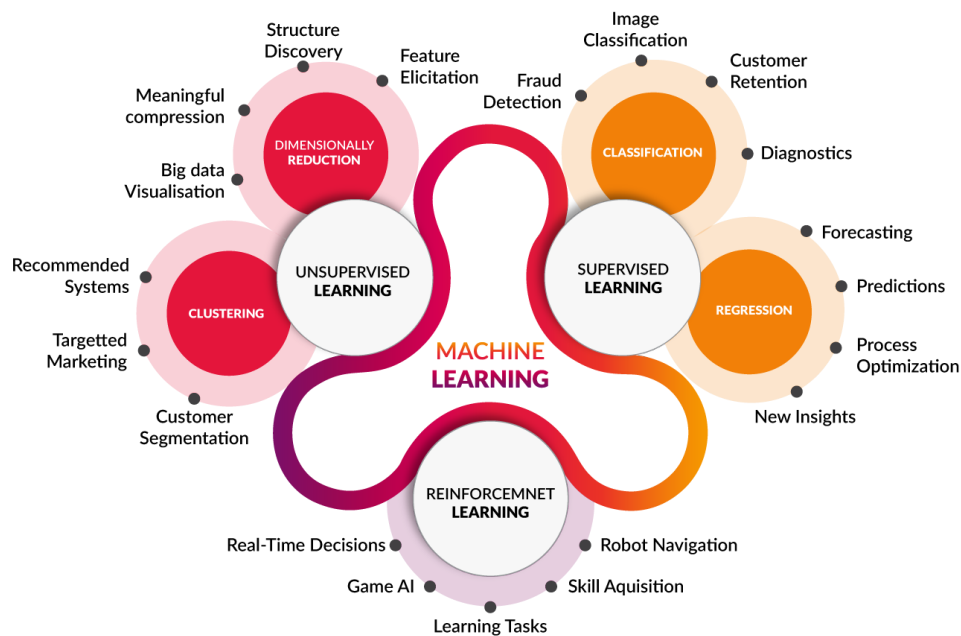
<sup>13</sup> [Christoffer Holmgard - AI for video games](#)

a. Le machine learning

Le machine learning<sup>14</sup> est une sous catégorie de l'intelligence artificielle qui consiste à laisser un algorithme apprendre par lui-même à partir de grande quantité de données.

Il existe plusieurs types d'apprentissage dont 3 principaux :

- Apprentissage supervisée
- Apprentissage non-supervisée
- Apprentissage par renforcement



Chacunes des branches d'apprentissages contiennent elles-mêmes plusieurs branches.

<sup>14</sup> [Machine learning : Définition, fonctionnement, utilisations - Datascientist.com](https://datascientist.com/machine-learning-definition-functioning-uses/)

## i. La génération procédurale

### 1. Qu'est-ce c'est ?

La génération procédurale<sup>15</sup> est une technique utilisée en informatique pour créer du contenu de manière automatique à l'aide d'algorithmes plutôt que de le concevoir manuellement. Cela permet de générer des éléments tels que des niveaux de jeu, des paysages, des textures, des musiques, des personnages, des histoires et bien d'autres encore de manière aléatoire ou en suivant des règles préétablies.

L'avantage de la génération procédurale réside dans sa capacité à produire une quantité infinie de contenu varié et unique, offrant ainsi une expérience renouvelée à chaque utilisation. Au lieu de créer chaque élément individuellement, les développeurs peuvent créer des règles et des paramètres pour guider la génération, permettant ainsi à l'algorithme de produire du contenu adapté.

La génération procédurale est largement utilisée dans l'industrie du jeu vidéo. Par exemple, dans les jeux de type "rogue like"<sup>16</sup>, les niveaux, les objets et les ennemis sont générés de manière procédurale, offrant ainsi une expérience de jeu différente à chaque partie. Dans les jeux sandbox tels que Minecraft<sup>17</sup>, la génération procédurale est utilisée pour créer des mondes ouverts vastes et variés.

### 2. PCGRL

Le PCGRL<sup>18</sup> (Procedural Content Generation via Reinforcement Learning) est un framework qui vise à exploiter l'apprentissage par renforcement pour la génération procédurale de contenu dans les jeux vidéo. Cette approche, bien que

---

<sup>15</sup> [Génération procédurale - Wikipédia](#)

<sup>16</sup> [Comprendre les jeux vidéo. On vous explique : les rogue-like](#)

<sup>17</sup> [La génération procédurale dans les jeux-vidéo - Indius](#)

<sup>18</sup> [PCGRL: Procedural Content Generation via Reinforcement Learning](#)



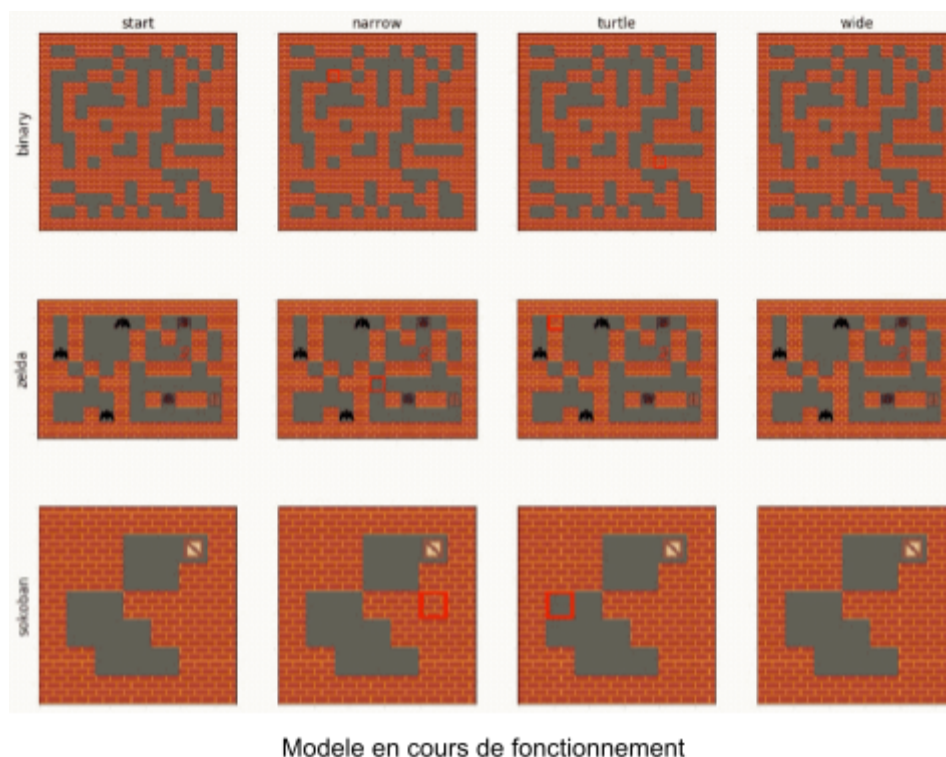
peu intuitive dans le domaine de la génération procédurale, est principalement utilisée pour permettre à une IA d'apprendre à jouer à un jeu. Cependant, le PCGRL l'applique d'une manière novatrice en l'utilisant pour générer des niveaux de jeu.

Le fonctionnement du framework repose sur des niveaux composés de tuiles<sup>19</sup>, qui sont des fragments de niveaux qui peuvent être assemblés pour former un niveau complet. L'IA est entraînée en recevant des récompenses lorsque ses choix de tuiles conduisent à un niveau cohérent, et des pénalités lorsqu'ils conduisent à un niveau incohérent. Au fil de l'apprentissage, l'IA développe des modèles lui permettant de prendre des décisions cohérentes et d'obtenir des récompenses, conduisant ainsi à la création de niveaux cohérents et intéressants.

Le papier de recherche sur ce framework mentionne l'utilisation de tests sur trois jeux différents : Sokoban, The Legend of Zelda et un labyrinthe classique. Ces tests démontrent la capacité du PCGRL à générer des niveaux variés et cohérents pour différents types de jeux.

---

<sup>19</sup> [Tiles and tilemaps overview - MDN](#)



Ce type de système offre des perspectives prometteuses pour les jeux de type rogue-like, où la génération procédurale peut éviter la redondance des niveaux et offrir une meilleure expérience de rejouabilité au joueur. En générant automatiquement des niveaux cohérents et intéressants, les développeurs peuvent créer une infinité de contenus sans intervention humaine directe, offrant ainsi aux joueurs une expérience renouvelée à chaque partie.

### 3. GPCG-GPN

Fully Differentiable Procedural Content Generation through Generative Playing Networks<sup>20</sup> (GPCG-GPN) est une approche qui combine des modèles génératifs<sup>21</sup> et l'apprentissage par renforcement profond dans le but de générer du contenu

<sup>20</sup> [Fully Differentiable Procedural Content Generation through Generative Playing Networks](#)

<sup>21</sup> [Generative Model ou Modèle Génératif : Tout comprendre - Datascientest.com](#)

procédural dans les jeux vidéo. Elle a été introduite dans un article de recherche par Santoleri et al. en 2018.

L'idée clé derrière GPCG-GPN est d'exploiter la puissance des modèles génératifs, en particulier les autoencodeurs variationnels<sup>22</sup> (VAE), et de les entraîner de manière à permettre une génération de contenu différentiable. Cela permet l'utilisation de techniques d'optimisation basées sur les gradients, telles que la rétropropagation<sup>23</sup>, pour guider le processus de génération.

Le framework se compose de deux composants : le réseau de jeu génératif (GPN) et le réseau de génération de contenu (CGN). Le GPN est un agent qui apprend à jouer à un jeu grâce à l'apprentissage par renforcement. Il interagit avec l'environnement du jeu et reçoit des récompenses en fonction de ses actions. Le CGN, quant à lui, est un VAE qui est entraîné à reconstruire le contenu du jeu, comme les niveaux ou les textures, à partir des états internes du GPN.

Le processus d'entraînement implique une optimisation conjointe du GPN et du CGN. Le GPN apprend à jouer efficacement au jeu en maximisant les récompenses attendues, tandis que le CGN apprend à générer du contenu de jeu de haute qualité en minimisant l'erreur de reconstruction. En rétropropageant à travers le CGN, les gradients peuvent se propager jusqu'au GPN, permettant ainsi un entraînement différentiable de bout en bout.

Les avantages de GPCG-GPN incluent la capacité à générer un contenu de jeu diversifié et de haute qualité tout en maintenant le contrôle sur la sortie générée. La nature différentiable de l'approche permet un contrôle précis et une optimisation du contenu généré en fonction d'objectifs de conception spécifiques ou de contraintes.

---

<sup>22</sup> [qu'est-ce-qu'un-auto-codeur-variationnel ? - datascience.eu](https://datascience.eu)

<sup>23</sup> [Deep learning : La rétropropagation du gradient - Miximum](#)

En combinant des modèles génératifs et l'apprentissage par renforcement, GPCG-GPN ouvre de nouvelles possibilités pour la génération procédurale dans les jeux vidéo. Il fournit un cadre pour créer du contenu qui est non seulement généré de manière procédurale, mais aussi adaptable et personnalisable en fonction de critères spécifiques. Cela peut conduire à des expériences de jeu améliorées, à une rejouabilité accrue et à des processus de création de contenu efficaces dans le développement de jeux.

#### 4. Controllable Procedural Content Generation via Constrained Multi-Dimensional Markov Chain Sampling

"Controllable Procedural Content Generation via Constrained Multi-Dimensional Markov Chain Sampling"<sup>24</sup> est une approche de génération de contenu procédural contrôlable basée sur l'échantillonnage de chaînes de Markov<sup>25</sup> multidimensionnelles contraintes. Cette méthode a été présentée dans un article de recherche et propose une manière innovante de générer du contenu de jeu vidéo.

Cette approche utilise des modèles mathématiques appelés chaînes de Markov multidimensionnelles pour capturer les relations et les dépendances entre différentes caractéristiques du contenu. Ces modèles sont ensuite contraints par des règles et des contraintes spécifiques que vous définissez.

En utilisant des algorithmes intelligents, le système génère du contenu en suivant les règles et les contraintes que vous avez fixées. Cela vous permet d'avoir un contrôle précis sur le type de contenu généré. Par exemple, vous pouvez spécifier que les niveaux doivent avoir une certaine longueur, que les ennemis doivent

---

<sup>24</sup> [Controllable Procedural Content Generation via Constrained Multi-Dimensional Markov Chain Sampling](#)

<sup>25</sup> [Chaîne de Markov - Université Paris Saclay](#)

avoir certaines compétences ou que les objets doivent apparaître à des endroits spécifiques.

Cette approche offre aux développeurs la possibilité de combiner la créativité de la génération procédurale avec un contrôle précis sur le résultat final. Cela permet de créer des jeux plus variés, plus intéressants et plus adaptés aux préférences des joueurs.

## ii. PNJ

Le machine learning est souvent considéré comme une solution prometteuse pour améliorer les intelligences artificielles des personnages non-joueurs dans les jeux vidéo. Son utilisation peut rendre l'expérience de jeu plus immersive en permettant aux PNJ d'adopter des comportements plus intelligents et réalistes. Cependant, il est important de trouver un équilibre pour éviter que les IA deviennent trop intelligentes, au risque de compromettre l'expérience du joueur.

### 1. ML Agents

Dans le moteur de jeux Unity, les développeurs ont intégré un package officiel appelé "ML Agents"<sup>26</sup> régulièrement mis à jour qui permet de créer facilement des agents d'apprentissage par renforcement. Ces agents jouent de nombreuses parties afin de comprendre leur objectif dans un environnement donné<sup>27</sup>.

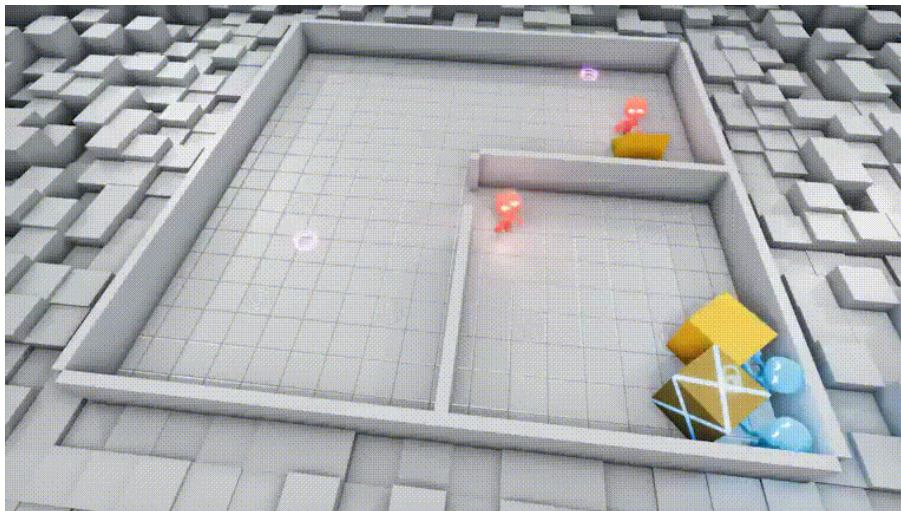
Une des découvertes intéressantes de ces agents est leur capacité à détecter des bugs. Dans une vidéo d'OpenAI où des agents jouent à cache-cache, on peut observer l'un des agents utilisant un cube pour passer à travers un

---

<sup>26</sup> [The Unity Machine Learning Agents Toolkit - Github](#)

<sup>27</sup> [Multi Agents Hide and Seek - Youtube](#)

mur, ce qui n'avait pas été prévu par les développeurs. Cela met en évidence la capacité des agents à trouver des solutions inattendues<sup>28</sup>.



Cependant, les applications directes de ces agents dans les jeux vidéo sont encore limitées en raison de leur manque d'intérêt pour l'expérience des joueurs. Néanmoins, il existe des cas d'utilisation potentiels intéressants, comme un drone capable d'explorer et de fournir des informations au joueur, présenté dans une vidéo YouTube intitulée "Explorer Drone | Unity ML-Agents"<sup>29</sup>.

## 2. Forza Motorsport Drivatar

Dans le jeu Forza Motorsport 6, un jeu de courses automobile, les développeurs ont introduit une fonctionnalité appelée "Drivatar". Il s'agit de bots qui portent les noms des amis du joueur sur la plateforme et qui sont conçus pour apprendre à jouer comme ces amis<sup>30</sup>. Dans Forza, toutes les données de jeu sont stockées dans le cloud et utilisées pour que votre

<sup>28</sup> [Emergent tool use from multi-agent - OpenAI](#)

<sup>29</sup> [Explorer Drone | Unity ML-Agents - Youtube](#)

<sup>30</sup> [Forza Motorsport 6 & the Evolution of Machine Learning in Drivatars - Youtube](#)

Drivatar joue de manière similaire à vous. Ainsi, lorsque vous jouez seul et participez à une course, vous remarquerez que les Drivatars de vos amis se comportent comme eux.

Cette fonctionnalité permet d'ajouter une dimension sociale au jeu, où les joueurs peuvent interagir avec les Drivatars de leurs amis même en jouant seuls. Cela crée une expérience plus personnalisée et réaliste, où les compétences et les styles de conduite des amis sont reflétés dans le comportement des Drivatars.

### 3. IA Générative

L'intelligence artificielle générative<sup>31</sup> est une technologie qui permet de créer du contenu en réponse à une demande ou un stimulus. Ces modèles d'IA sont entraînés sur de vastes quantités de données afin de générer des contenus similaires avec des variations. Ces dernières années, des modèles tels que ChatGPT pour la génération de texte et MidJourney pour la génération d'images ont suscité un engouement considérable.

L'intelligence artificielle générative présente un grand intérêt tant pour les développeurs de jeux vidéo que pour les joueurs eux-mêmes. Des cas d'utilisation émergent ou sont envisagés dans ce domaine. Cette technologie offre des possibilités de créer des personnages non-joueurs réalistes et imprévisibles, de générer des quêtes et des scénarios de manière dynamique, ou encore de créer des environnements visuels uniques et évolutifs.

Cependant, l'utilisation de l'intelligence artificielle générative soulève également des questions éthiques et de contrôle. La capacité de générer du

---

<sup>31</sup> [Generative AI](#)



contenu de manière autonome peut parfois entraîner des résultats imprévisibles ou indésirables. Les développeurs et les joueurs doivent donc rester vigilants et encadrer l'utilisation de ces technologies afin de garantir une expérience vidéoludique enrichissante et sécurisée.

a. Nvidia Omniverse Audio2Face

Omniverse Audio2Face<sup>32</sup> est un outil qui permet de générer des animations faciales expressives à partir d'une source audio.



b. Nvidia Avatar Cloud Engine (ACE)

Nvidia a récemment présenté une démo vidéo lors du COMPUTEX 2023<sup>33</sup> d'un outil qui permettrait aux créateurs de jeux vidéo d'implémenter des PNJ capable de tenir des conversations intelligentes et non scriptées avec le joueur en fonction d'un contexte et d'une personnalité<sup>34</sup>.

Cette technologie utilise :

---

<sup>32</sup> [Omniverse Audio2Face AI Powered Application - Nvidia](#)

<sup>33</sup> [COMPUTEX Taipei - May 30 - June 2, 2023 | Nvidia - Nvidia](#)

<sup>34</sup> [Introducing NVIDIA ACE For Games - Spark Life Into Virtual Characters With Generative AI - Nvidia](#)



- Nvidia NeMo<sup>35</sup> qui fournit des modèles de langage permettant de créer des histoires et des personnalités de personnages.
- Nvidia Riva<sup>36</sup> qui permet la reconnaissance vocale et la transformation de texte en synthèse vocale.
- Nvidia Omniverse Audio2Face cité précédemment.

Cette combinaison de technologies permet de créer des personnages non jouables unique avec des conversations inédites et une animation adaptée à celle-ci. Elle rend l'expérience immersive et unique pour chaque joueur.

### iii. La triche

La lutte contre la triche dans les jeux en ligne est un défi majeur pour les éditeurs depuis de nombreuses années. Ils doivent constamment trouver des moyens de détecter des méthodes de triche de plus en plus dissimulées et difficiles à repérer. Ne pas parvenir à détecter et traiter les cas de triche peut décevoir les joueurs, générer des critiques négatives et ternir l'image du jeu.

Pour relever ce défi, certaines solutions utilisent le machine learning pour détecter les tricheurs dans les jeux vidéo. L'une des premières entreprises à avoir fait parler d'elle avec un tel système est Riot Games, notamment avec leur jeu Valorant. Ce jeu est accompagné d'un logiciel obligatoire appelé Vanguard, qui a suscité beaucoup d'attention. Le système est réputé pour être efficace, voire trop efficace. En effet, de nombreux joueurs ont été bannis de manière incorrecte<sup>37</sup> pour tricherie, alors qu'ils étaient innocents<sup>38</sup>.

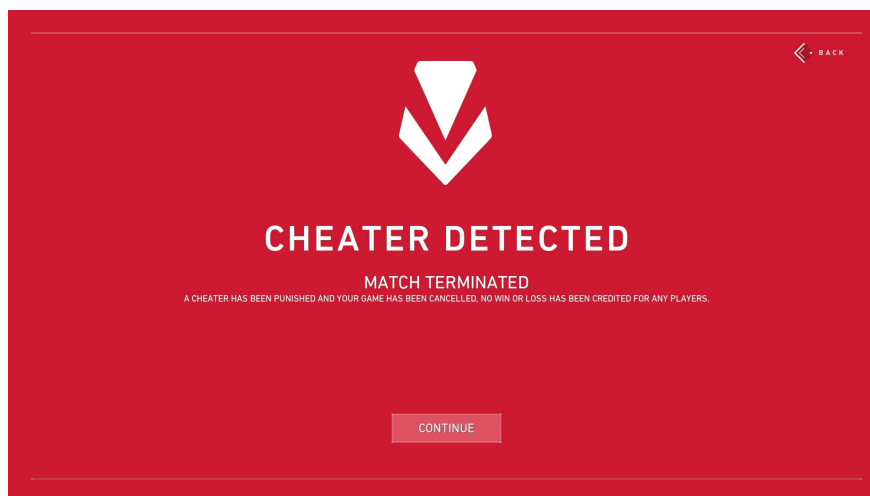
---

<sup>35</sup> [NeMo Large Language Models - Nvidia](#)

<sup>36</sup> [Speech AI SDK - Nvidia](#)

<sup>37</sup> [Un streamer banni en live sur Valorant pour une raison étrange - Dexerto](#)

<sup>38</sup> [My valorant account got banned for no reason... - Reddit](#)



Ces systèmes de détection de triche basés sur le machine learning utilisent des algorithmes sophistiqués pour analyser les schémas de jeu, les mouvements des joueurs, les statistiques et d'autres données pertinentes. Ils cherchent des signaux indiquant des comportements anormaux ou suspects qui pourraient être liés à la triche. Cependant, en raison de la complexité des modèles d'apprentissage automatique, il est possible que des faux positifs se produisent, entraînant des erreurs de bannissement.

Une nouvelle solution open-source, appelée Waldo Vision, a récemment émergé. Ce logiciel a pour objectif d'analyser le gameplay et de fournir une probabilité qu'un joueur ait triché<sup>39</sup>.

L'émergence de solutions comme Waldo Vision témoigne de l'importance accordée par les développeurs à la lutte contre la triche dans les jeux en ligne. Ces outils offrent un soutien supplémentaire aux efforts visant à maintenir un environnement de jeu équitable et à protéger l'expérience des joueurs.

---

<sup>39</sup> [Detecting Cheaters Using Deep Learning \(Waldo Vision Technical Update\) - Youtube](#)

## V. Conclusion

En conclusion, l'impact de l'intelligence artificielle sur l'expérience vidéoludique des joueurs est indéniable. L'intégration de l'IA dans les jeux vidéo a ouvert de nouvelles possibilités en termes d'interactions, de génération procédurale, de comportements des personnages non-joueurs et de détection de la triche. Ces avancées technologiques ont le potentiel d'améliorer l'immersion, la variété, la personnalisation et la qualité globale des jeux vidéo.

L'utilisation de techniques telles que le machine learning, les réseaux antagonistes génératifs, les arbres de comportement et les méthodes de recherche de chemin permet de créer des PNJ plus réactifs, des mondes virtuels dynamiques, des dialogues plus naturels et des niveaux générés de manière procédurale. Les développeurs peuvent tirer parti de ces outils pour offrir des expériences de jeu plus captivantes, stimulantes et personnalisées.

Cependant, il reste certains défis et considérations à prendre en compte. La nécessité de trouver le bon équilibre entre automatisation et conception intentionnelle, la vigilance face aux problèmes potentiels tels que les faux positifs dans la détection de la triche, les méthodes utilisées pour implémenter l'intention des game designer à l'aide de l'IA et la qualité de celles-ci sont des aspects importants à prendre en compte. Les développeurs doivent continuellement évaluer et améliorer leurs systèmes afin de garantir une expérience de jeu équitable, immersive et satisfaisante pour les joueurs.

Dans l'avenir, il est probable que nous assisterons à une évolution continue de l'intelligence artificielle dans le domaine du jeu vidéo. Les avancées technologiques, les recherches en cours et les innovations émergentes ouvriront de nouvelles possibilités et amélioreront encore davantage l'expérience vidéoludique. L'intelligence artificielle continuera d'être un moteur de transformation pour les jeux vidéo, enrichissant notre interaction avec les mondes virtuels et renforçant l'immersion des joueurs.

