IA et Nous

Résolution de problèmes et Jeux

L'IA moderne

Actuellement, depuis le tournant du millénaire environ, l'IA est de nouveau en plein essor.

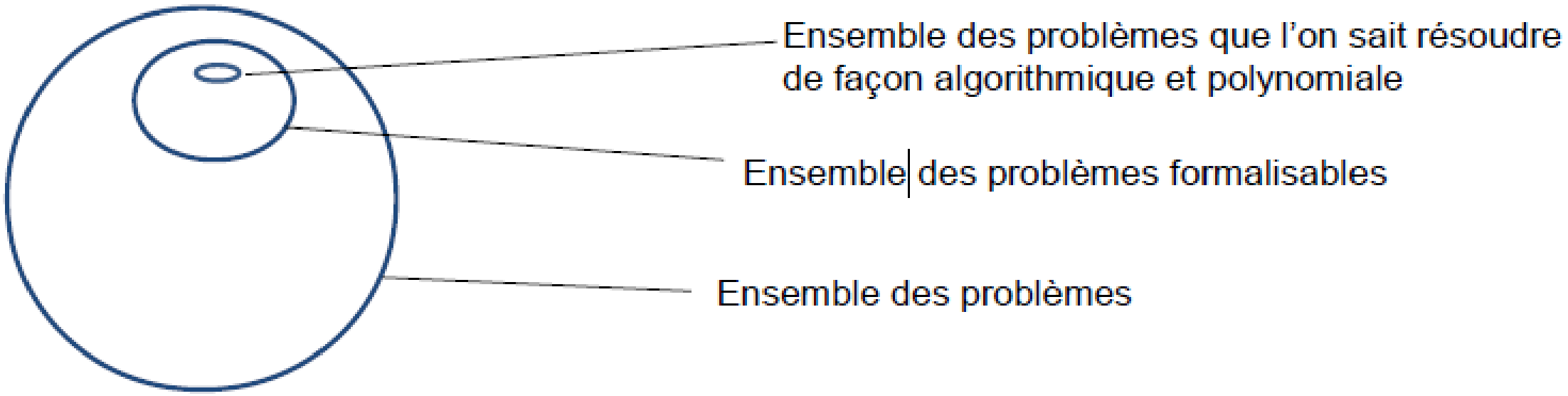
Les méthodes modernes en matière d'IA tendent à se concentrer sur la **division d'un problème en un certain nombre de problèmes plus petits, isolés et bien définis**, et à les résoudre **l'un après l'autre**.

L'IA moderne permet de contourner les grandes questions sur le **sens de l'intelligence, de l'esprit et de la conscience,** et de se concentrer sur la mise en place de solutions pratiques à des problèmes concrets.

Une autre caractéristique des méthodes d'IA moderne, étroitement liées au travail dans le monde réel, chaotique et complexe, est la capacité de **gérer l'incertitude à l'aide des probabilités**

Enfin, la phase ascendante que connaît actuellement l'IA est largement due au retour **des réseaux de neurones et de techniques d'apprentissage profond** capables de traiter mieux que jamais les images et autres données du monde réel.

Résolution de problèmes



Problèmes formels résolus par algorithmes polynomiaux : résolution d'équations en variables entières, tester la connexité d'un graphe, …

Problèmes formalisables résolus par algorithmes non polynomiaux : problème du voyageur de commerce, problème du sac à dos, diagnostics, …

Problèmes peu formalisables résolus par systèmes heuristiques, réseaux de neurones, etc : gagner aux échecs, reconnaître un visage, ...

Le voyageur de commerce

Pour n villes on a $\frac{(n-1)!}{2}$ chemins possibles

Pour 15 villes on a 43 589 145 600 chemins possibles

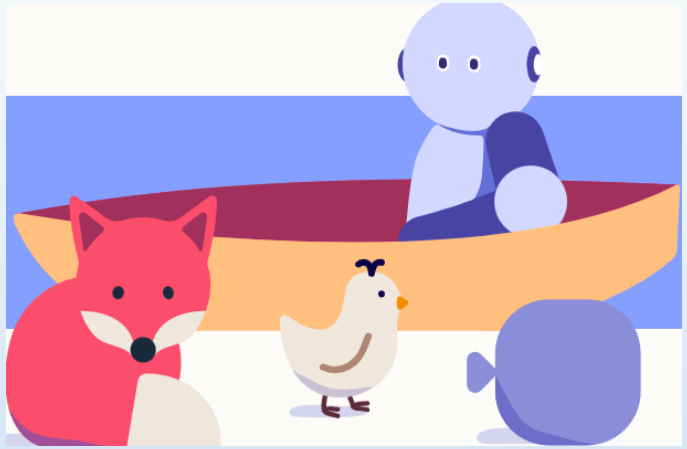
Résolution de problèmes

Nous nous limiterons à deux types de problèmes :

- *La recherche et la planification en milieu statique, avec un seul «agent»*
- *Les jeux à deux joueurs («agents») en concurrence l'un avec l'autre*

Ces catégories sont suffisamment génériques pour illustrer les principaux concepts et techniques.

Casse tête de la traversée du poulet



Un robot sur** une barque doit faire traverser un cours d'eau à trois cargaisons : **un renard, un poulet et un sac d'aliments pour volailles.

*Le robot est **capable d'empêcher** les animaux de faire des bêtises s'il se trouve à proximité, mais s'il en a l'occasion, le **renard mangera le poulet** et le **poulet n'hésitera pas à picorer le sac d'aliments**.*

*Le robot est seul capable de faire avancer la barque et ne peut embarquer **qu'une ou deux** cargaisons avec lui.*

Comment le robot peut-il faire traverser le cours d'eau à toute sa cargaison ?

Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

Table des états

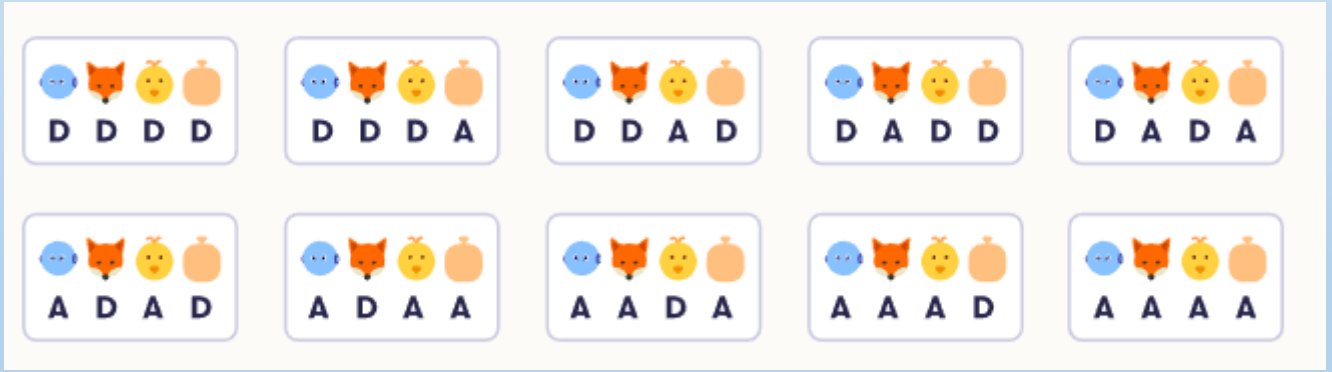
État	Robot	Renard	Poulet	Sac d'aliments
DDDD	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ
DDDA	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée
DDAD	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
DDAA	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
DADD	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ
DADA	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
DAAD	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ
DAAA	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
ADDD	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ
ADDA	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée
ADAD	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
ADAA	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
AADD	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ
AADA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
AAAD	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ
AAAA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée

Elimination des états interdits

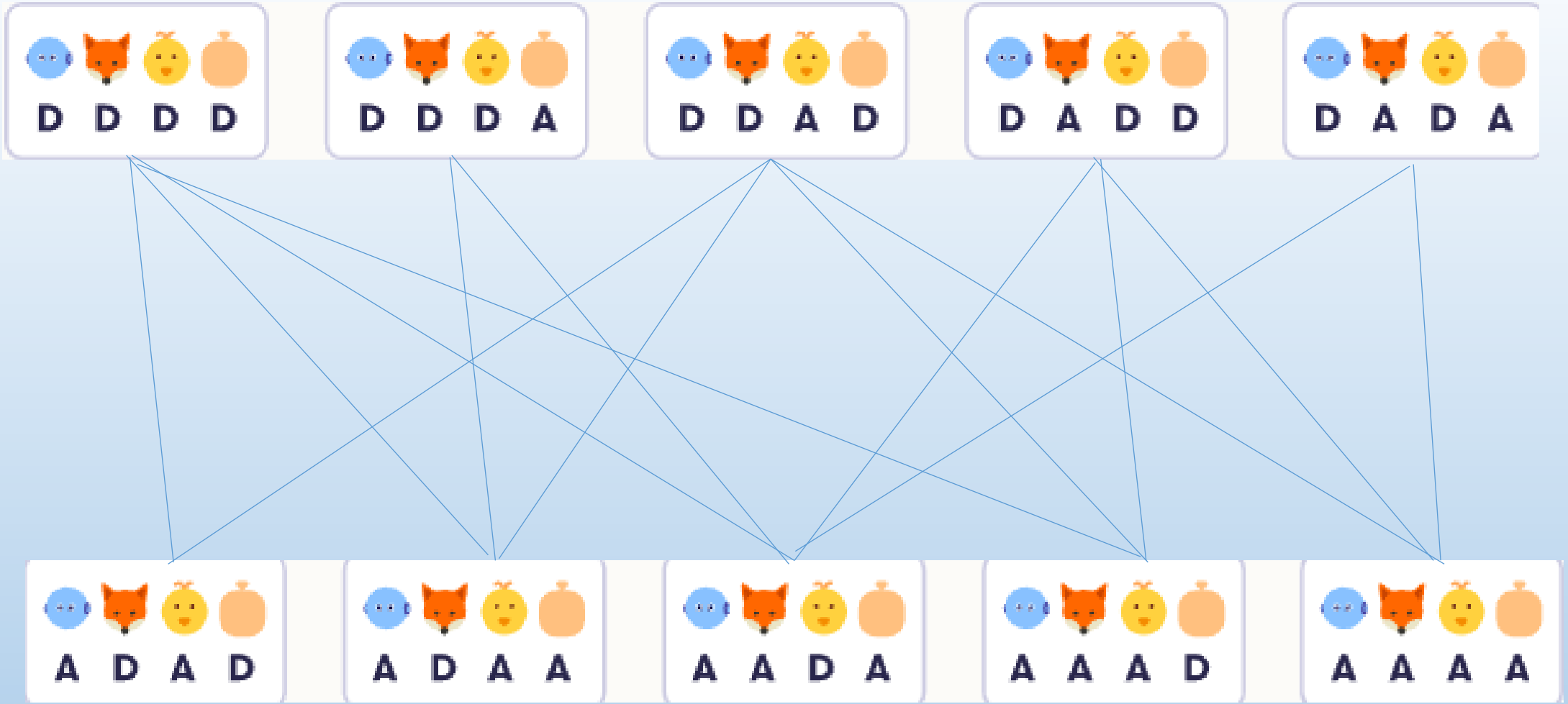
État	Robot	Renard	Poulet	Sac d'aliments
DDDD	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ
DDDA	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée
DDAD	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
DDAA	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
DADD	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ
DADA	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
DAAD	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ
DAAA	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
ADDD	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ
ADDA	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée
ADAD	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
ADAA	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
AADD	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ
AADA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
AAAD	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ
AAAA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée

Elimination des états interdits

État	Robot	Renard	Poulet	Sac d'aliments
DDDD	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ
DDDA	Rive de départ	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée
DDAD	Rive de départ	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
DADD	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive de départ
DADA	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
ADAD	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive de départ
ADAA	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée
AADA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ	Rive d'arrivée
AAAD	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive de départ
AAAA	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée	Rive d'arrivée



Transitions

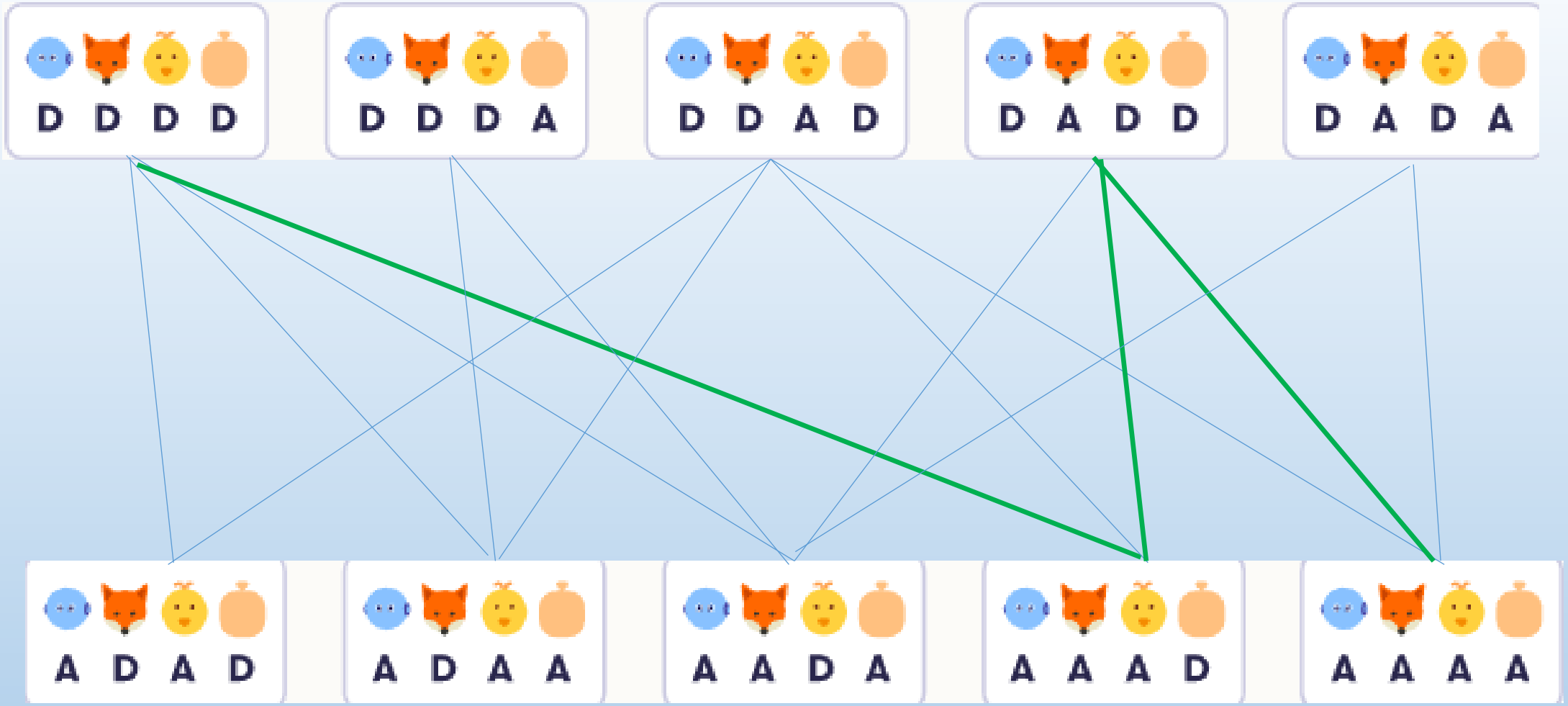


Les coûts

Les différentes transitions ne sont pas toutes identiques.

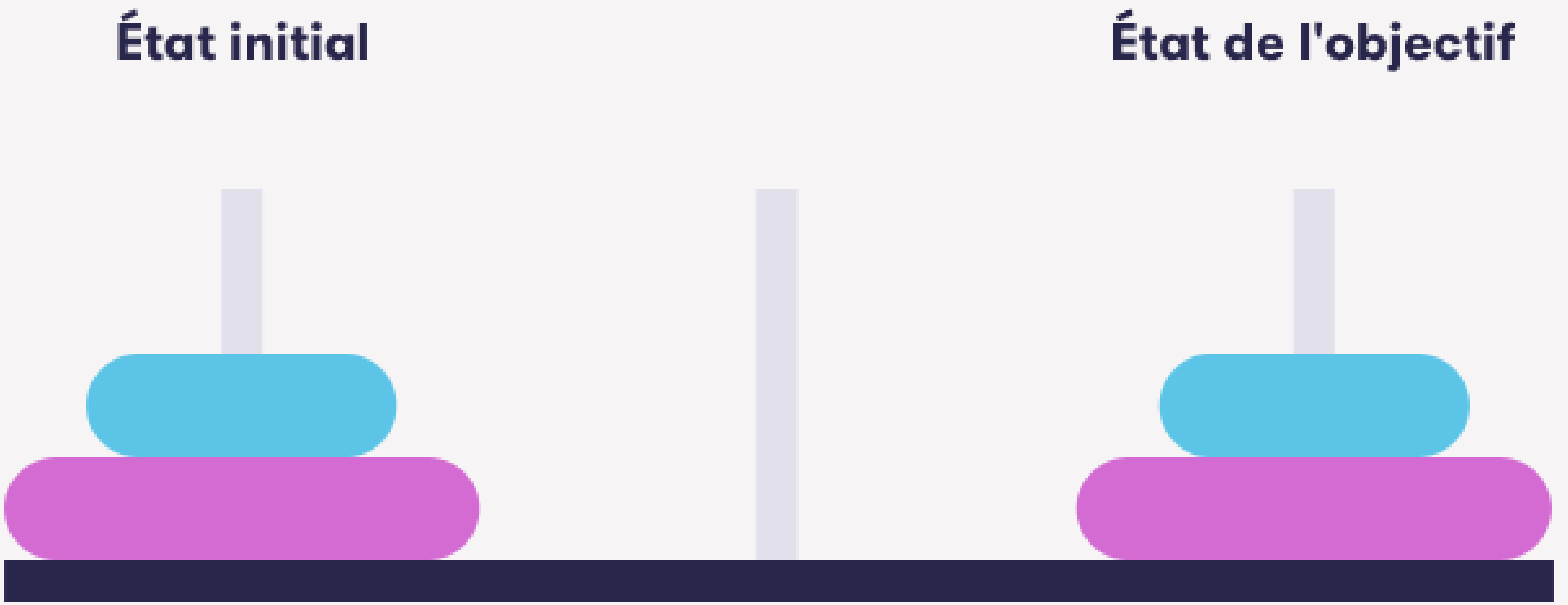
Elles peuvent varier d'une manière qui en rend certaines ***préférables ou moins « coûteuses »*** *(pas nécessairement au sens monétaire), tandis que d'autres le sont* ***plus****.*

Transitions



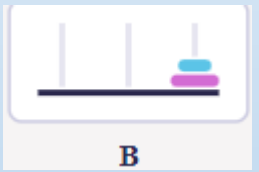
Les Tours de Hanoi

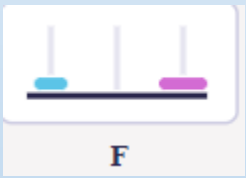
Cette image montre l'état initial et l'état à atteindre. Il existe sept autres états, de sorte que le nombre total d'états possibles est de neuf: trois manières de placer le grand disque et pour chacune d'entre elles, trois manières de placer le petit disque.



Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

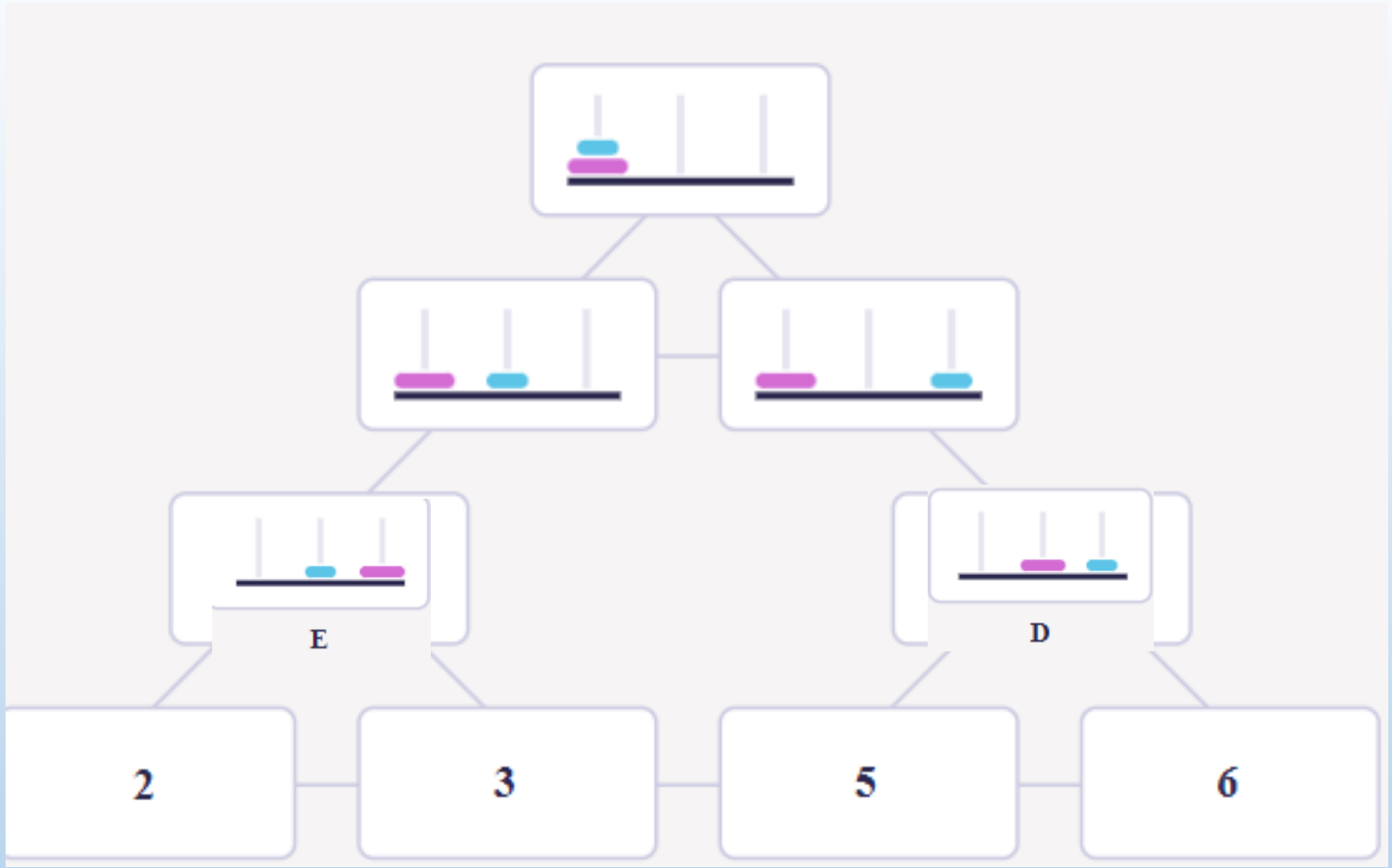
Les Tours de Hanoi

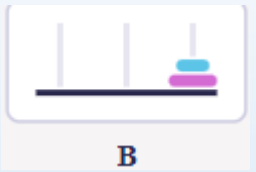




Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

Les Tours de Hanoi





Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

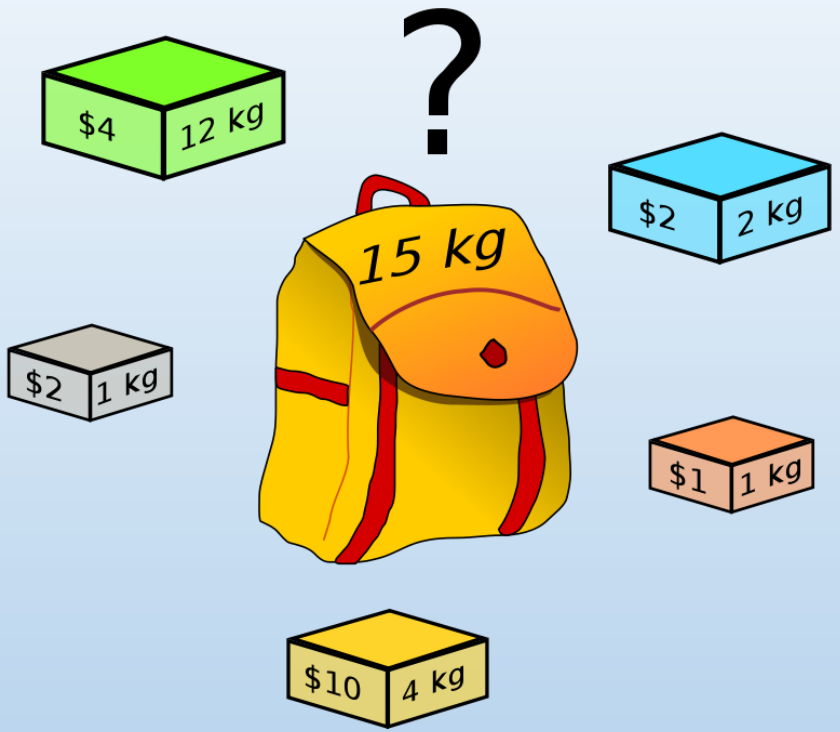
Les Tours de Hanoi

Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

Les Tours de Hanoi

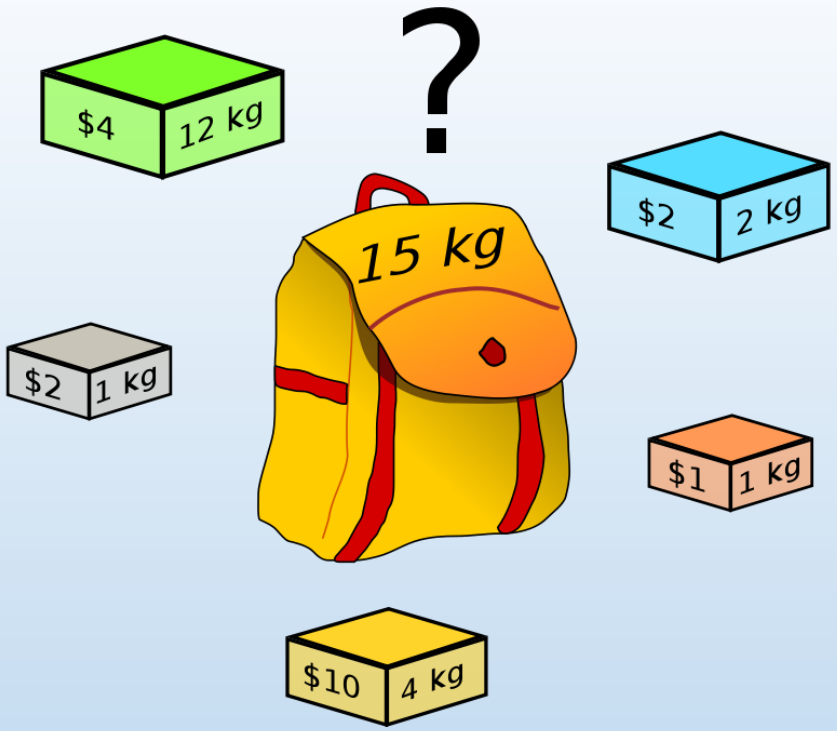
Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

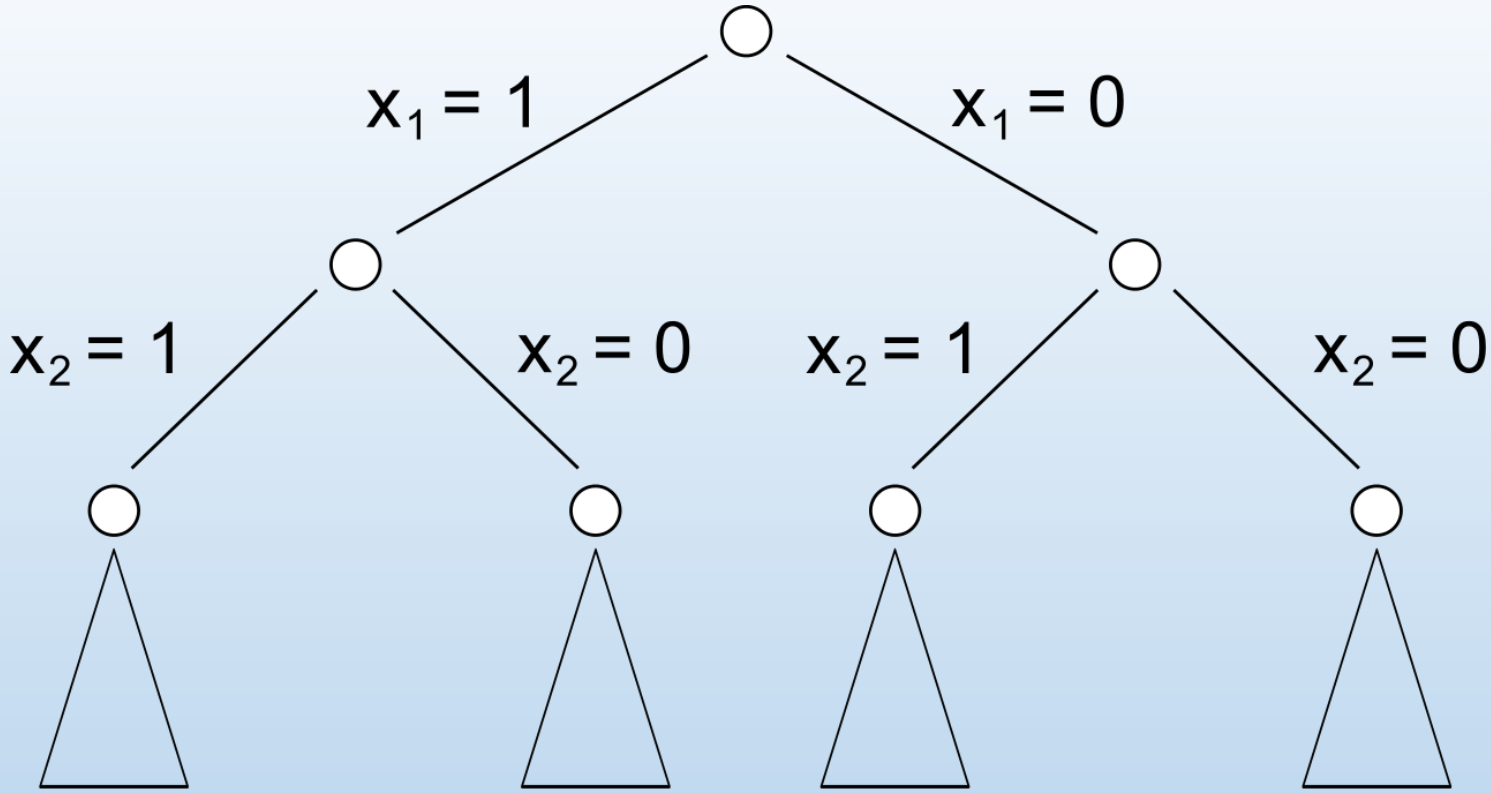
Problème du sac à dos



Le problème du sac à dos : quelles boîtes choisir afin de maximiser la somme emportée tout en ne dépassant pas les 15 kg autorisés ?

Problème du sac à dos





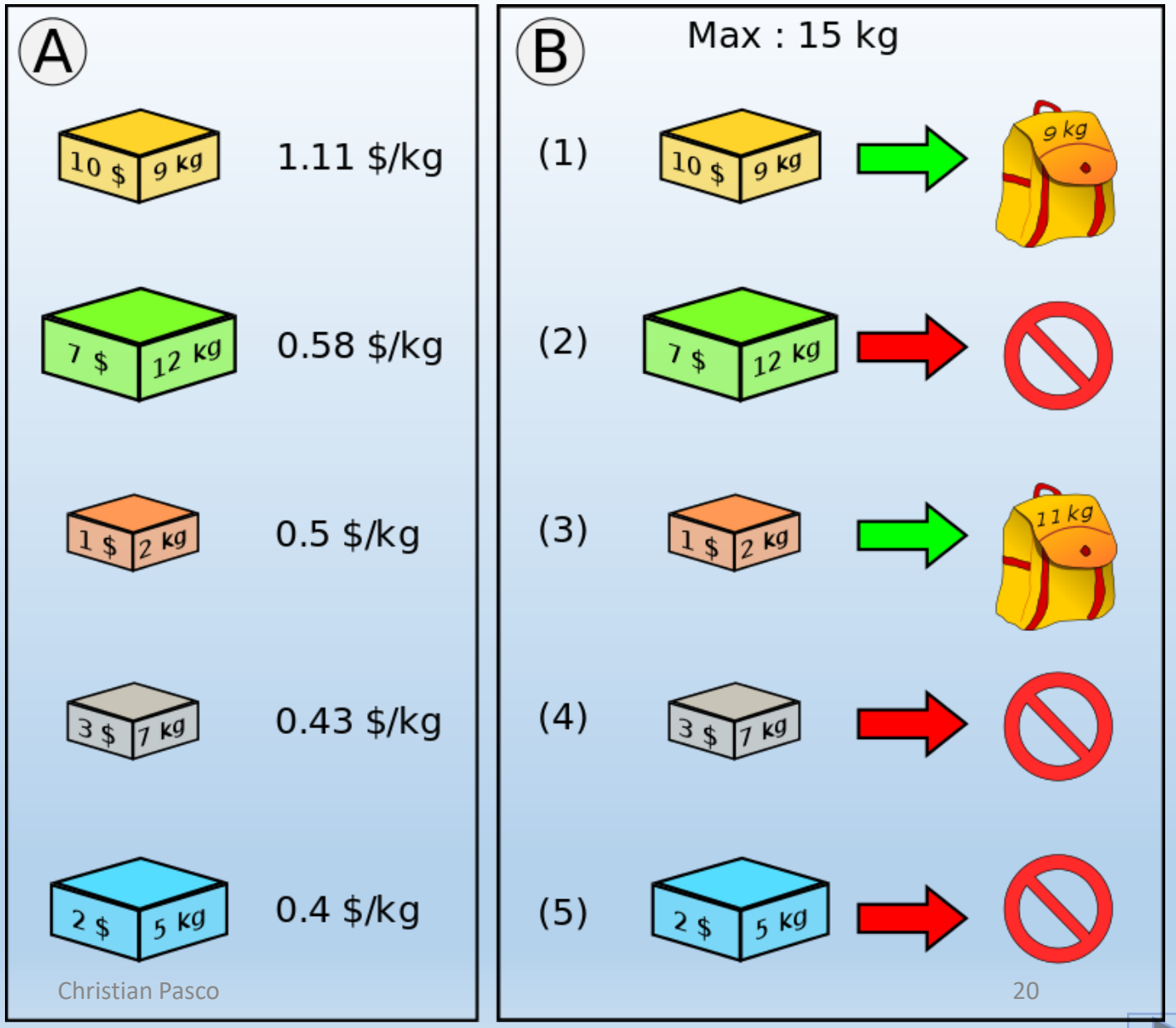
Problème du sac à dos

Les deux phases de l'algorithme glouton.

À gauche : tri des boîtes par ordre d'intérêt (ici en dollars par kilogramme).
À droite : insertion dans l'ordre des boîtes, si cela est possible.

On obtient ici une solution de 11 $ pour 11 kg

alors que la solution optimale est de 12 $ et 14 kg.



Applications

Gestion de portefeuille

Chargement bateau ou avion

Optimisation de la découpe de matériaux : minimisation chutes

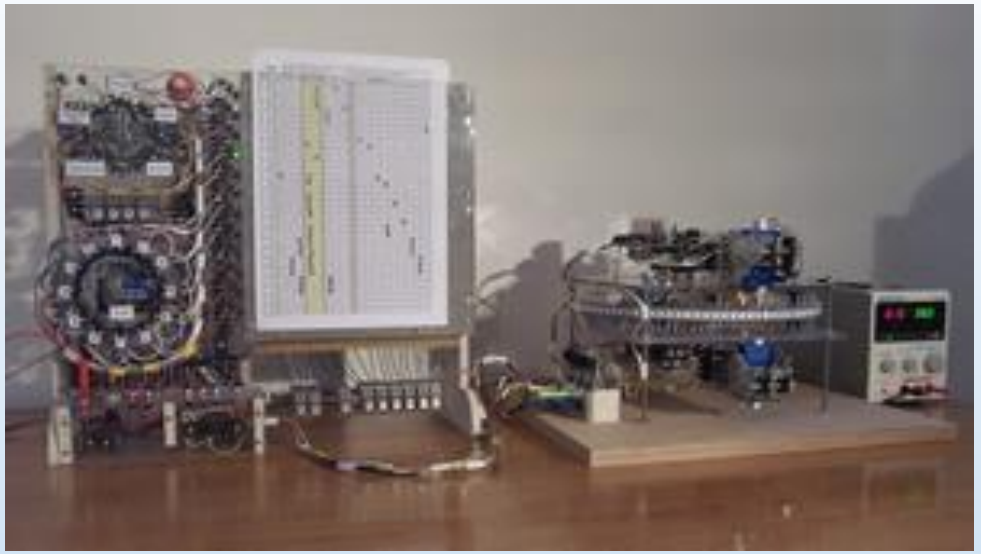
Résolution de problèmes

Déclaration de John McCarthy sur l'IA

«L'étude doit se poursuivre sur la base de l'hypothèse selon laquelle tous les aspects de l'apprentissage ou toute autre caractéristique de l'intelligence peuvent, en principe, être ***décrits avec une telle précision*** *qu'une machine puisse être conçue pour les simuler.»*

Machine de Turing- Programmation

Le rôle de Turing lors de la Seconde Guerre mondiale



Turing a conçu un appareil très simple, capable de calculer tout ce qui est calculable.
Son appareil est connu sous le nom de machine de Turing.

Ordinateurs programmables :

utilisés pour effectuer différentes tâches en fonction de ce pour quoi ils ont été programmés.

Au lieu d'avoir à construire un nouvel appareil pour chaque tâche, on utilise le même ordinateur pour de nombreuses tâches.

C'est le concept de la programmation.

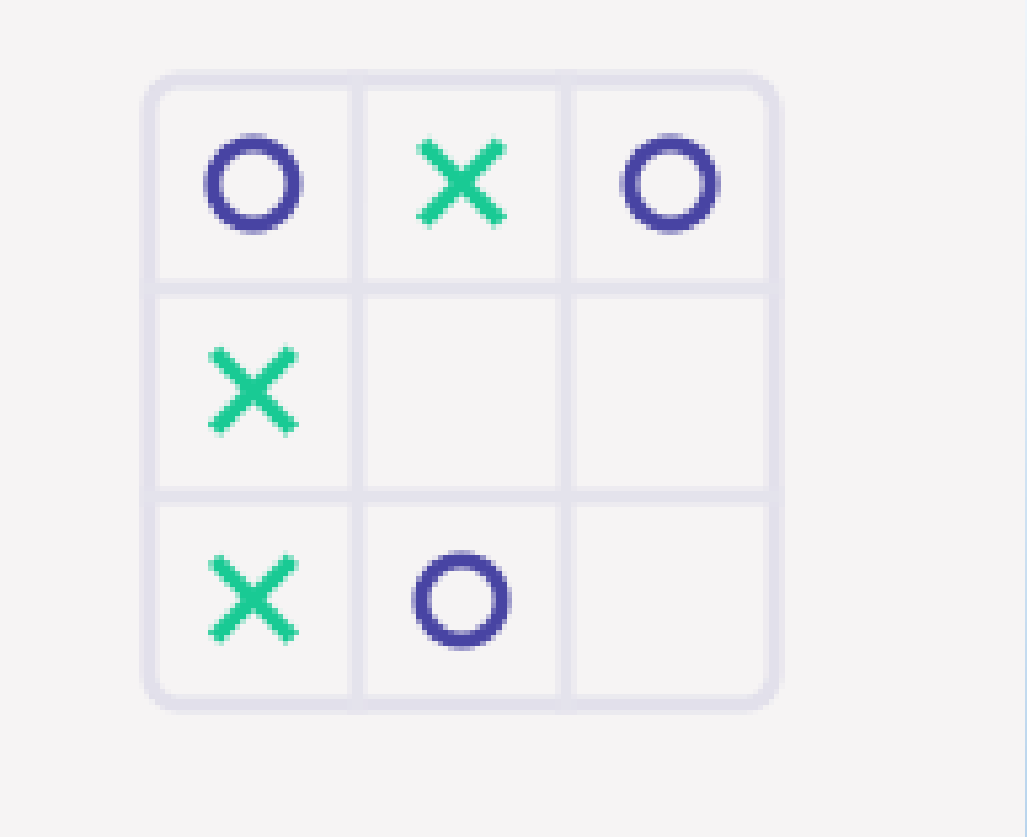
Recherche et Jeux

*Dans les années **1950,** les problèmes **d'IA** les plus caractéristiques (outre le déchiffrement des codes nazis) concernaient **les jeux**.*

Les jeux offraient un domaine restreint pratique, facile à formaliser.

*Les jeux de plateau tels que les **dames**, les **échecs** et **le jeu de Go** ont inspiré, et inspirent toujours, d'innombrables chercheurs.*

Le Jeu OXO



Source : Université Helsinki, MOOC Reaktor 2021

Jeux

Profondeur

OXO

3 Min

Au tour de Min de placer un O

1

2 Max

2 3 4

1 Min

5 6 7 8 9 10

0 Max

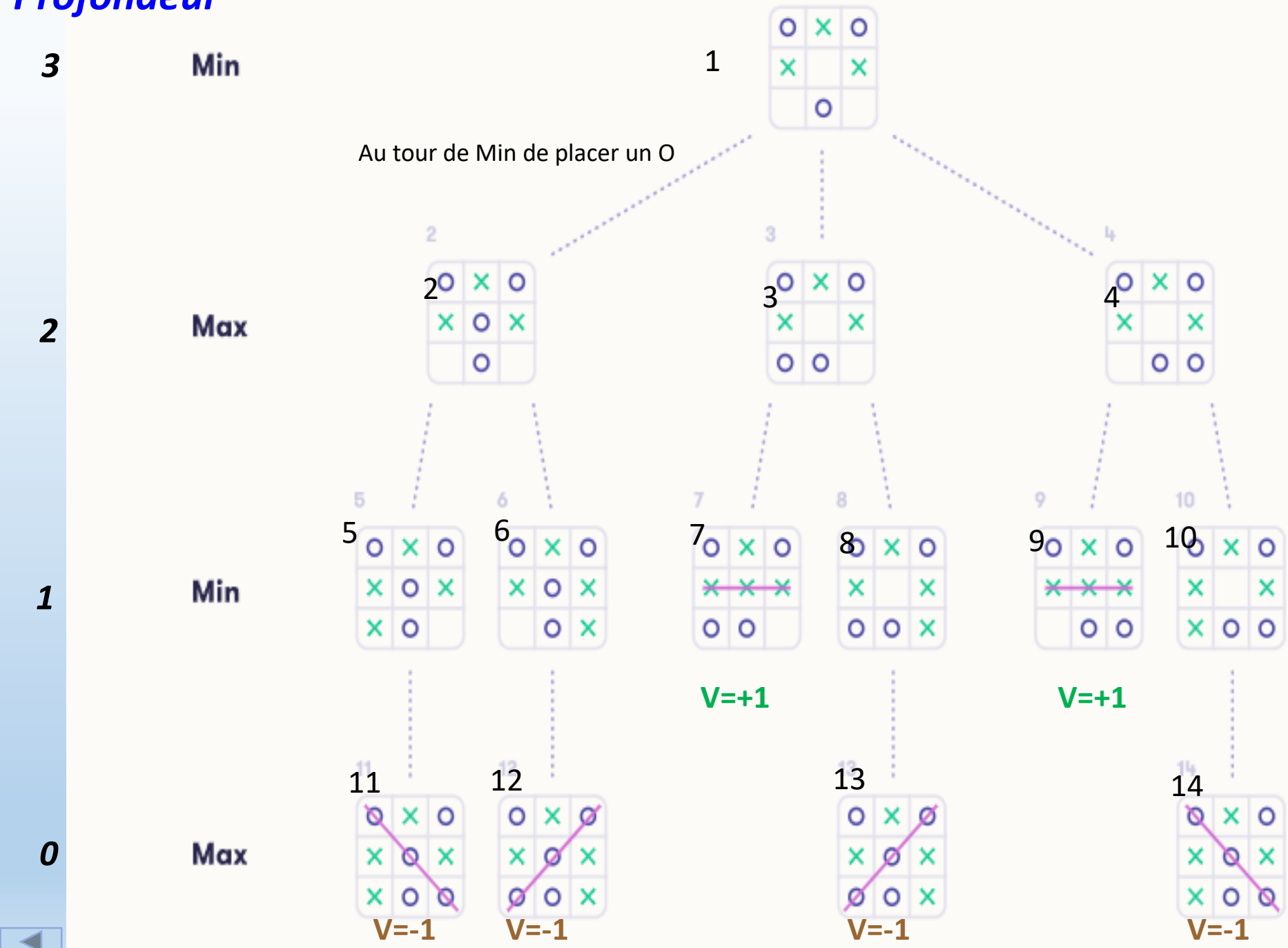
11 12 13 14

MIN O -1

MAX X +1

Pas de gagnant 0

Profondeur


3
Min
2
Max
1
Min
0
Max
1
Au tour de Min de placer un O
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
V=+1
V=+1
V=-1
V=-1
V=-1
V=-1

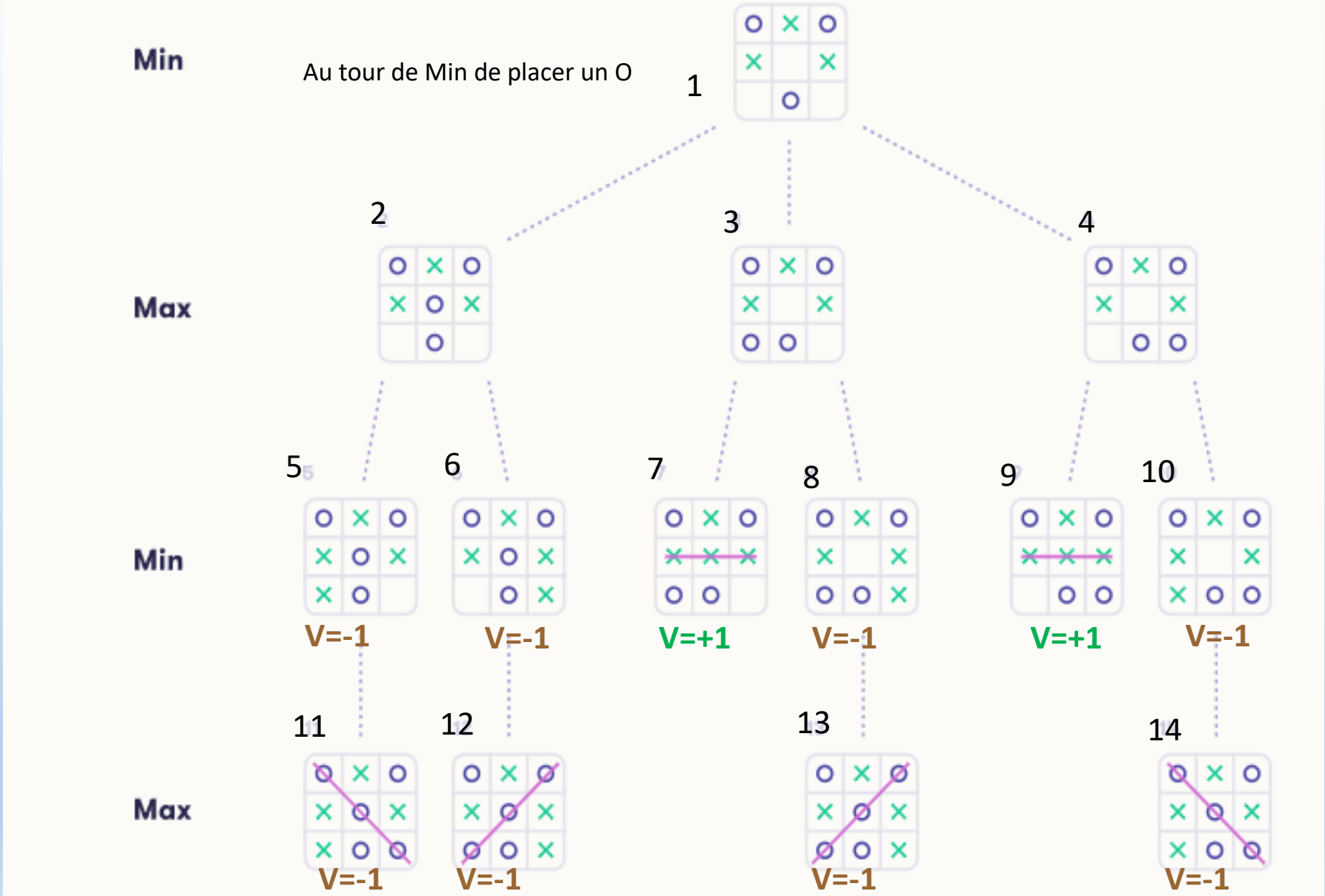
Jeux

Profondeur

OXO

MIN O -1

MAX X +1



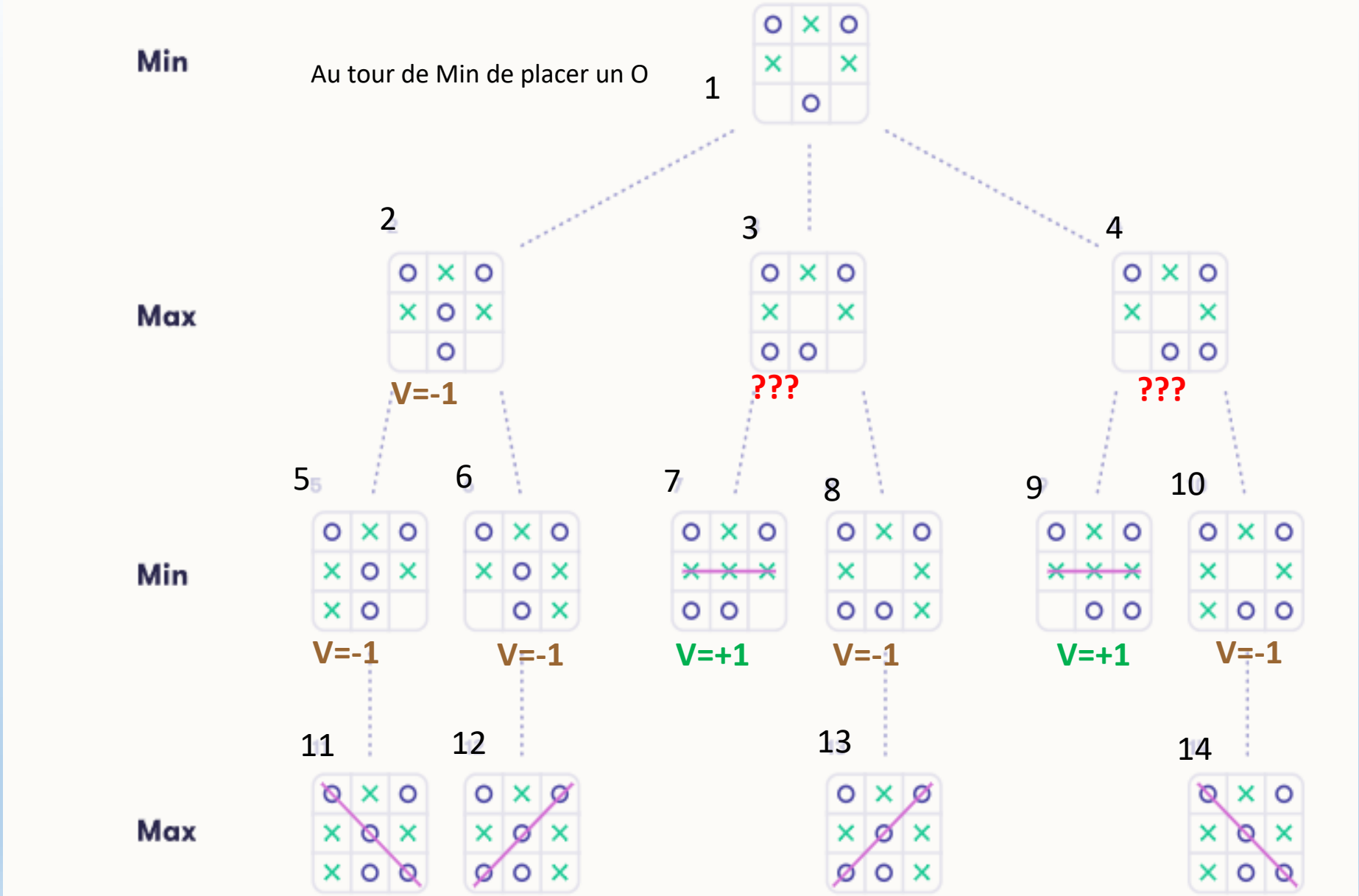
Jeux

Profondeur

OXO

MIN O -1

MAX X +1



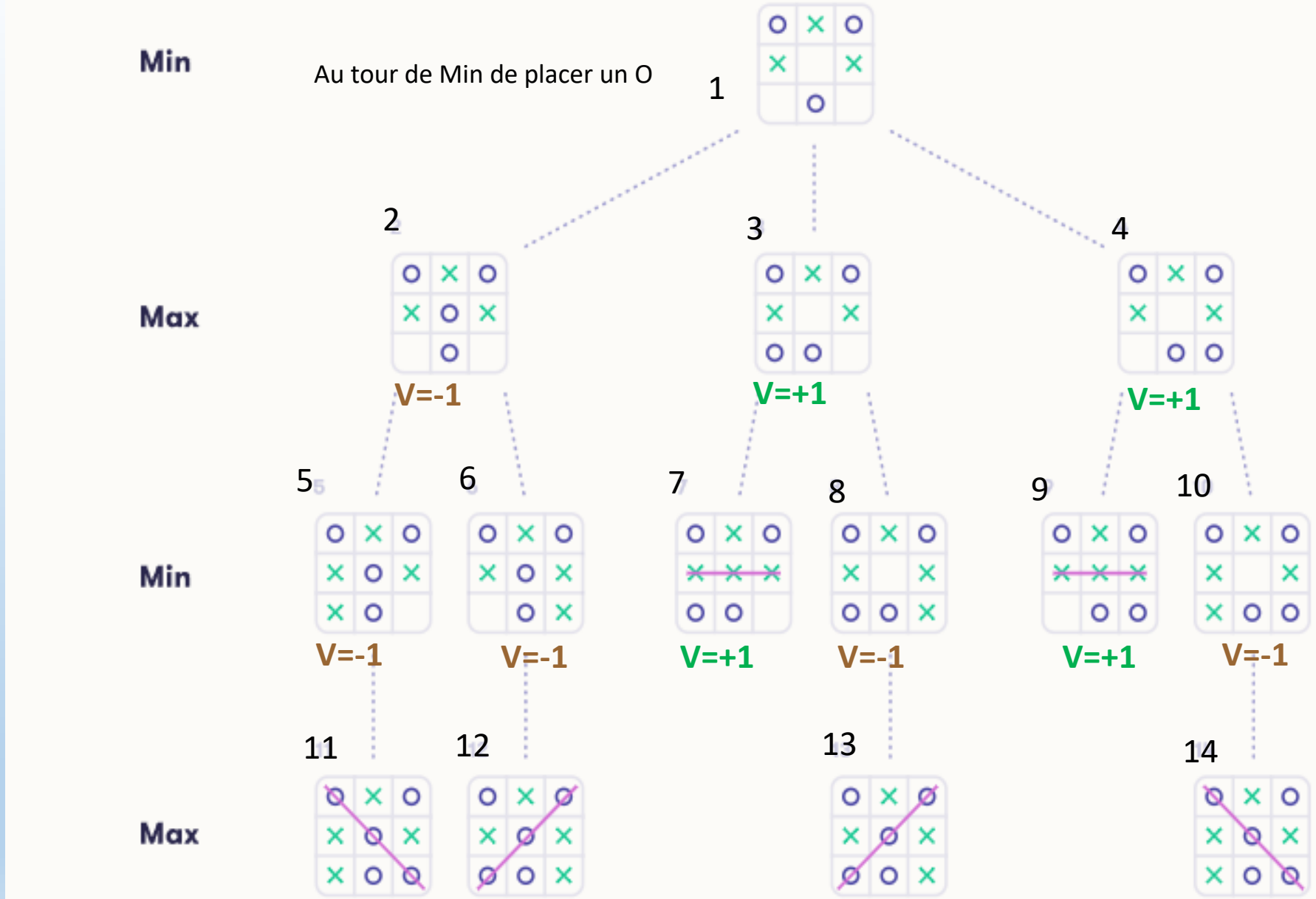
Jeux

Profondeur

OXO

MIN O -1

MAX X +1



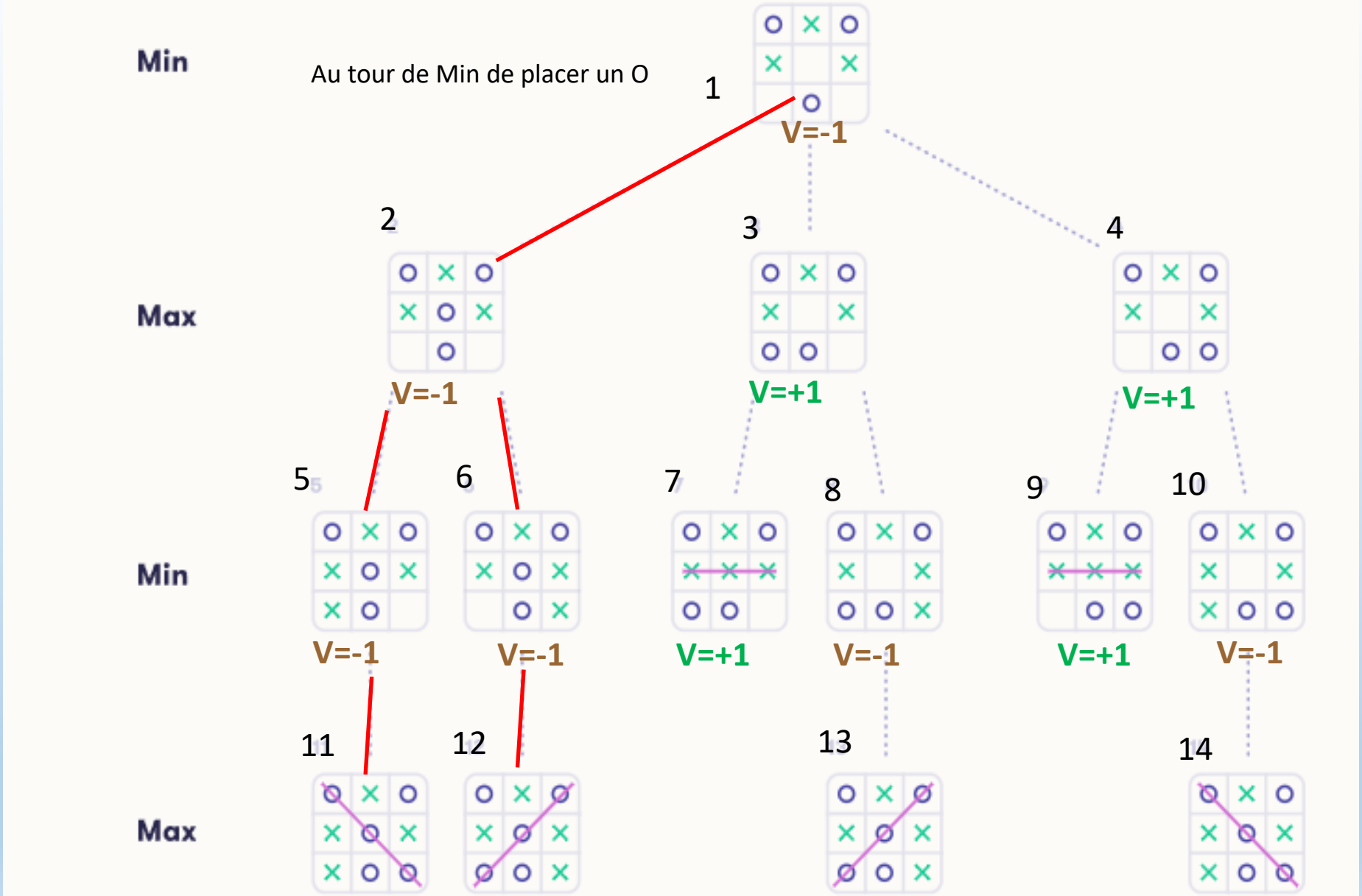
Jeux

Profondeur

OXO

MIN O -1

MAX X +1



Algorithme MiniMax

À partir d'un état du jeu, l'algorithme calcule simplement les valeurs des enfants de l'état donné et choisit celui qui a la ***valeur la plus élevée si c'est à Max de jouer****, ou celui qui a* ***la valeur la plus faible si c'est au tour de Min.***

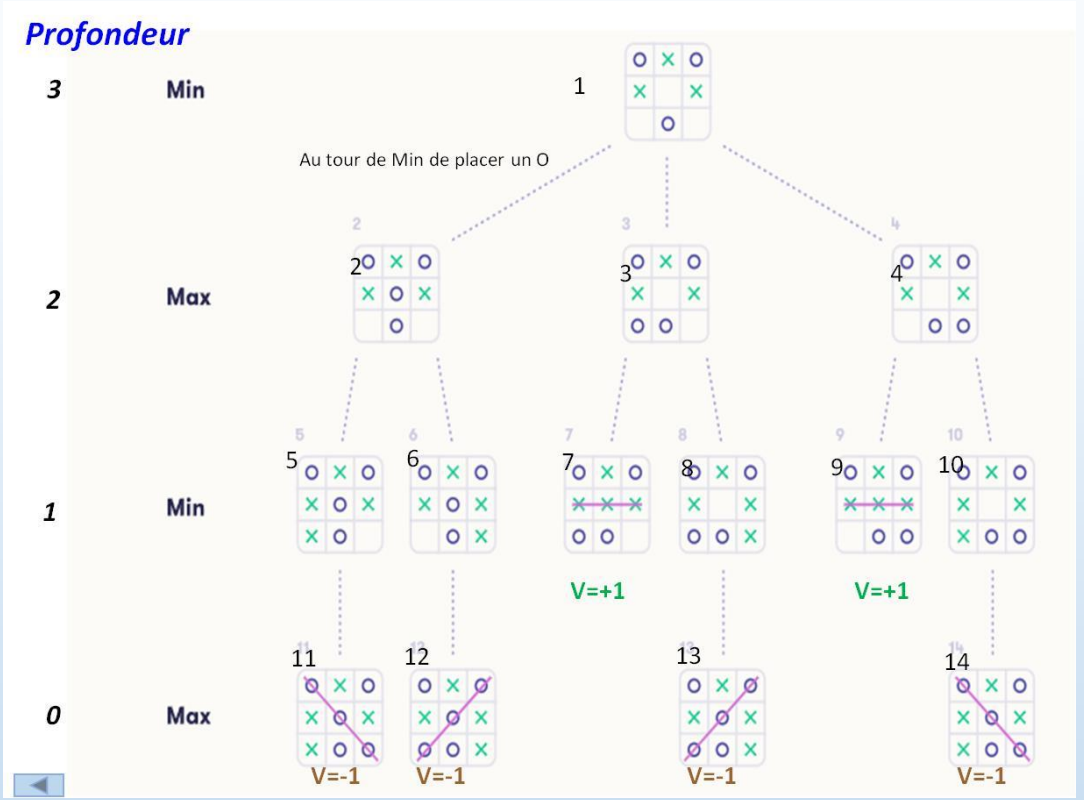
```
function minimax(node, depth, maximizingPlayer) is
    if depth = 0 or node is a terminal node then
        return the heuristic value of node
    if maximizingPlayer then
        value := −∞
        for each child of node do
            value := max(value, minimax(child, depth − 1, FALSE))
        return value
    else (* minimizing player *)
        value := +∞
        for each child of node do
            value := min(value, minimax(child, depth − 1, TRUE))
        return value


(* Initial call *)
minimax(origin, depth, TRUE)
```

Récursivité

Descente

```
function minimax(1, 3, False) is
    if depth = 0 or node is a terminal node
        then return the heuristic value of node
    if maxPlayer then  value =-infini
        for each child of node do
            value = max(value, minimax(child, depth-1, False)
        return value
    else   (* minimizingPlayer)
            value = + infini  * node 1
        for each child of node do
            value = min(value, minimax(2, 2, True)        idem pour 3  et 4
        return value
```

Instance




```
function minimax ( 2,  2,True) is
    if depth = 0 or node is a terminal node
        then return the heuristic value of node
    if maxPlayer then  value = - infini
        for each child of node do
            value = max(value, minimax(5, 1, False)      idem pour 6
        return value
```

```
function minimax(5, 1, Falser) is
    else   (* minimizingPlayer)
    value = + infini
     for each child of node do
        value = min(+infini, minimax(11, 0, True)
    return value
```

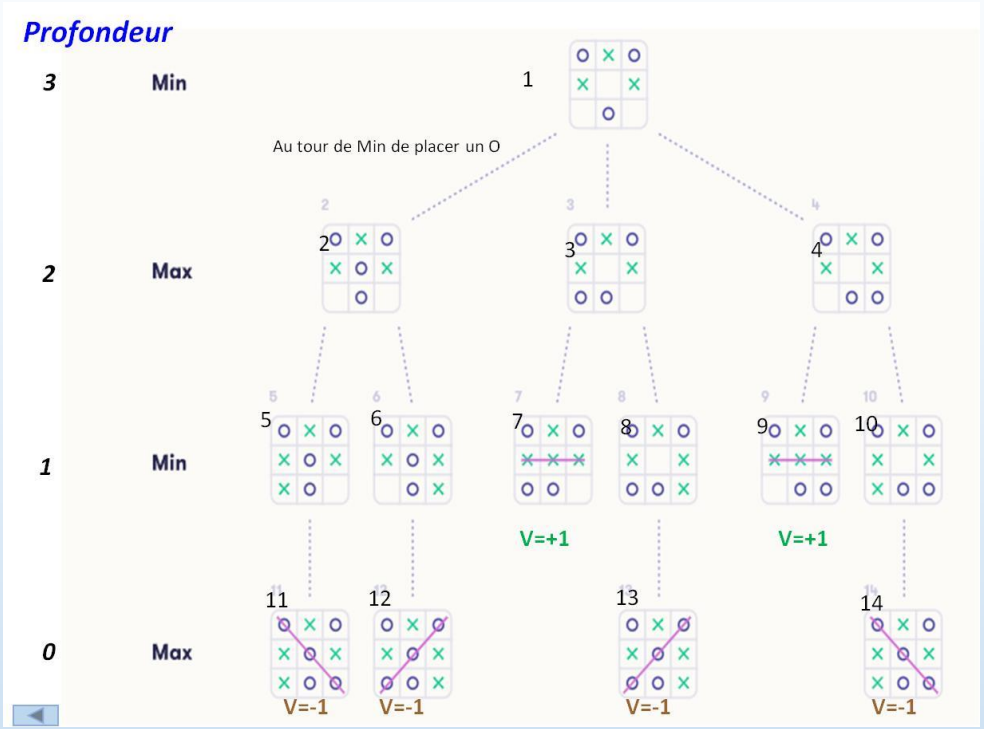
```
function minimax(11, 0, True) is
    if depth = 0 or node is a terminal node
        then return the heuristic value of node -1
```

Remontée

```
function minimax(1, 3, False) is
        if depth = 0 or node is a terminal node
              then return the heuristic value of node
        if maxPlayer then  value =- infini
              for each child of node do
                    value = max(- infini, minimax(child, depth-1, False))
            return value
        else   (* minimizingPlayer)
                    value = + infini  * node 3
              for each child of node do
                    value = min(+ infini, , minimax(2, 2, True)        idem pour 3  et 4
            return value  - 1
```

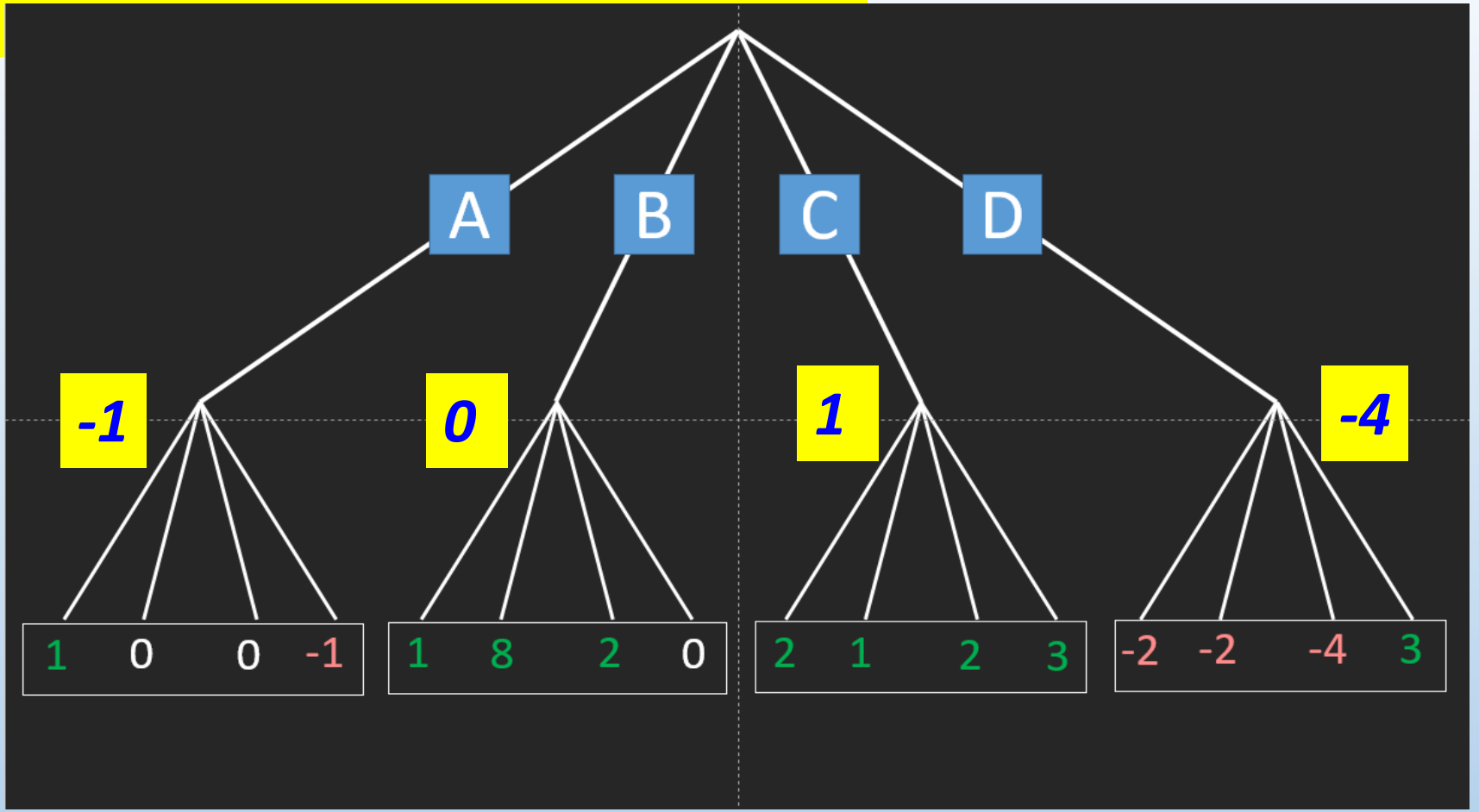
explorer 3 et 5 avant de conclure pour le noeud

```
function minimax ( 2,  2,True) is
        if depth = 0 or node is a terminal node
              then return the heuristic value of node
        if maxPlayer then  value =-infini
              for each child of node do
                value = max(-infini, minimax(5, 1, False)      idem pour 6
            return value - 1
                    function minimax(5, 1, Falser) is
                            else   (* minimizingPlayer)
                            value = + infini
                             for each child of node do
                                  value = min(+infini, minimax(11, 0, True))  = -1
                            return value - 1

                 function minimax(11, 0, True) is
                            if depth = 0 or node is a terminal node
                                  then return the heuristic value of node -1
```



Jeux

C'est à Max de jouer
A B C ou D ?



MAX

MIN

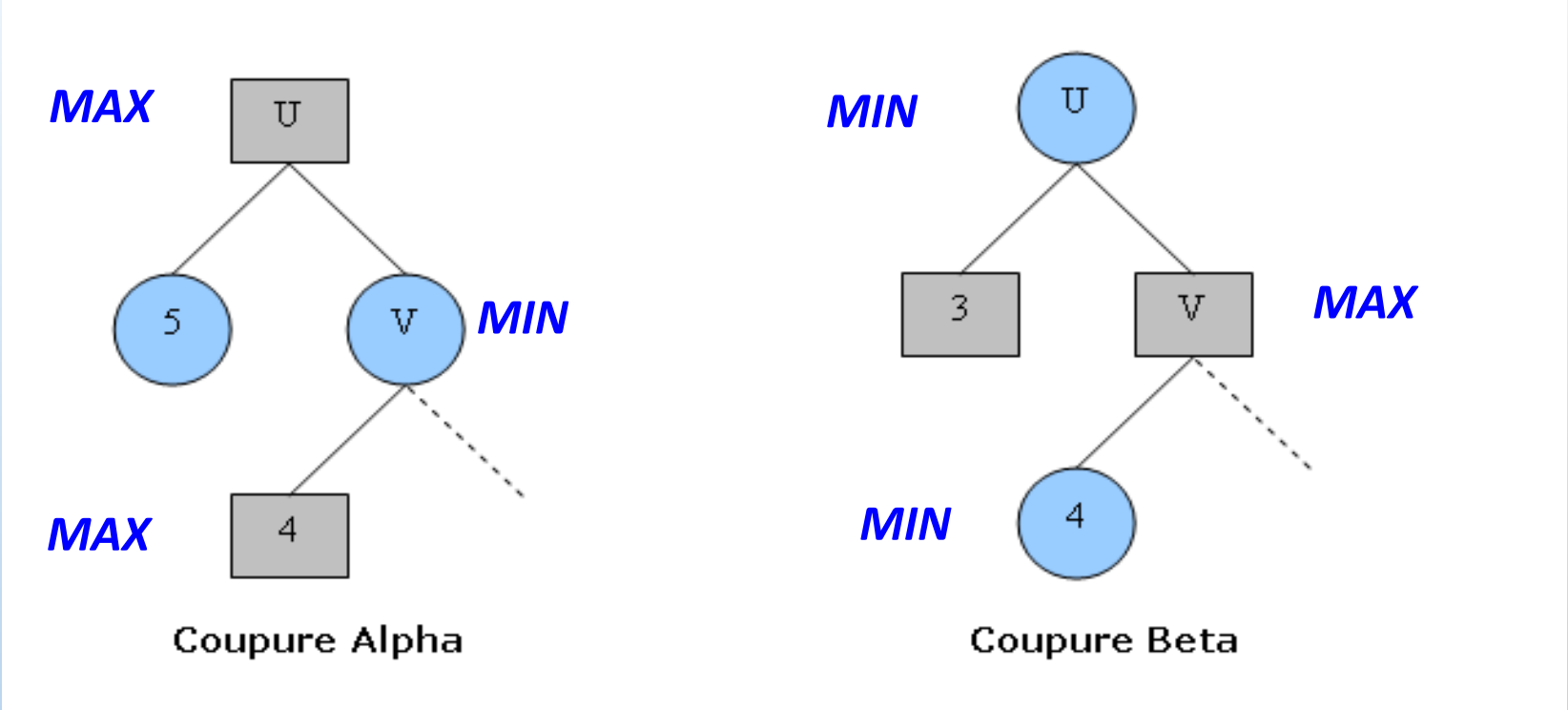
Gros arbres de jeux

Pour n'explorer qu'une petite partie de l'arbre de jeu, il faut diminuer ou stopper la ***récursion de minimax.***

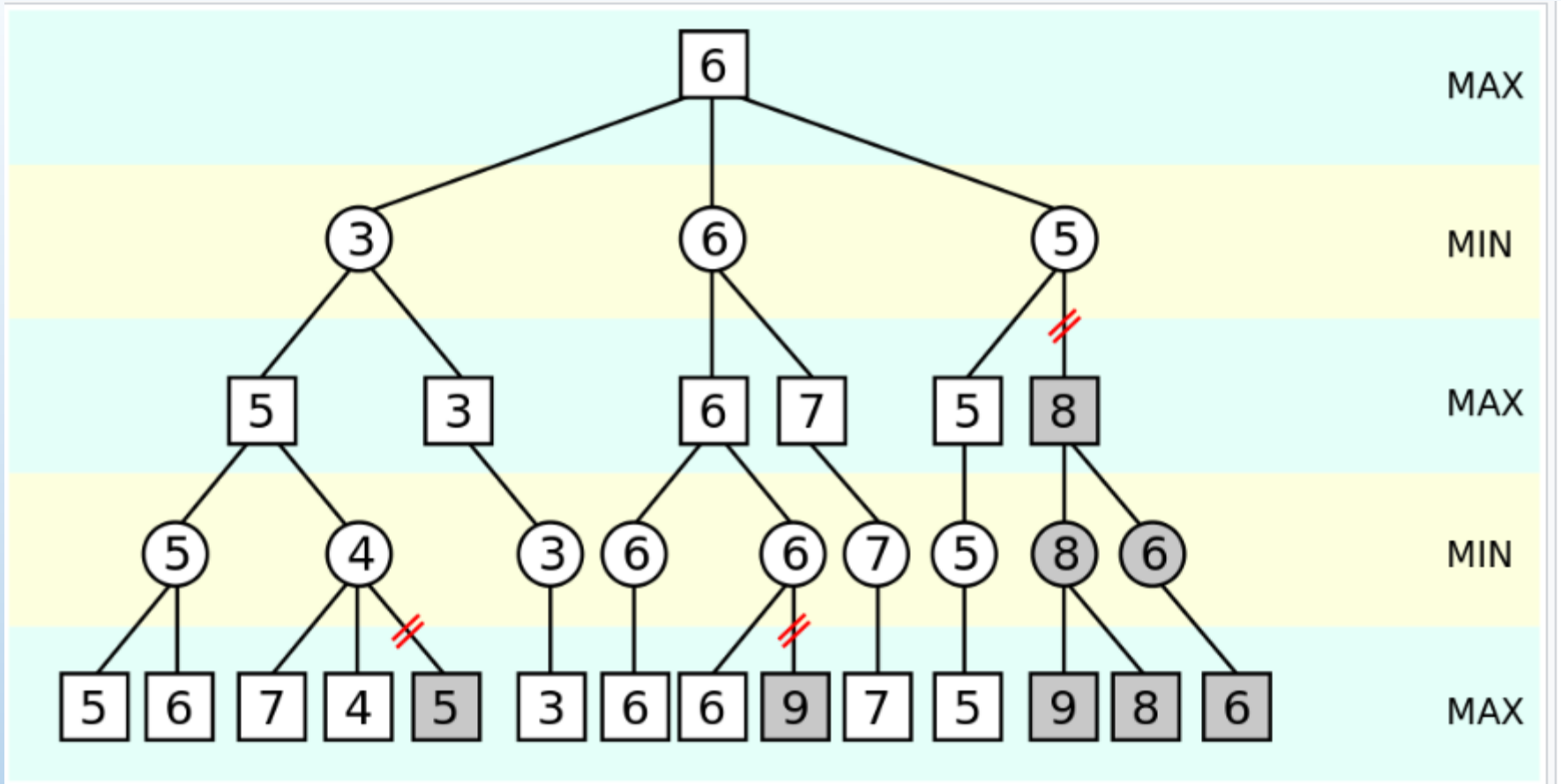
Plusieurs solutions

- *Algorithme d'élagage Alpha Beta*
- *Utiliser une fonction d'évaluation heuristique :*
-

l'algorithme d'élagage alpha-bêta

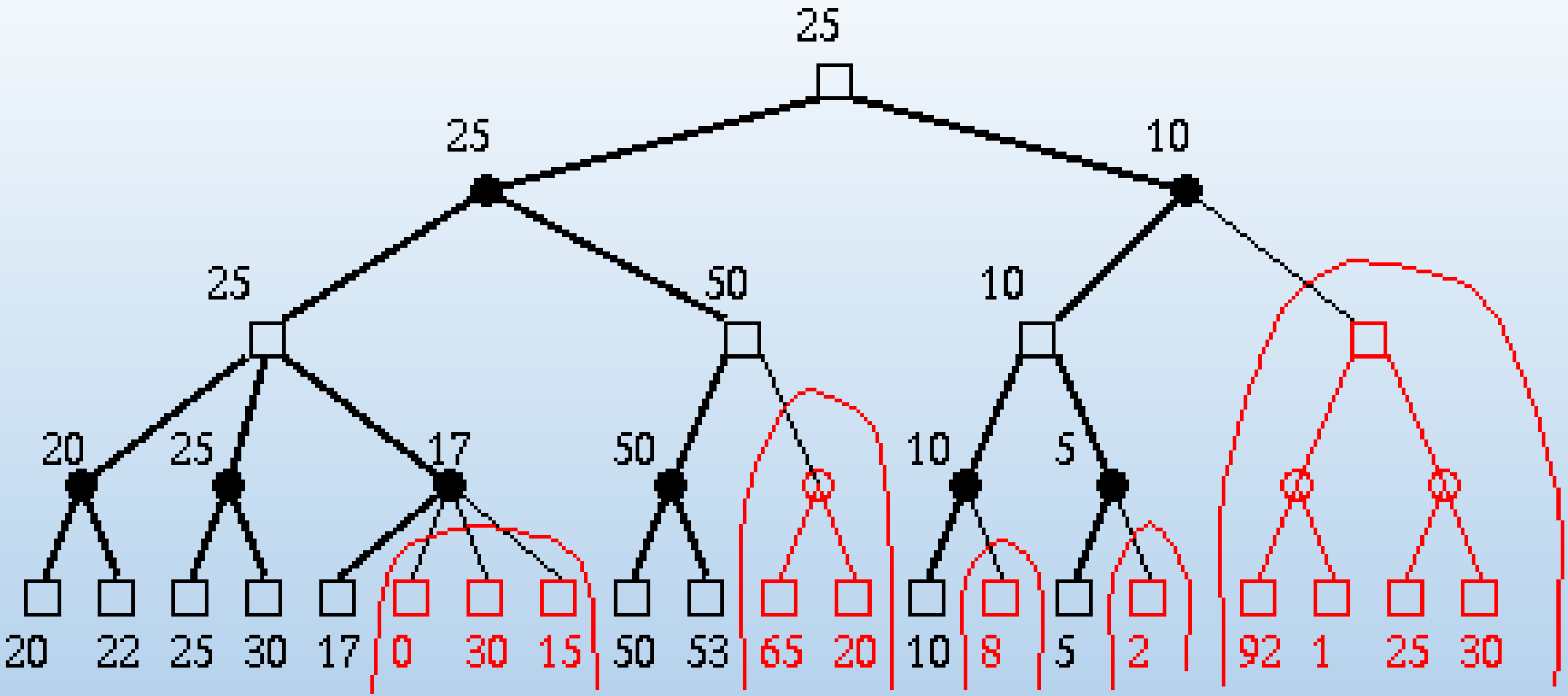


l'algorithme d'élagage alpha-bêta



Minimax avec élagage alpha-bêta

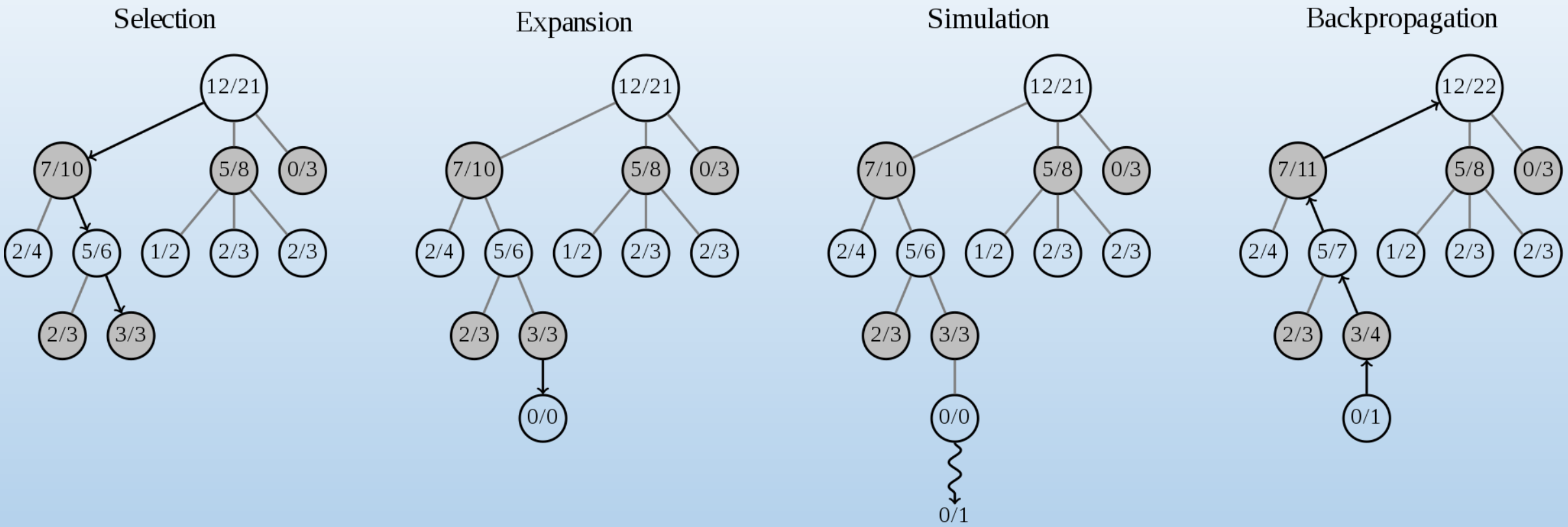
Algorithme d'élagage alpha-bêta



Monte Carlo Tree Search

L'algorithme MCTS est un algorithme qui explore l'arbre des possibles.

MCTS conserve en mémoire un arbre qui correspond aux nœuds déjà explorés de l'arbre des possibles



https://www.youtube.com/watch?v=UFqaCkTZ65w

Algo minimax alpha beta

https://www.youtube.com/watch?v=f30Ry1WOe_Q

Gros arbres de jeux

Dans de nombreux jeux, l'arbre de jeu est tout simplement trop grand pour être parcouru en entier.

Aux échecs :

- *pour un nœud, le nombre moyen d'enfants (coups possibles) est d'environ **35**,*
- *pour deux coups d'avance 35 x 35 = 1 225 nœuds,*
- *trois coups : 42 875 nœuds,*
- *dix coups : 2 758 547 353 515 625*

--

***Pour le jeu de Go**, le facteur de ramification moyen est estimé à environ **250**. Le jeu de Go est hors de portée pour MiniMax.*

Gros arbres de jeux

Nombre de parties possibles :

Echecs : Ce nombre est le nombre de Shannon 10^{120}

Go: Ce nombre est évalué à 10^{600}

Il y a 10^{480} fois plus de parties au Go qu'aux échecs !

Gros arbres de jeux

*Utilisation d'une **fonction d'évaluation heuristique** :*

- ***Entrées** : une position sur le plateau, informations relatives au joueur dont le tour de jouer est à suivre*
- ***Sortie** : score représentant une estimation du résultat probable du jeu*

Exemple pour les échecs

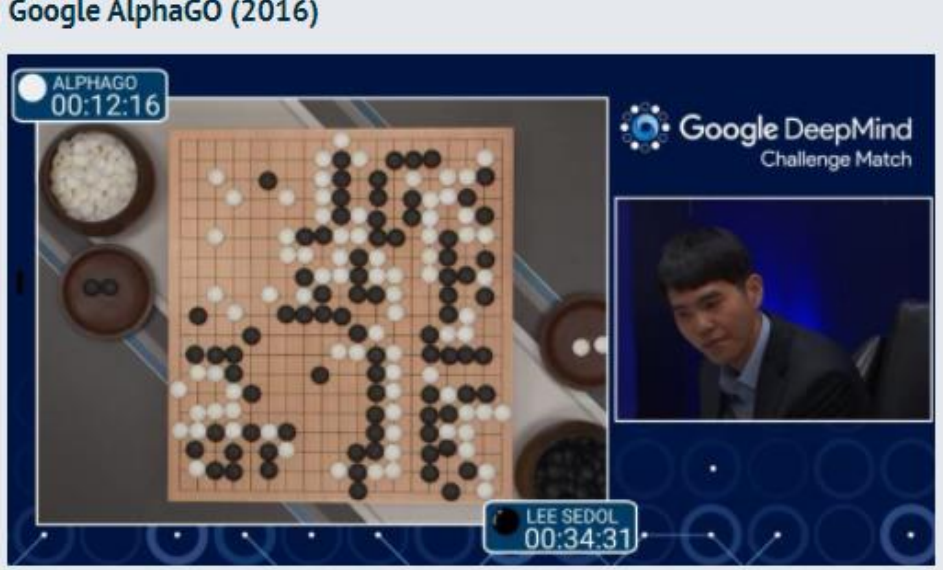
*La bonne heuristique **compte typiquement la quantité de matériaux (pièces), pondérée en fonction de leur type** :*

*- la reine est généralement considérée comme **valant** près de deux fois une tour, trois fois un cavalier ou un fou et neuf fois un pion.*

- le roi vaut plus que toutes les autres pièces réunies.

*En outre, l'occupation des positions stratégiquement importantes, à proximité du centre du jeu, est considérée comme un avantage et l'heuristique leur attribue une **valeur plus élevée**.*

Google AlphaGo



L'IA a battu le meilleur joueur mondial du jeu de go.

L'intelligence artificielle DeepMind de Google était derrière le programme AlphaGo, qui a gagné 4 parties sur 5 face au champion humain, le joueur coréen Lee Sedol qui ne savait pas qu'il allait jouer contre une machine

AlphaGo a été implémentés en utilisant ***Monte Carlo*** et un ***réseau de neurones profond***

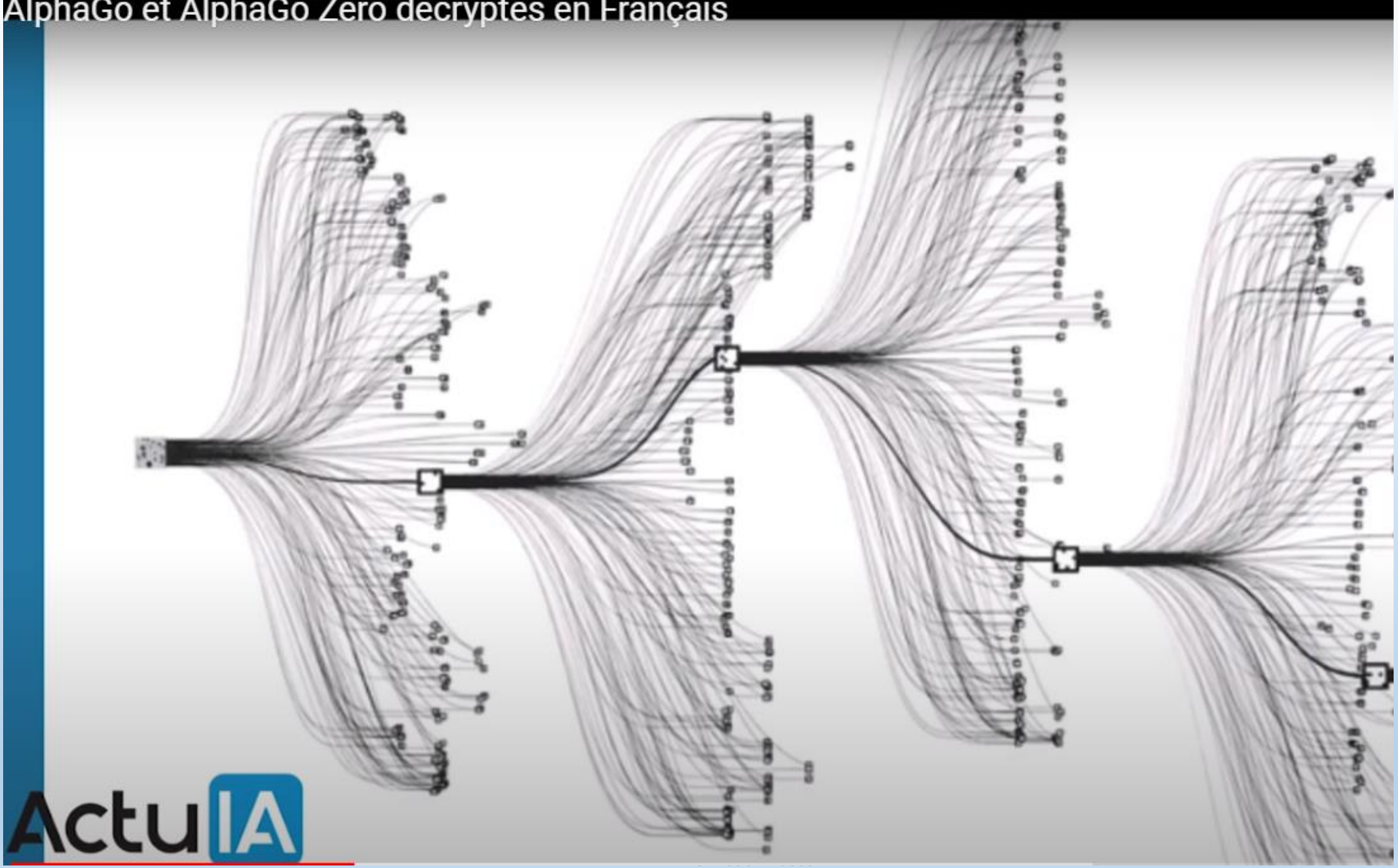
AlphaGo a été entraîné pour « imiter » les joueurs humains, en retrouvant les coups enregistrés lors de dizaines de milliers de parties menées par des joueurs experts.

Dans une version suivante , AlphaGoZero, il a été entraîné à jouer des millions de parties contre d'autres instances de lui-même, utilisant *l'apprentissage par renforcement* pour s'améliorer

À partir de 2018, un projet collaboratif et open source **AlphaZero** , a obtenu en un an des résultats analogues, portables sur des ordinateurs individuels, et même sur des **smartphones.**.

https://www.youtube.com/watch?v=MRBLKLxjfxM

AlphaGo et AlphaGo Zero décryptés en Français



ActuIA

AlphaGo
et la recherche pharmaceutique

Novembre 2021

Alphabet *annonce la création d'une nouvelle filière,* Isomorphic Labs, *qui sera un laboratoire de recherche pharmaceutique s'appuyant sur l'IA de* ***DeepMind,*** *société du groupe.*

Ce laboratoire ***construira des modèles capables de prédire les interactions entre les futurs médicaments et nos organismes***

La société a également récemment publié les ***formes prédites de plus de 350 000 protéines*** *et ainsi établi une carte des protéines humaines très précise grâce au logiciel* ***Alphafold*** ***(qui pourrait jouer un rôle important dans la découverte de médicaments).***

Des chercheurs indépendants ont utilisé ces données pour accélérer la recherche biologique, y compris pour ***comprendre le coronavirus*****.**

Google AlphaFold
DeepMind AlphaBet

Prédit la structure 3D d'une protéine uniquement à partir de sa séquence d'acides aminés

En 2022 :

1. *Il trouve des corrélations entre la séquence et la structure en **étant entraîné** sur les quelques **170 000 structures connues***

2. *Il prédit les structures des protéines à partir de leurs séquences d'acides aminés : actuellement **2 000 000 de protéines***

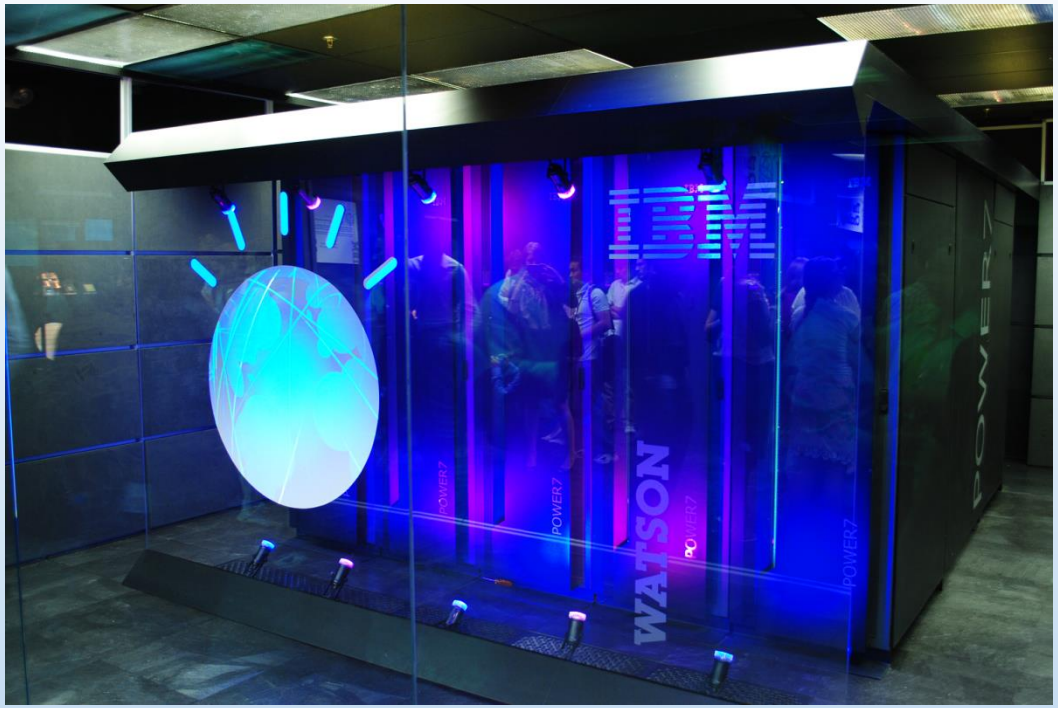
ESMFold
Meta

Octobre 2022 :

Meta révèle son intelligence artificielle

Peut prédire la structure de ***200 millions de protéines*** *après avoir été formée sur des millions de séquences de protéines.*

Watson gagne au Jeopardy



Destiné aux diagnostics médicaux, **Watson** s'est distingué en gagnant **en 2011**, au jeu télévisé **Jeopardy.**
La machine est capable de répondre à des questions posées dans un anglais naturel au lieu d'un code utilisant la syntaxe d'un langage de programmation.

Watson avait 4 To de mémoire vive à sa disposition, le texte de Wikipedia et l'équivalent **de 200 millions de pages de contenu**.
La machine n'était pas connectée à Internet durant la partie, mais pouvait traiter l'équivalent d'un million de livres à la seconde.
Le système qui a joué au jeu télévisé regroupait **90 serveurs IBM PowerPC 750.**
La puissance de calcul atteinte par Watson est de 80 téraflops (8 000 milliards d'opérations par seconde

En 2016, un centre de recherche de la faculté de médecine de l'université de Tokyo a utilisé **Watson** pour le **diagnostic d'un cas rare de leucémie**. En dix minutes, le supercalculateur a trouvé la véritable cause ; les médecins estiment qu'il leur aurait fallu deux semaines pour faire la même tâche, rendant le traitement beaucoup plus incertain.

Jeux

Test de Turing ?

La machine a-t-elle remplacé l'homme ?