

Artificial Intelligence

Cours2 - IA dans les Jeux

L3 - Informatique

Nadjib Lazaar

Ing - Phd - HDR - Professor - Paris-Saclay University - LISN - LaHDAK

<https://perso.lisn.upsaclay.fr/lazaar/>

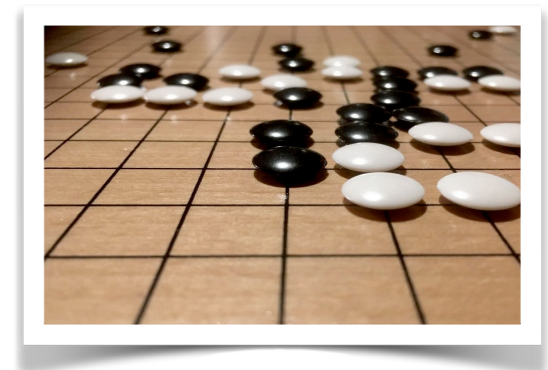
10/01/2025

Pourquoi l'IA dans les jeux



Pourquoi les jeux pour l'IA ?

- Les jeux offrent un cadre formel, structuré et mesurable
- Ils permettent de **tester l'intelligence** et l'efficacité des algorithmes qui alimentent certaines IA (planification, stratégie, optimisation)
- **Environnements compétitifs** avec des règles précises
- Favorisent l'apprentissage et le développement d'agents capables de :
 - **Analyser** des situations complexes
 - **Anticiper** les actions adverses
 - **Prendre des décisions** optimales
- **Objectif** : Développer des agents avec des **Stratégies adaptées**; **Techniques algorithmiques avancées**



Jeux à Deux Joueurs



Jeu compétitif à deux joueurs

- Un **jeu à deux joueurs** est compétitif : les joueurs cherchent à maximiser leur gain tout en minimisant celui de l'autre
- Ces jeux sont souvent **à somme nulle**, où le gain d'un joueur est exactement la perte de l'autre
- Le **quintuple** pour définir un jeu à deux joueurs :
 - P : Ensemble des joueurs
 - S : Ensemble des états du jeu
 - A : Ensemble des actions des joueurs
 - T : Fonction de transition
 - U : Fonction d'utilité (gains des joueurs)

Jeux à Deux Joueurs

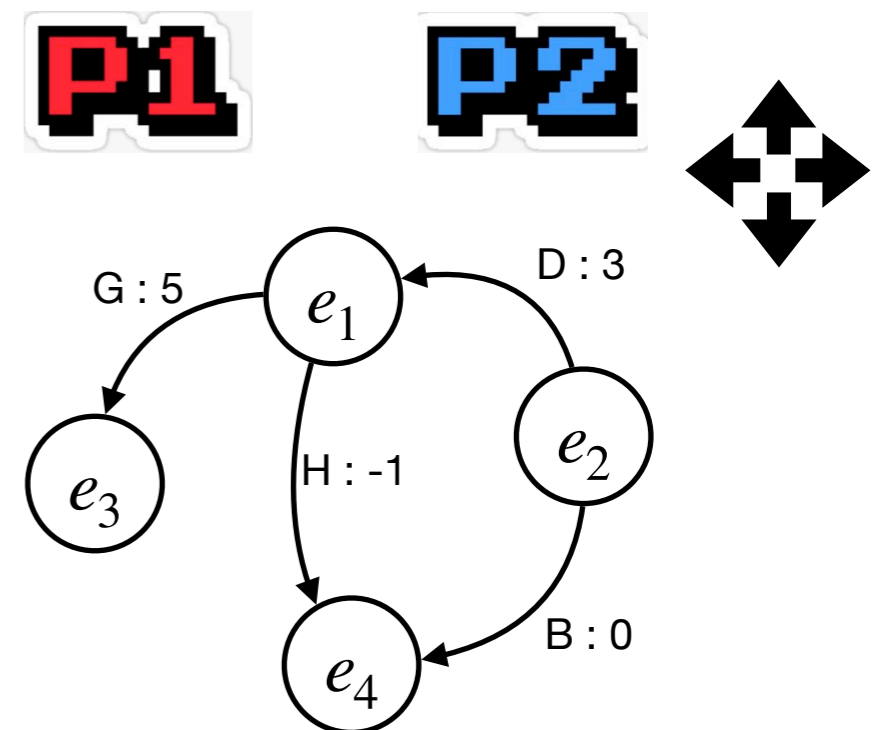


Jeu compétitif à deux joueurs

- Un **jeu à deux joueurs** est compétitif : les joueurs cherchent à maximiser leur gain tout en minimisant celui de l'autre
- Ces jeux sont souvent **à somme nulle**, où le gain d'un joueur est exactement la perte de l'autre

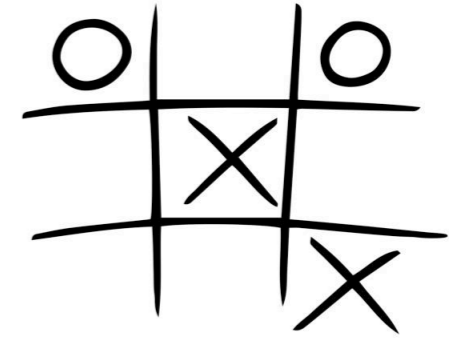
- Le **quintuple** pour définir un jeu à deux joueurs :

- P : Ensemble des joueurs
- S : Ensemble des états du jeu
- A : Ensemble des actions des joueurs
- T : Fonction de transition
- U : Fonction d'utilité (gains des joueurs)



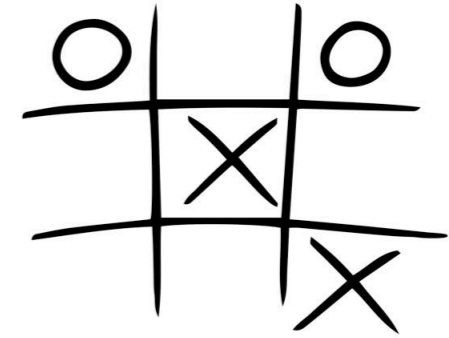
Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



Jeux à Deux Joueurs

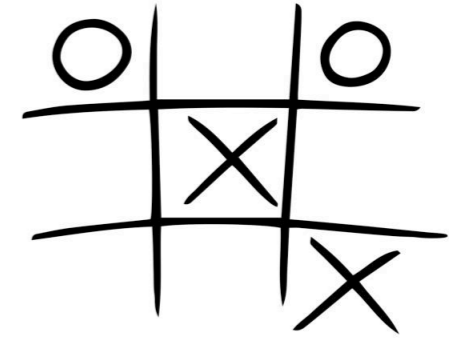
Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés
- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

Jeux à Deux Joueurs

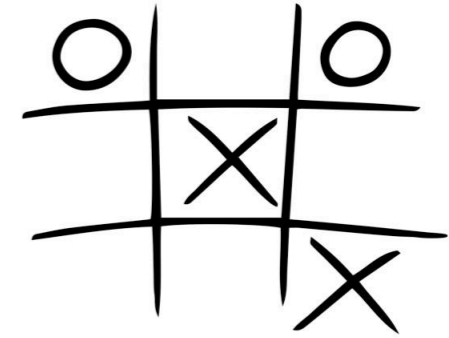
Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés
- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe

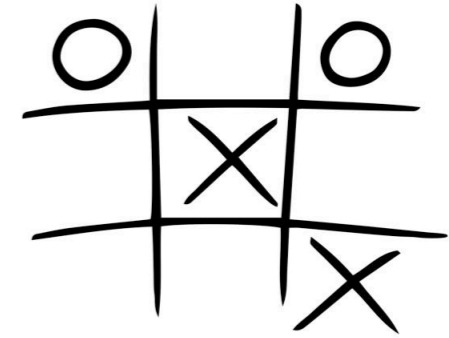


- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés
- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe

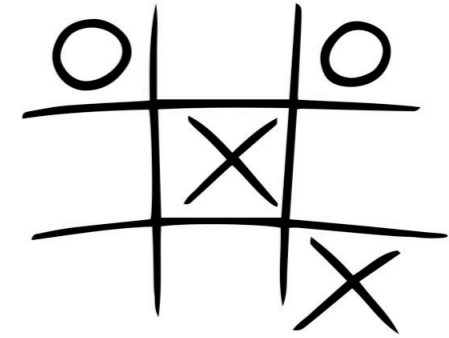


- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés
- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

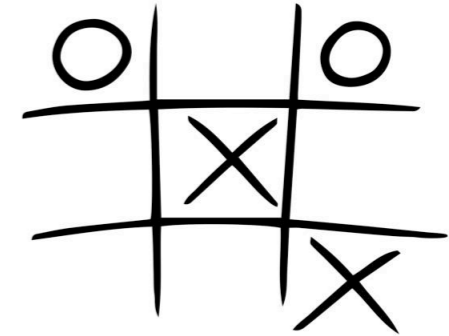
- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$ S_i :

$$P = \{X, O\}$$

	X	
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$ S_i :

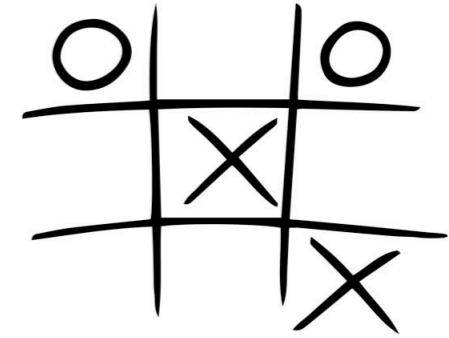
$$P = \{X, O\}$$

$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

	X	
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

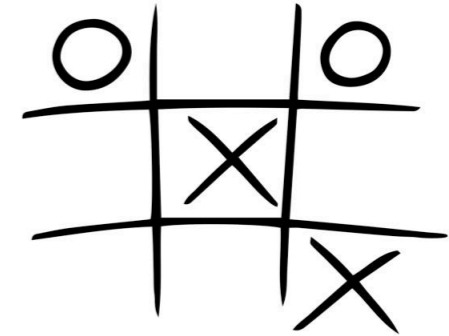
$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

S_i :

	X	
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$ s_i :

$$P = \{X, O\}$$

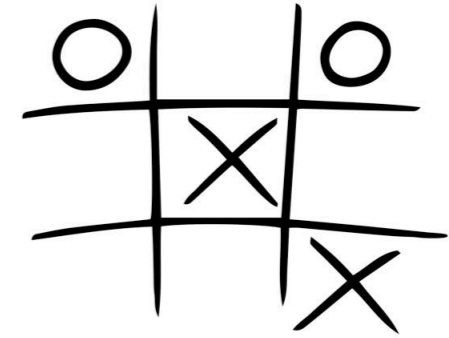
$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

	X	
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$ s_i :

$$P = \{X, O\}$$

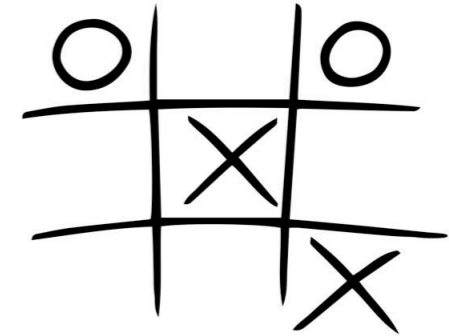
$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

	X	
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

$s_i :$

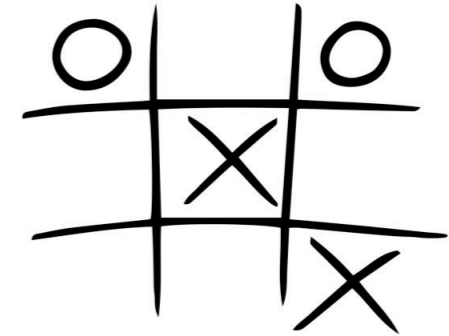
	X	
	X	
O	O	X

$s_j :$

	X	O
	X	
O	O	X

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



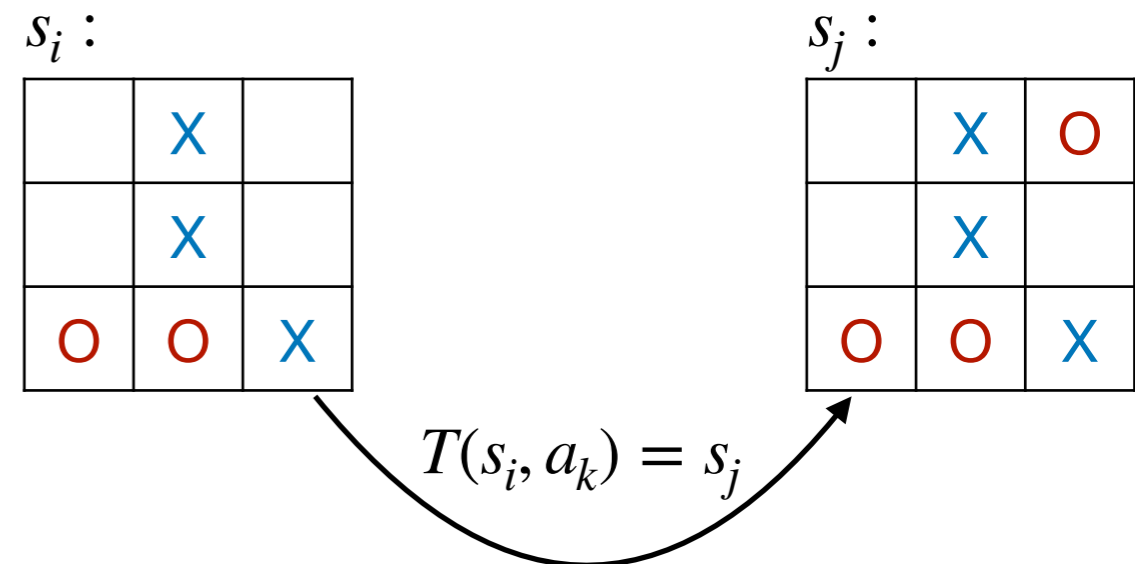
- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

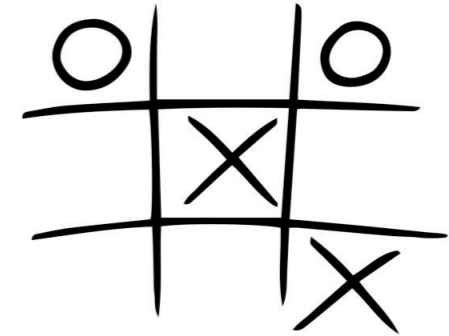
$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$



Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



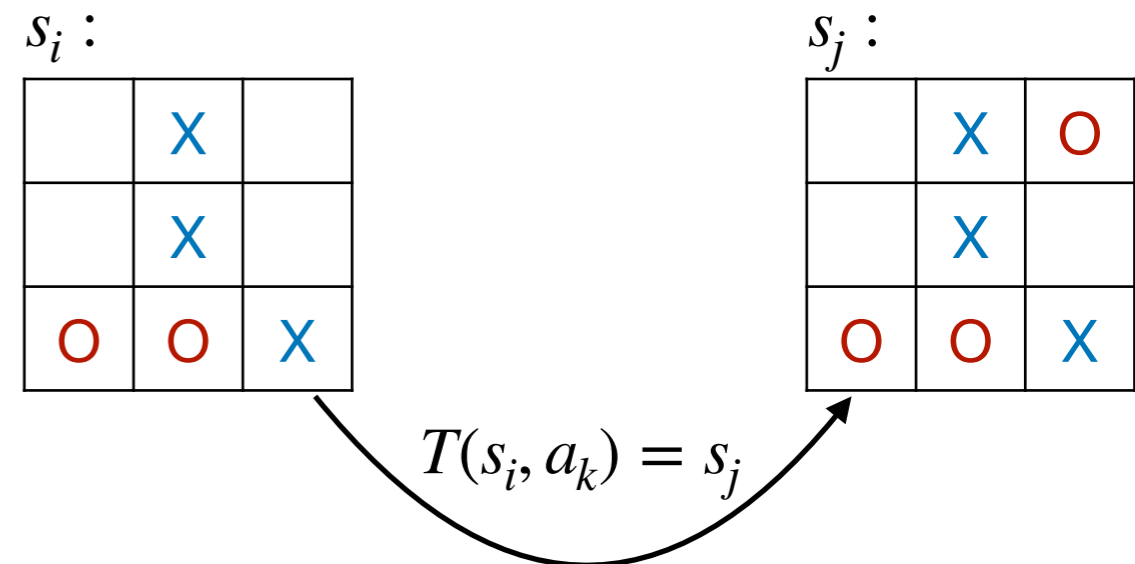
- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

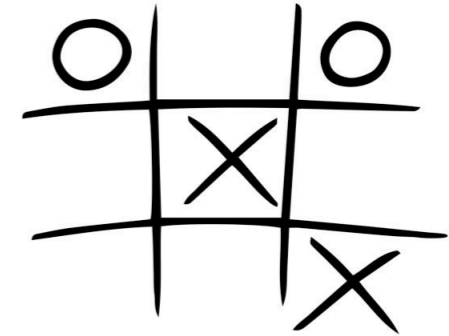
$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$



Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

s_i :

	X	
	X	
O	O	X

s_j :

	X	O
	X	
O	O	X

$$T(s_i, a_k) = s_j$$

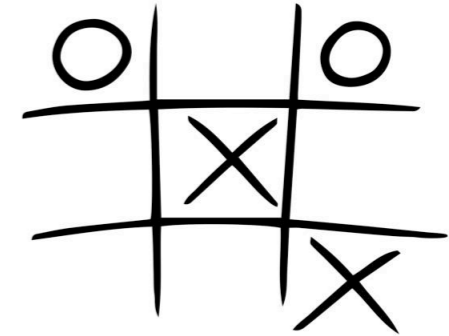
s' :

X	X	O
	X	
O	O	X

$$U(s') = 1$$

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

s_i :

	X	
	X	
O	O	X

s_j :

	X	O
	X	
O	O	X

$$T(s_i, a_k) = s_j$$

s' :

X	X	O
	X	
O	O	X

$$U(s') = 1$$

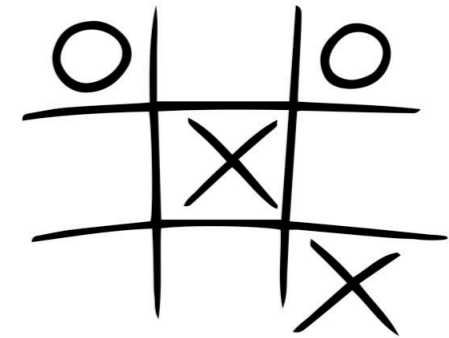
s'' :

O	X	O
O	X	
O		X

$$U(s'') = -1$$

Jeux à Deux Joueurs

Exemple : Tic-Tac-Toe



- **Jeu Tic-Tac-Toe** : Un jeu à deux joueurs où deux joueurs (X et O) alternent pour marquer des cases dans une grille 3x3 jusqu'à ce que l'un d'eux ait trois symboles alignés

- **Quintuple du jeu Tic-Tac-Toe** : $\langle P, S, A, T, U \rangle$

$$P = \{X, O\}$$

$$|S| = 3^9 = 19\ 683$$

$$a_k = \langle (0,3), O \rangle : a_k \in A$$

s_i :

	X	
	X	
O	O	X

s_j :

	X	O
	X	
O	O	X

$$T(s_i, a_k) = s_j$$

s' :

X	X	O
	X	
O	O	X

$$U(s') = 1$$

s'' :

O	X	O
O	X	
O		X

$$U(s'') = -1$$

s''' :

O	X	O
X	X	O
O	O	X

$$U(s''') = 0$$

Comportement d'un Jeu à Deux Joueurs

Les dynamiques du jeu à deux joueurs

- Chaque joueur cherche à **maximiser son utilité** tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Les joueurs agissent de manière **alternée** : l'un après l'autre jusqu'à un état terminal
- **Objectif** : Maximiser l'utilité de P1 ou P2 en fonction des actions de l'autre joueur

Comportement d'un Jeu à Deux Joueurs

Les dynamiques du jeu à deux joueurs

- Chaque joueur cherche à **maximiser son utilité** tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Les joueurs agissent de manière **alternée** : l'un après l'autre jusqu'à un état terminal
- **Objectif** : Maximiser l'utilité de P1 ou P2 en fonction des actions de l'autre joueur

S_i :

	X	
	X	
O	O	X

Définition d'un Agent Intelligent

Qu'est-ce qu'un Agent Intelligent ?

- Un **agent intelligent** est une entité autonome qui prend des décisions pour atteindre un objectif donné
- Un agent dans un jeu utilise :
 - **Fonction de perception** : $(f : S \rightarrow O)$ pour obtenir des informations sur l'état actuel
 - **Fonction de récompense** : $(r : S \rightarrow \mathbb{R})$ pour évaluer la qualité d'un état
- Choix des actions selon la perception pour maximiser sa **fonction d'utilité** ou de **récompense**.

Définition d'un Agent Intelligent

Qu'est-ce qu'un Agent Intelligent ?

- Un **agent intelligent** est une entité autonome qui prend des décisions pour atteindre un objectif donné
- Un agent dans un jeu utilise :
 - **Fonction de perception** : $(f : S \rightarrow O)$ pour obtenir des informations sur l'état actuel
 - **Fonction de récompense** : $(r : S \rightarrow \mathbb{R})$ pour évaluer la qualité d'un état
- Choix des actions selon la perception pour maximiser sa **fonction d'utilité** ou de **récompense**.

Joueur X

S_i :

	X	
X		
O	O	X

S_j :

	X	
	X	
O	O	X

S_k :

	X	
	X	
O	O	

Définition d'un Agent Intelligent

Qu'est-ce qu'un Agent Intelligent ?

- Un **agent intelligent** est une entité autonome qui prend des décisions pour atteindre un objectif donné
- Un agent dans un jeu utilise :
 - **Fonction de perception** : $(f : S \rightarrow O)$ pour obtenir des informations sur l'état actuel
 - **Fonction de récompense** : $(r : S \rightarrow \mathbb{R})$ pour évaluer la qualité d'un état
- Choix des actions selon la perception pour maximiser sa **fonction d'utilité** ou de **récompense**.

Joueur X

s_i :

	X	
X		
O	O	X

$$r(s_i) = 1$$

s_j :

	X	
	X	
O	O	X

s_k :

	X	
	X	
O	O	

Définition d'un Agent Intelligent

Qu'est-ce qu'un Agent Intelligent ?

- Un **agent intelligent** est une entité autonome qui prend des décisions pour atteindre un objectif donné
- Un agent dans un jeu utilise :
 - **Fonction de perception** : $(f : S \rightarrow O)$ pour obtenir des informations sur l'état actuel
 - **Fonction de récompense** : $(r : S \rightarrow \mathbb{R})$ pour évaluer la qualité d'un état
- Choix des actions selon la perception pour maximiser sa **fonction d'utilité** ou de **récompense**.

Joueur X

s_i :

	X	
X		
O	O	X

$$r(s_i) = 1$$

s_j :

	X	
	X	
O	O	X

$$r(s_j) = 100$$

s_k :

	X	
	X	
O	O	

Définition d'un Agent Intelligent

Qu'est-ce qu'un Agent Intelligent ?

- Un **agent intelligent** est une entité autonome qui prend des décisions pour atteindre un objectif donné
- Un agent dans un jeu utilise :
 - **Fonction de perception** : $(f : S \rightarrow O)$ pour obtenir des informations sur l'état actuel
 - **Fonction de récompense** : $(r : S \rightarrow \mathbb{R})$ pour évaluer la qualité d'un état
- Choix des actions selon la perception pour maximiser sa **fonction d'utilité** ou de **récompense**.

Joueur X

s_i :

	X	
X		
O	O	X

$$r(s_i) = 1$$

s_j :

	X	
	X	
O	O	X

$$r(s_j) = 100$$

s_k :

	X	
	X	
O	O	

$$r(s_k) = ?$$

Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.

Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.

s' :

	X	
X		
O	O	

Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.

Joueur X

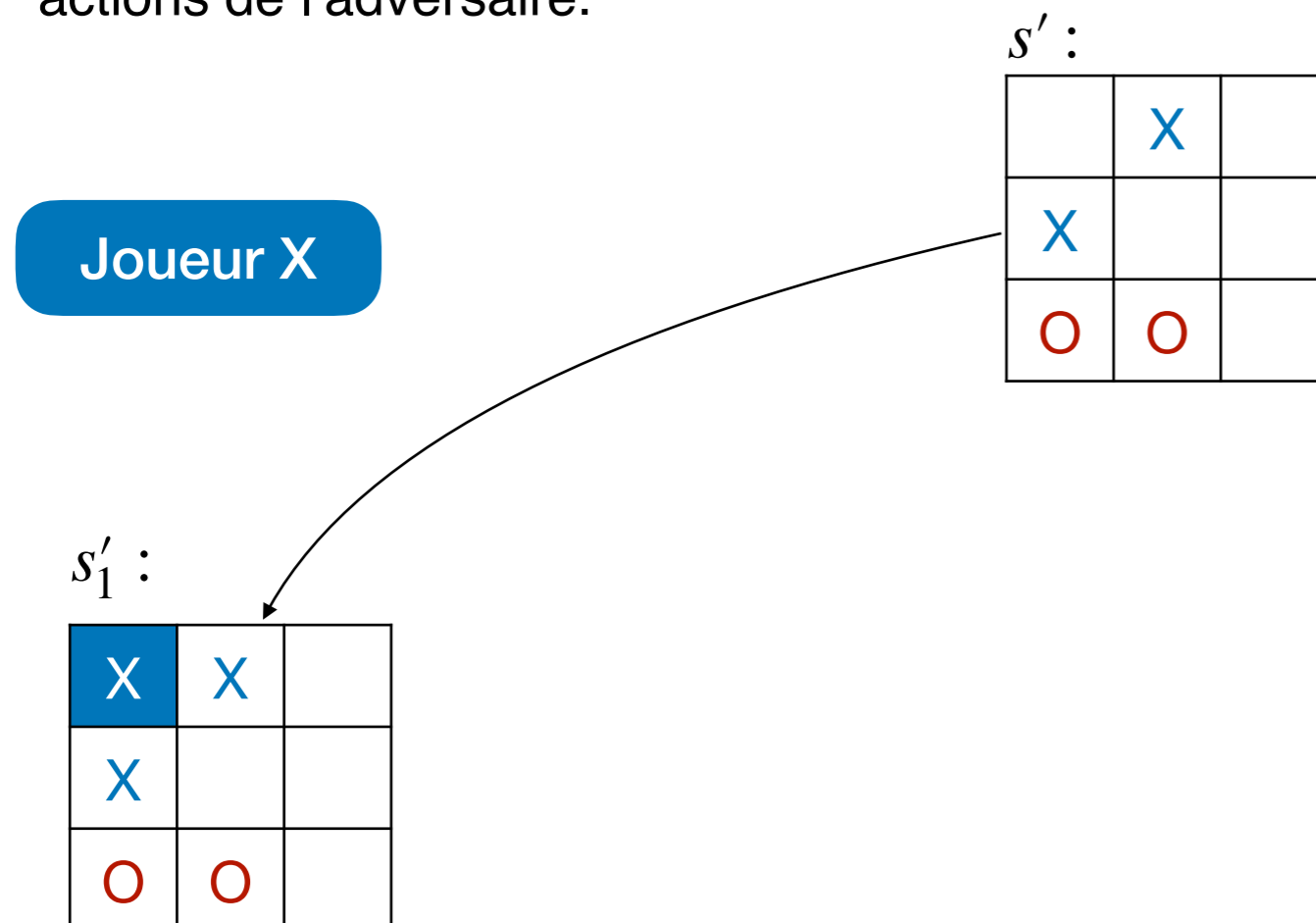
s' :

	X	
X		
O	O	

Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

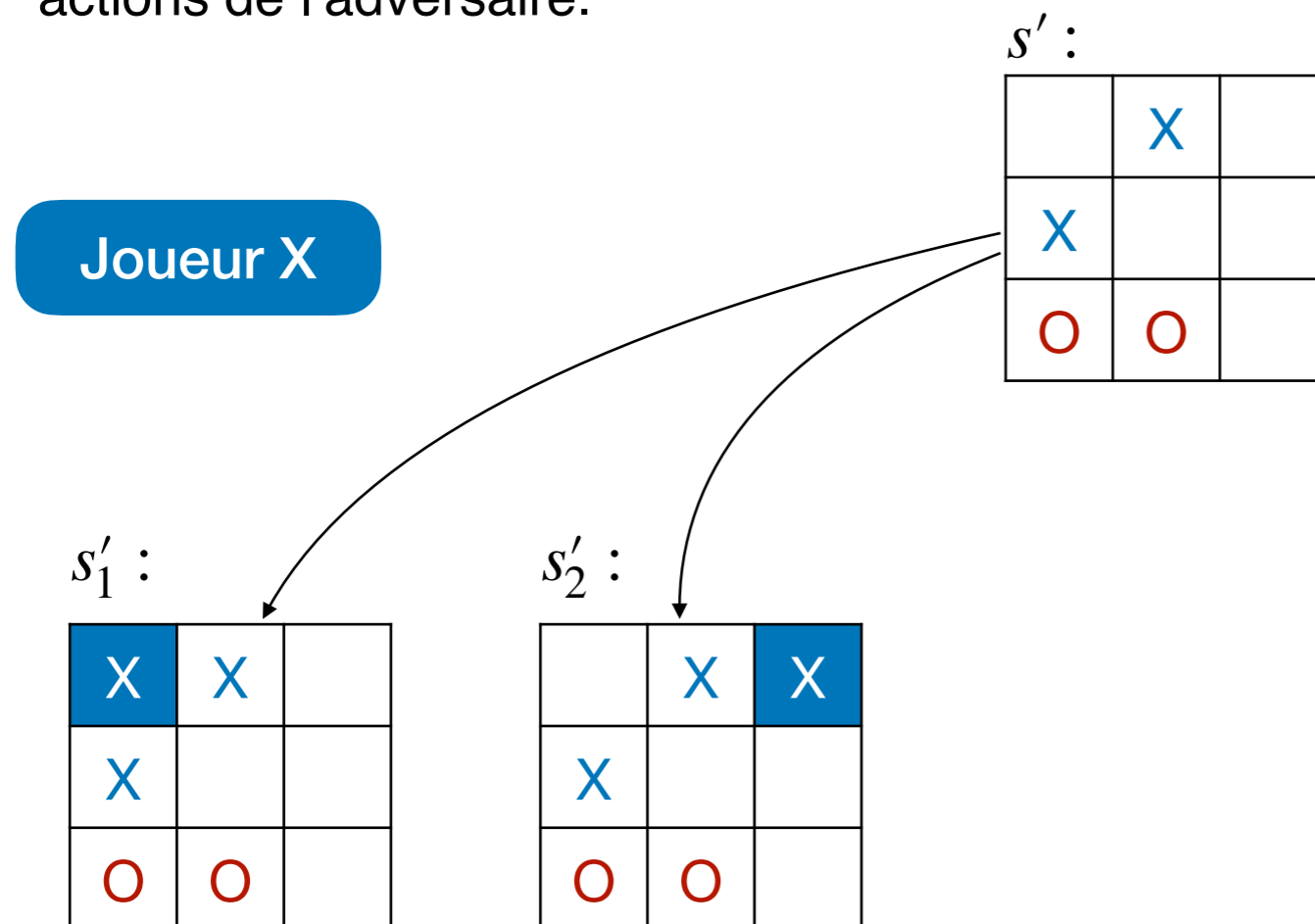
- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.



Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

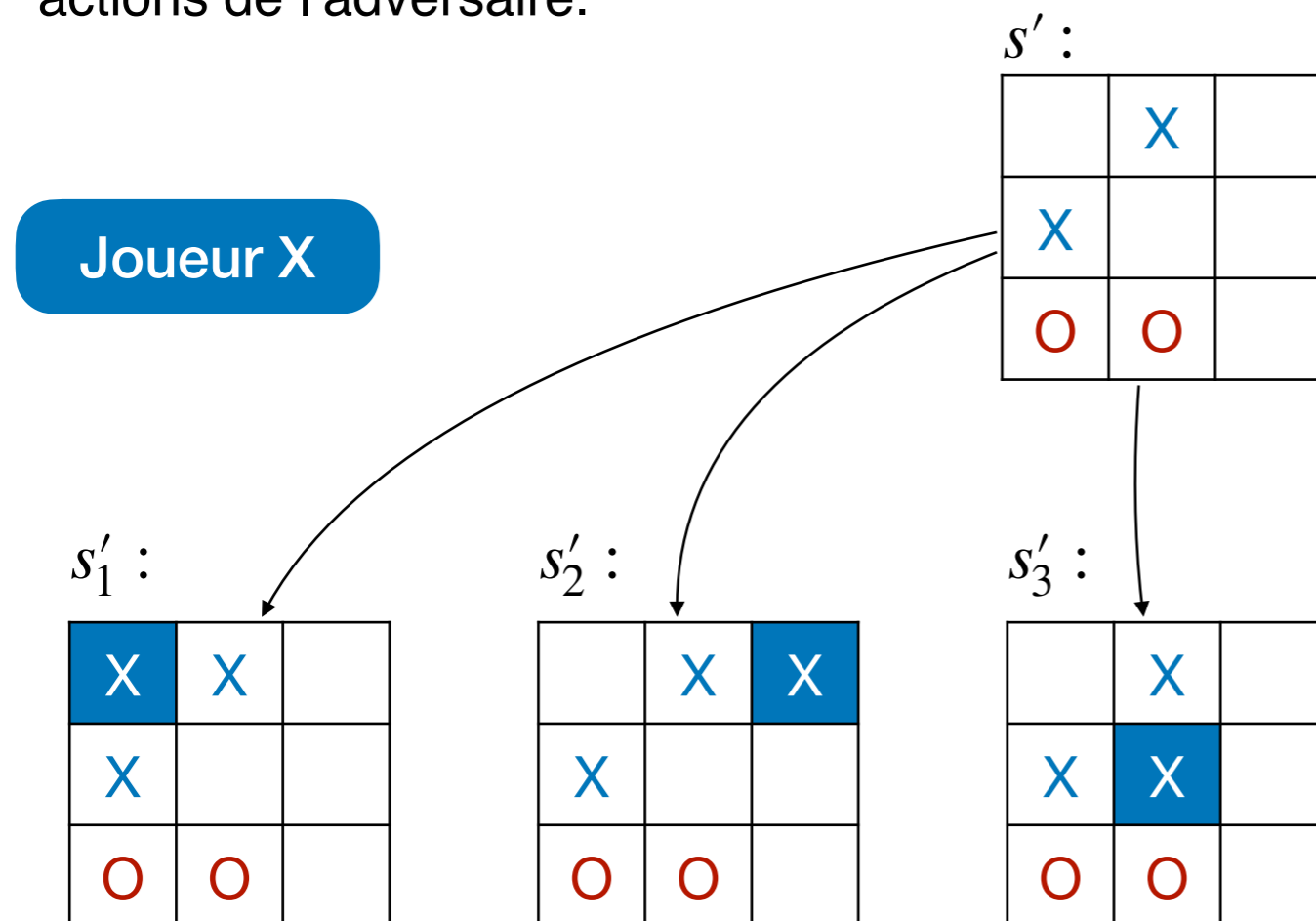
- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.



Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

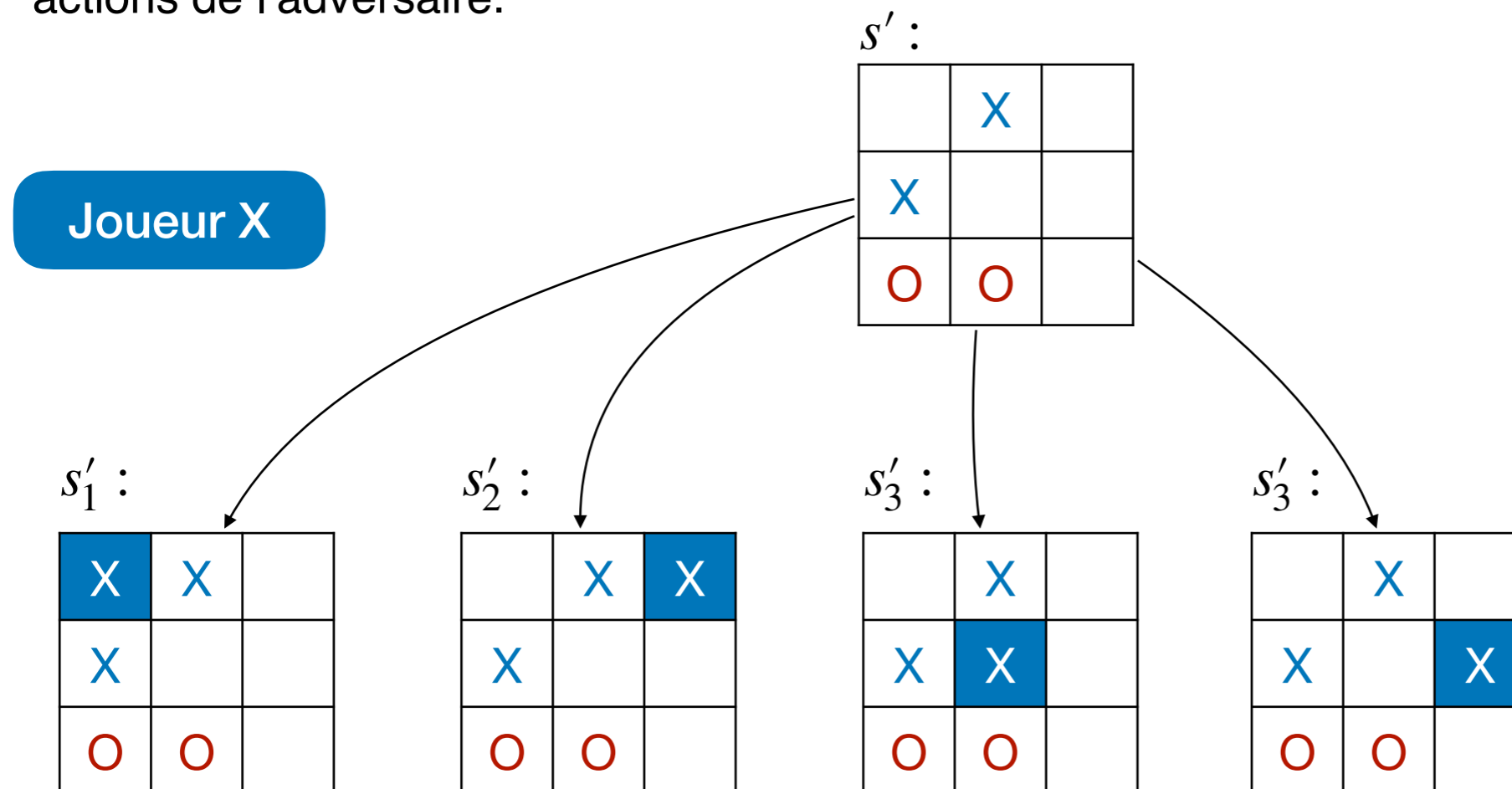
- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.



Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

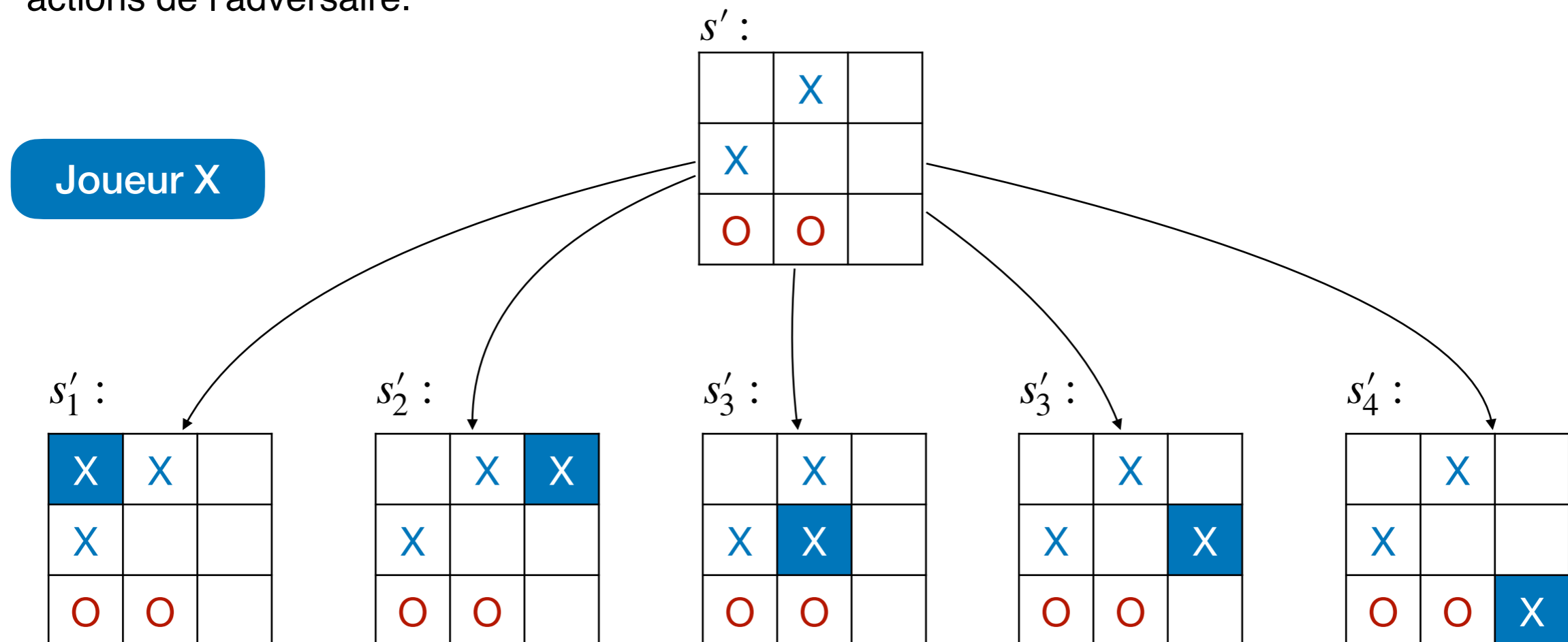
- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.



Comportement de l'Agent dans un Jeu Compétitif

L'Agent dans un Jeu Compétitif

- Dans un jeu à deux joueurs, l'agent cherche à maximiser son gain tout en anticipant les actions de l'adversaire
- Il adopte une **stratégie** visant à approcher **l'oracle** (stratégie optimale)
- **Stratégie d'optimisation** : L'agent ajuste ses actions selon ses perceptions passées et les actions de l'adversaire.



Arbre de Jeu

Structure

- Un arbre de jeu est une structure modélisant toutes les configurations possibles d'un jeu et les décisions des joueurs à chaque étape
- **Jeu à Deux Joueurs** : L'arbre représente les alternances des actions des joueurs depuis l'état initial jusqu'aux états terminaux
- Composants principaux :
 - **Nœuds** : États du jeu ($s \in S$)
 - **Arcs** : Actions effectuées par les joueurs ($a \in A$)
 - **Racine** : État initial s_0
 - **Feuilles** : États terminaux du jeu

Arbre de Jeu

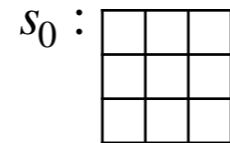
Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne

Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

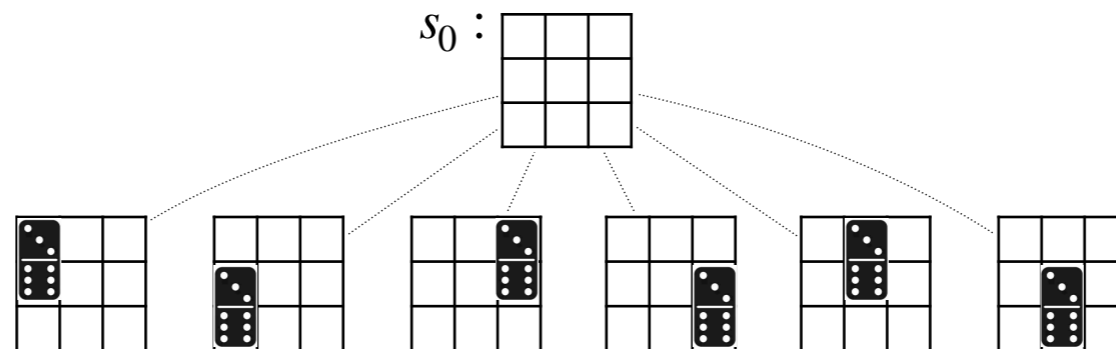
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

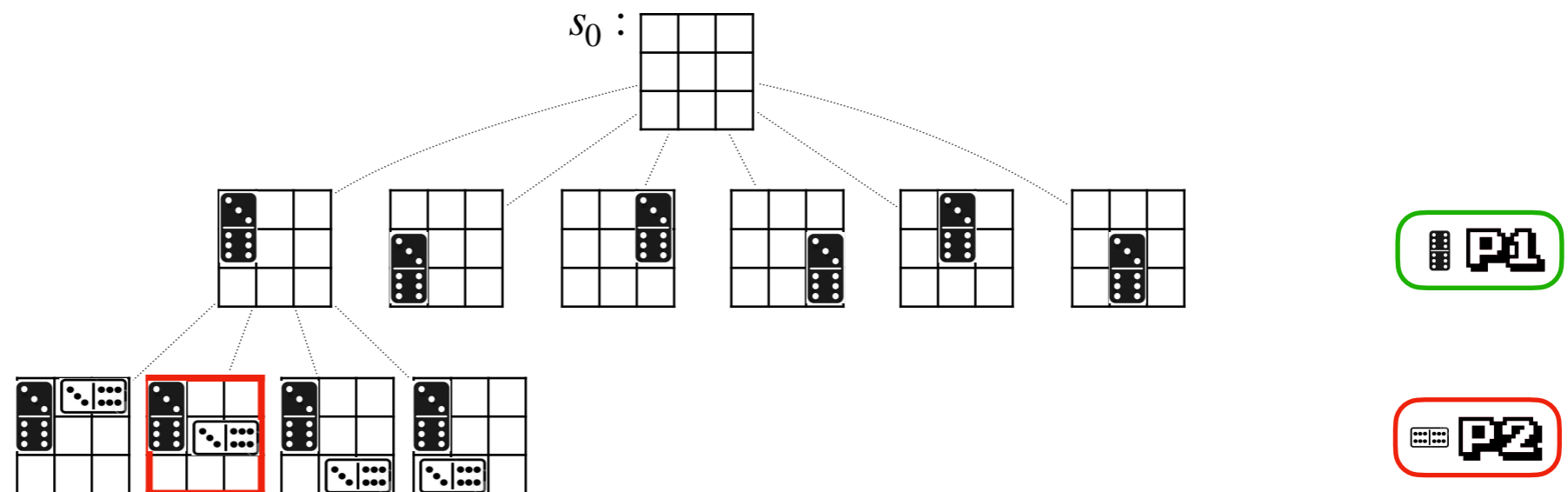
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

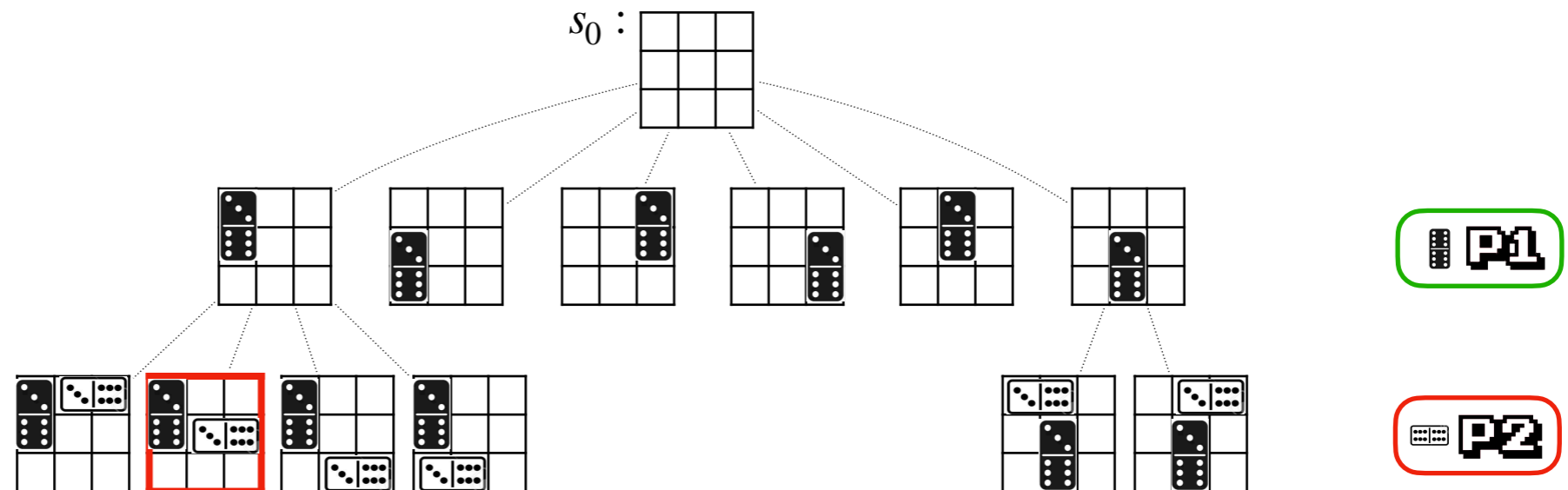
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

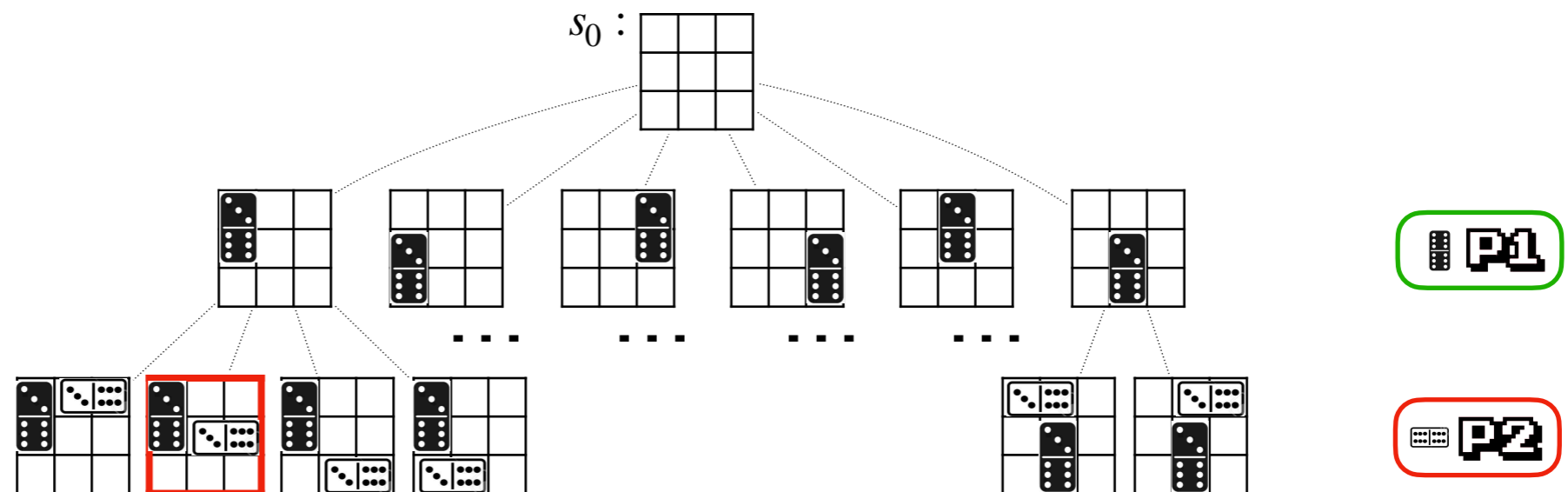
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

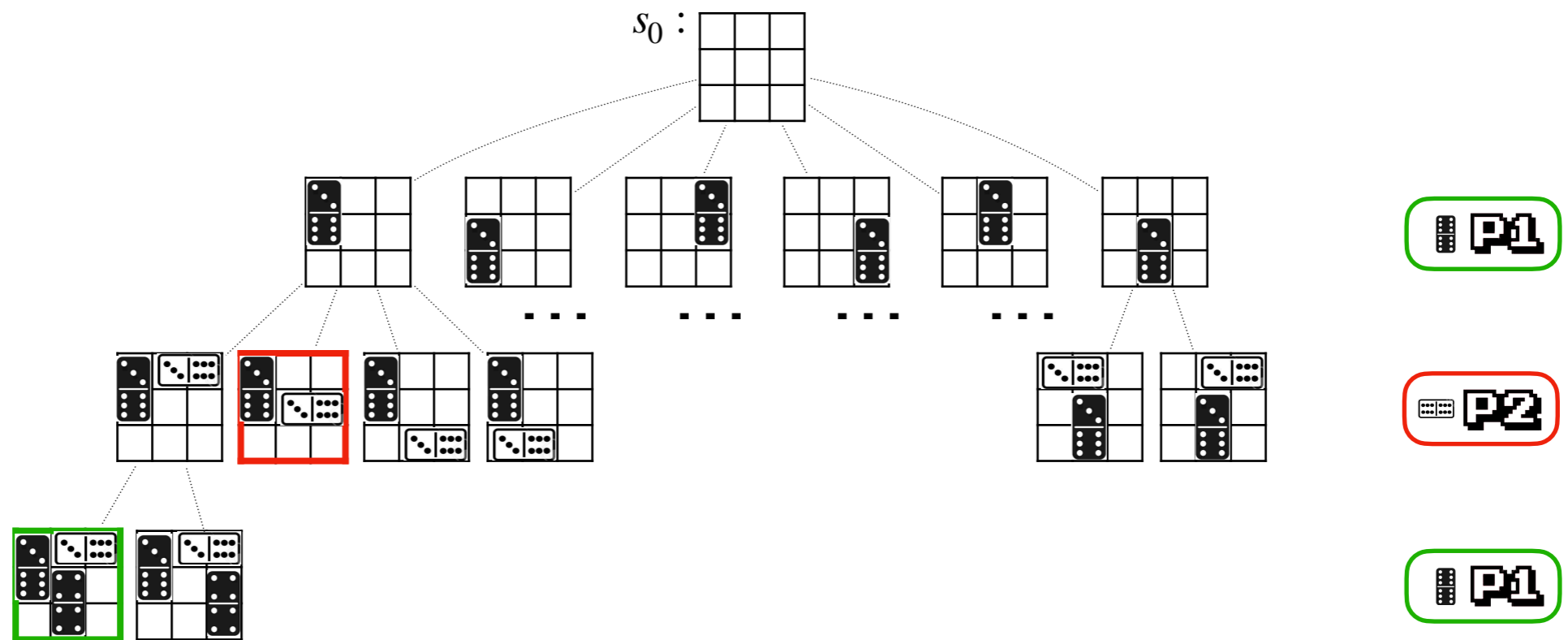
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

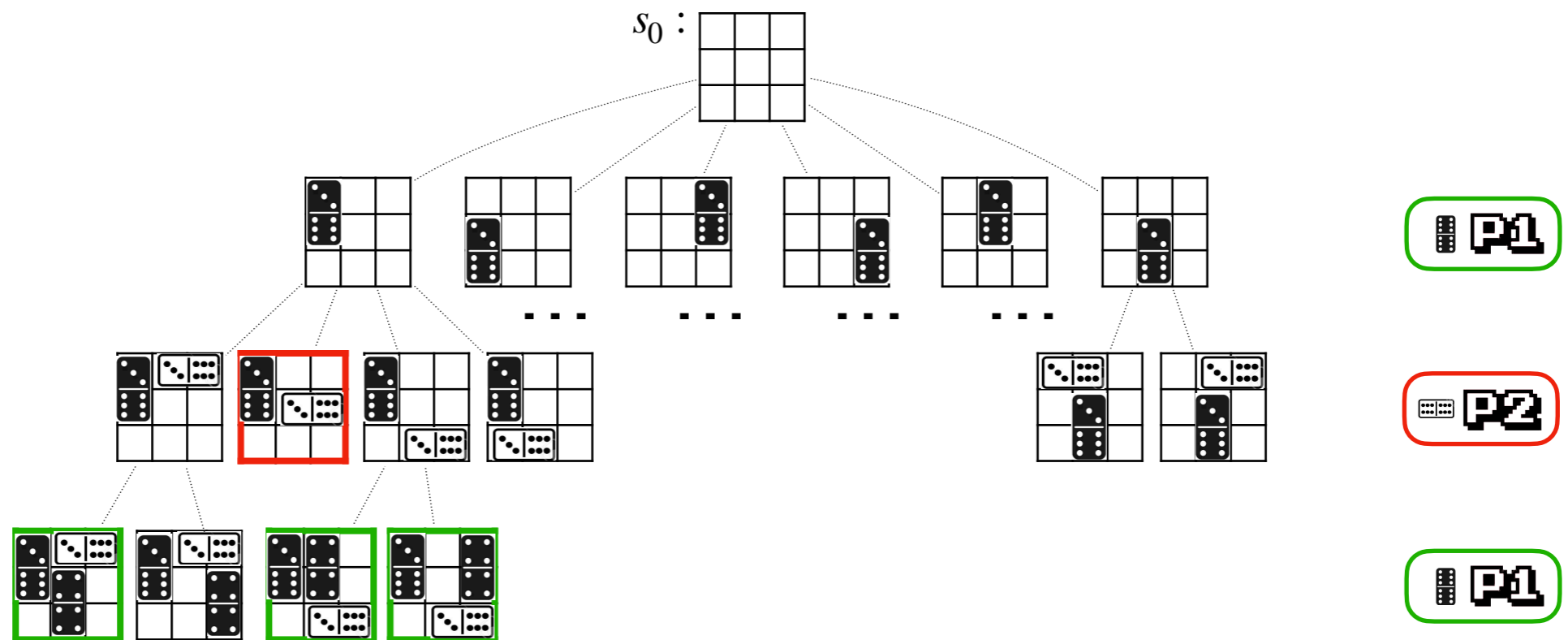
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

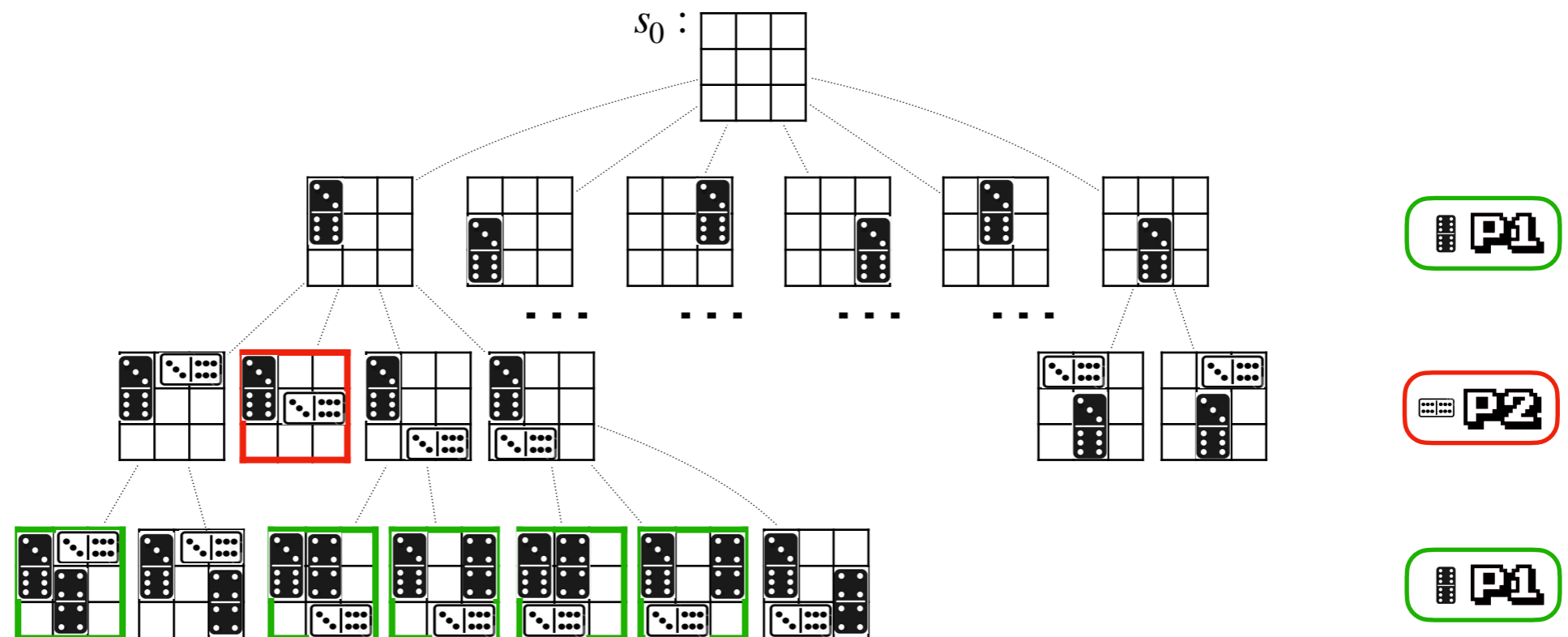
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

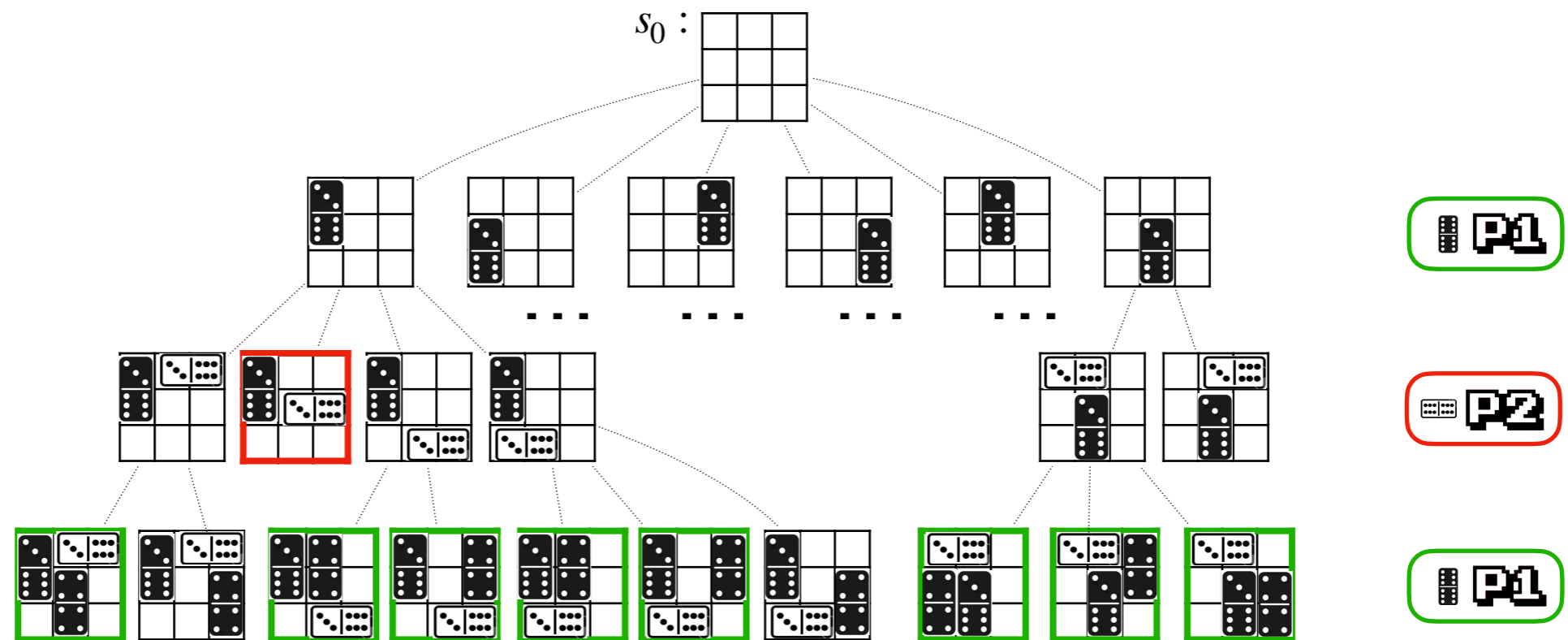
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

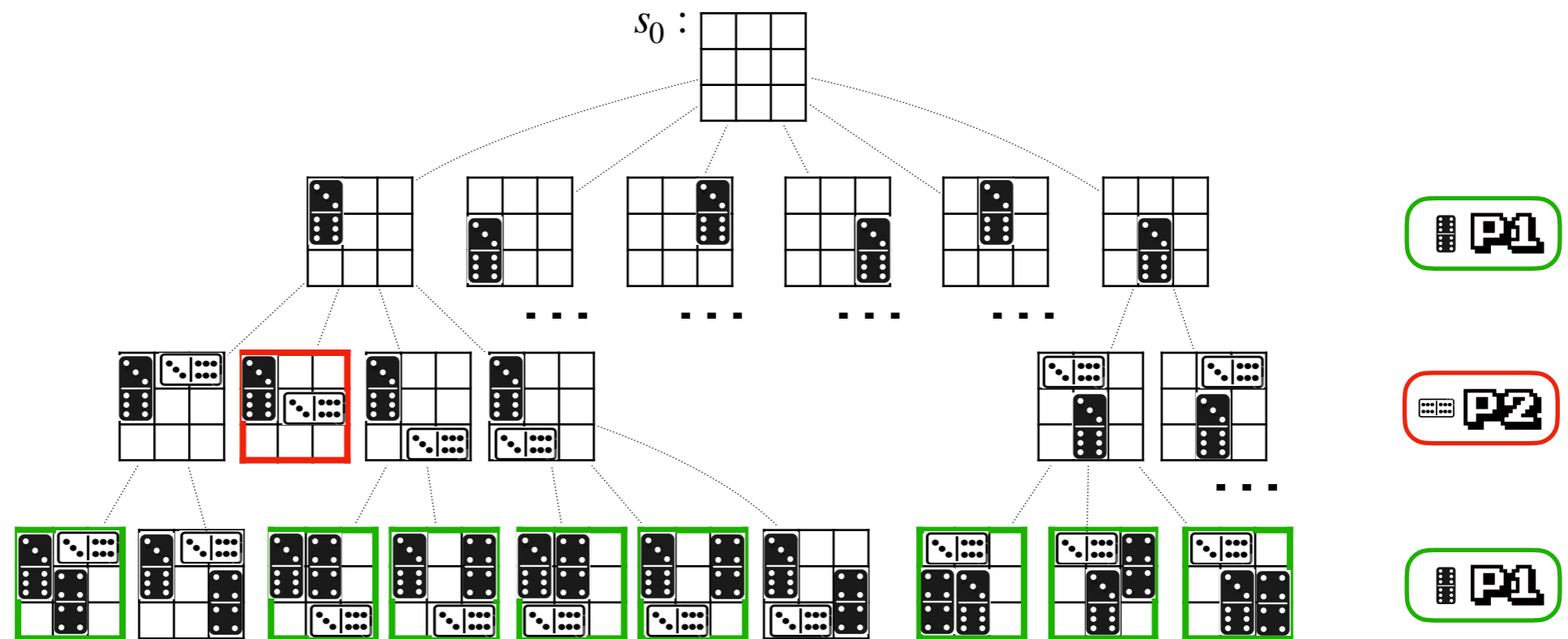
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

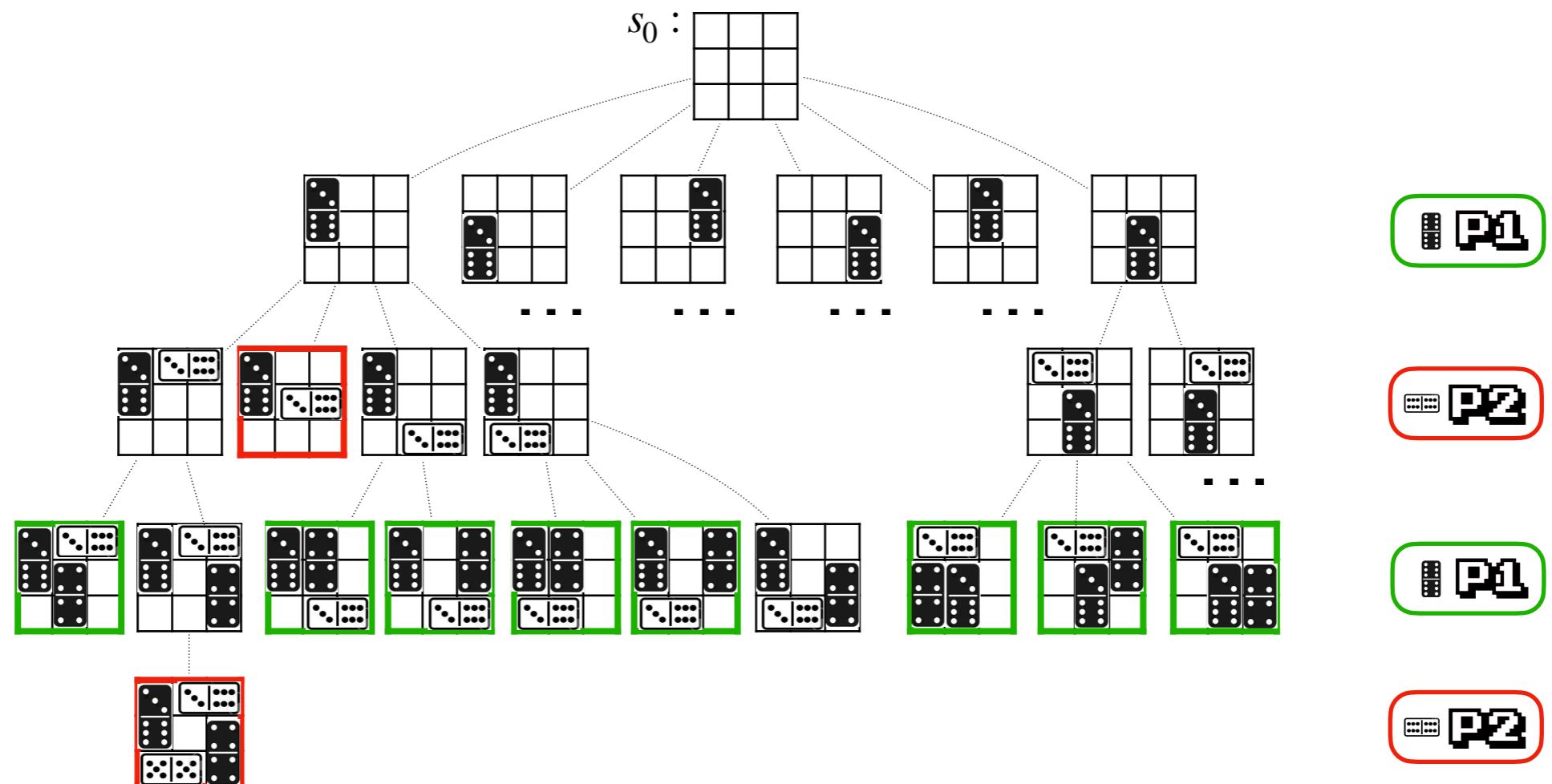
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

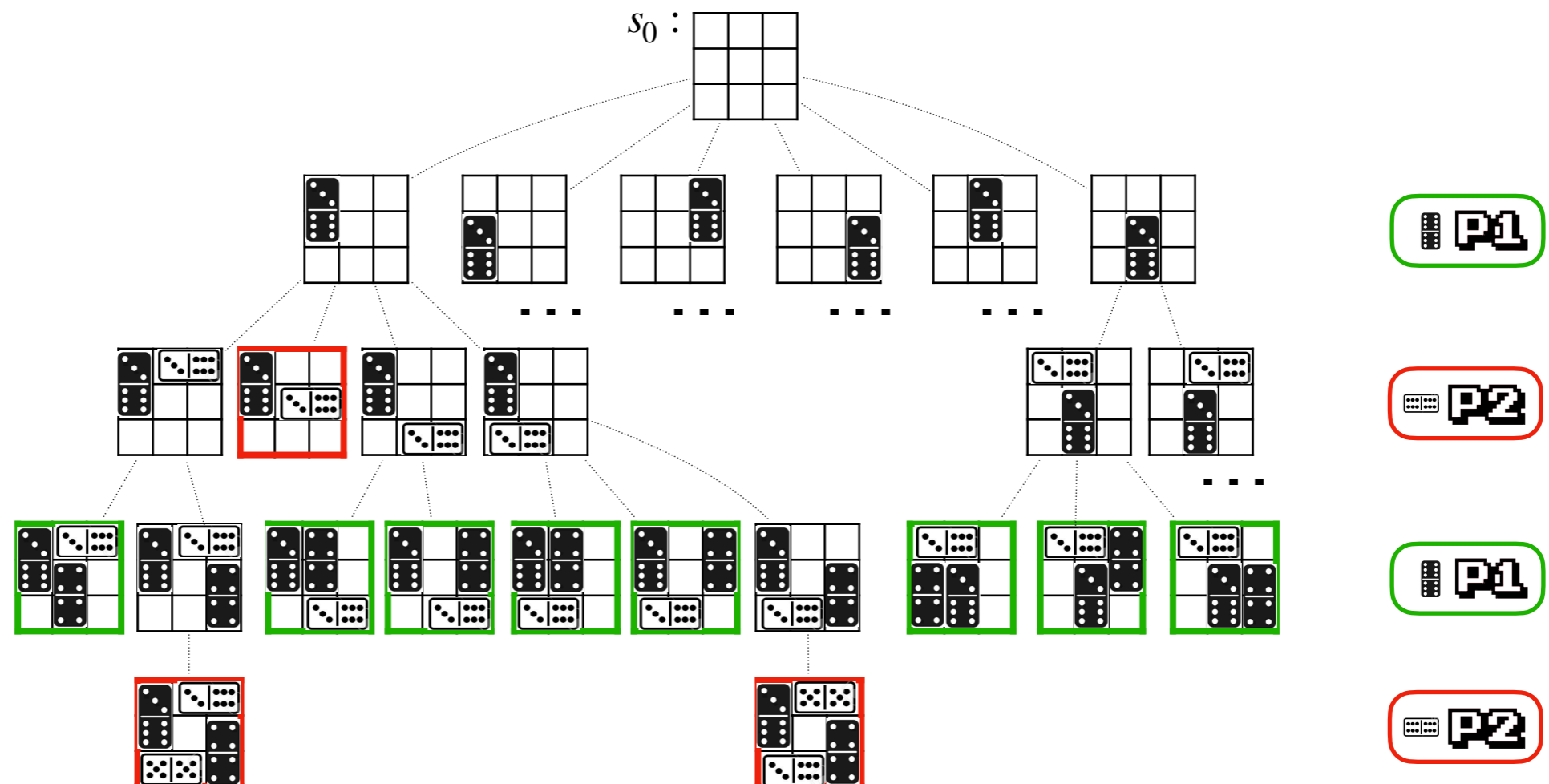
- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

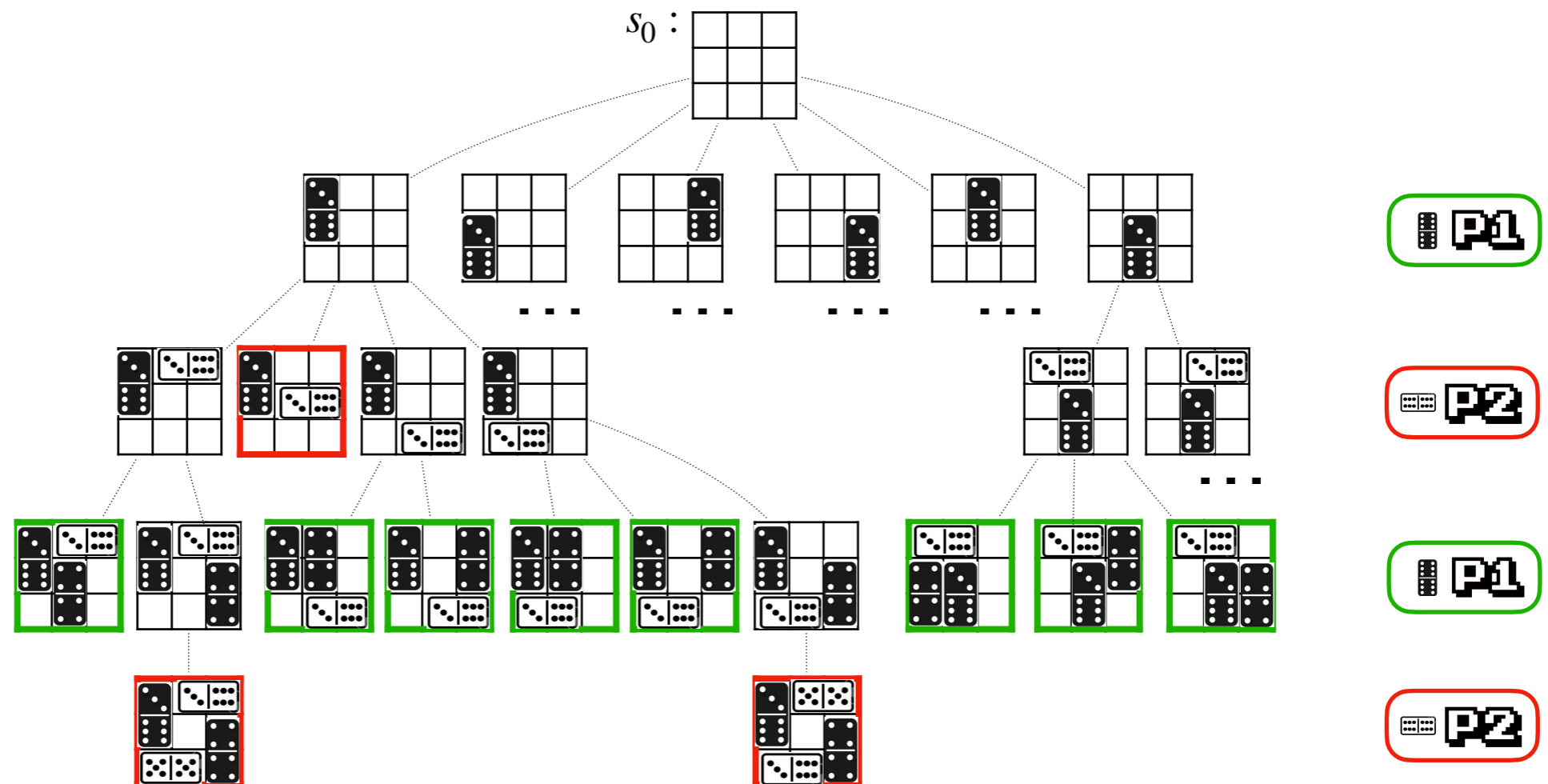
Exemple Pratique - Placement de Dominos sur un Tableau $n \times n$

- Les joueurs placent des dominos sur un tableau à tour de rôle : l'un les place **horizontalement**, tandis que l'autre les place **verticalement**
- Le jeu se termine lorsque plus aucun domino ne peut être placé
- Le joueur qui effectue le dernier placement gagne



Arbre de Jeu

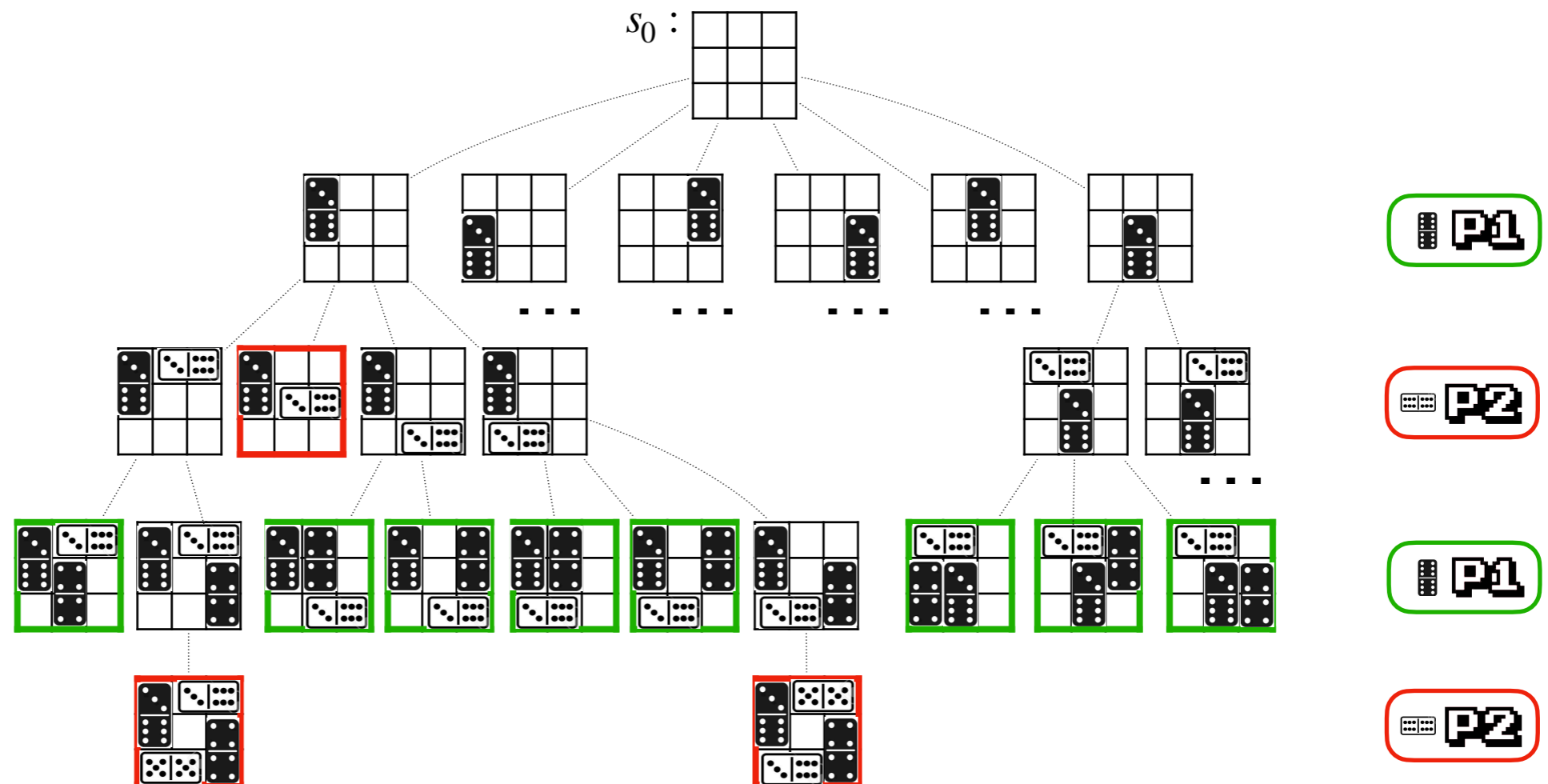
Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante



Arbre de Jeu

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

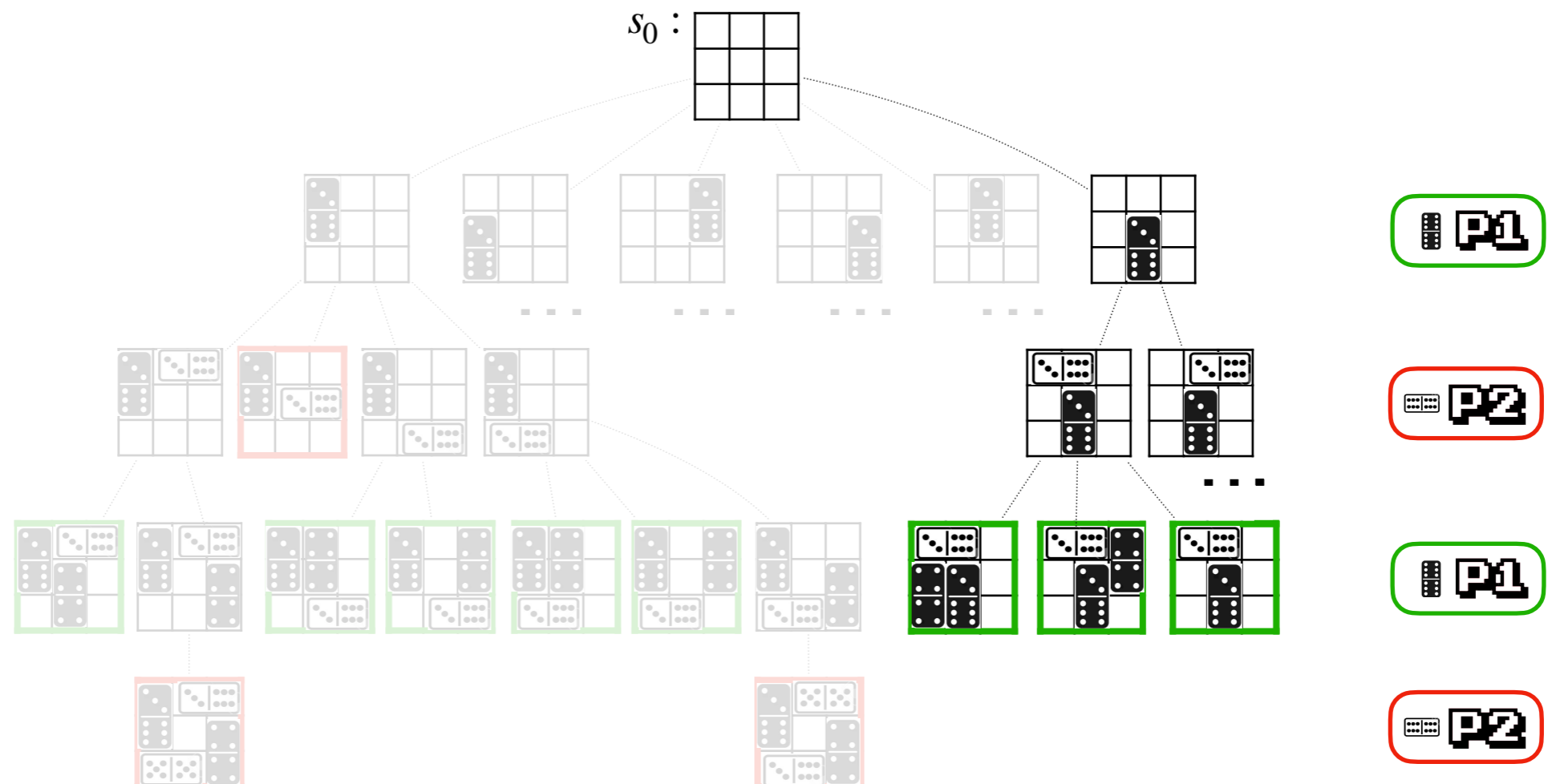
- **Objectif** : Identifier la stratégie optimale pour le joueur qui commence.
- **Questions** :
 1. Quelle stratégie permet à **P1** de garantir une victoire ?
 2. Quelles configurations sont critiques pour éviter une défaite ?



Arbre de Jeu

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

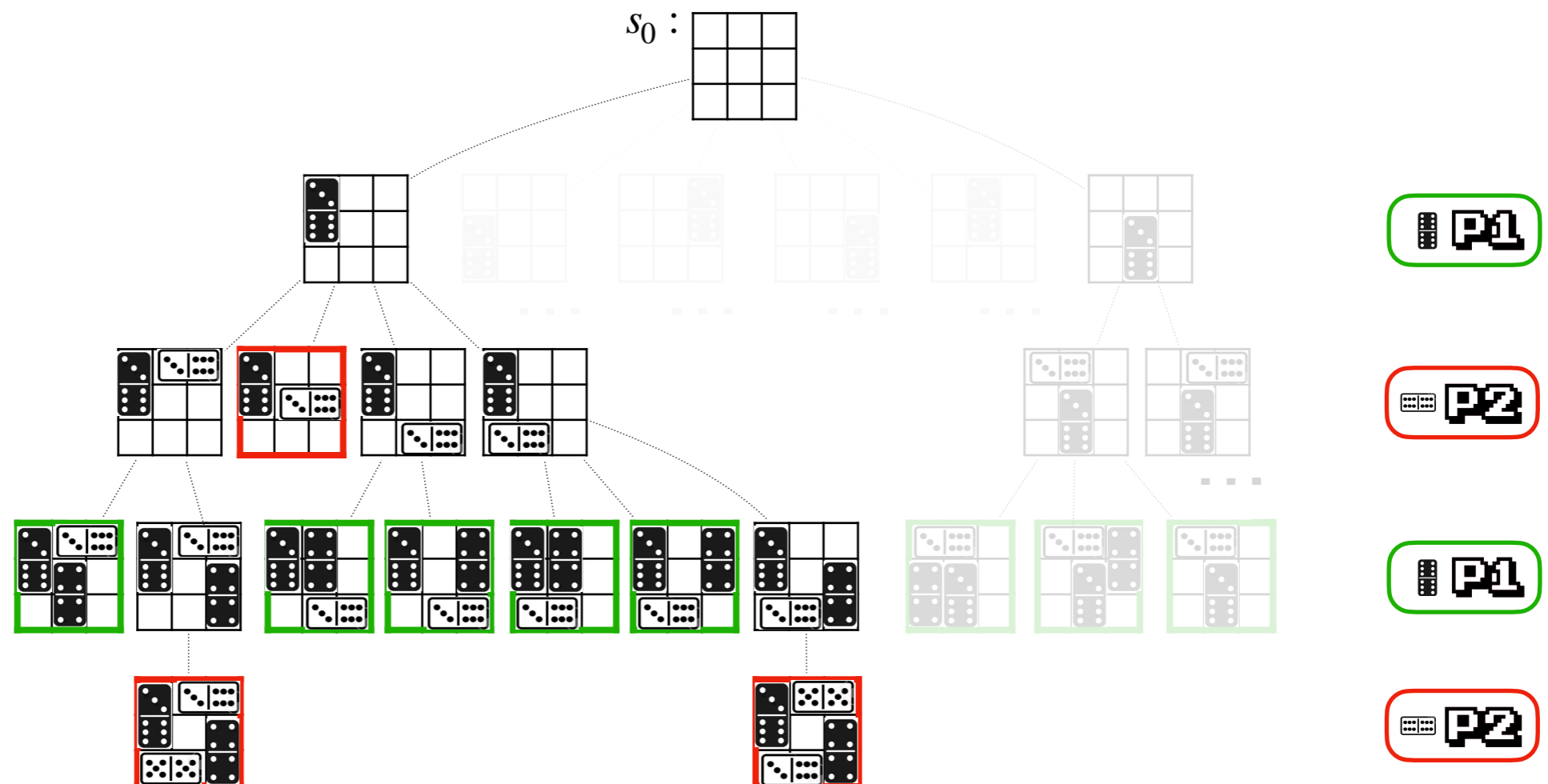
- **Objectif** : Identifier la stratégie optimale pour le joueur qui commence.
- **Questions** :
 1. Quelle stratégie permet à **P1** de garantir une victoire ?
 2. Quelles configurations sont critiques pour éviter une défaite ?



Arbre de Jeu

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Objectif** : Identifier la stratégie optimale pour le joueur qui commence.
- **Questions** :
 1. Quelle stratégie permet à **P1** de garantir une victoire ?
 2. Quelles configurations sont critiques pour éviter une défaite ?



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante

Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

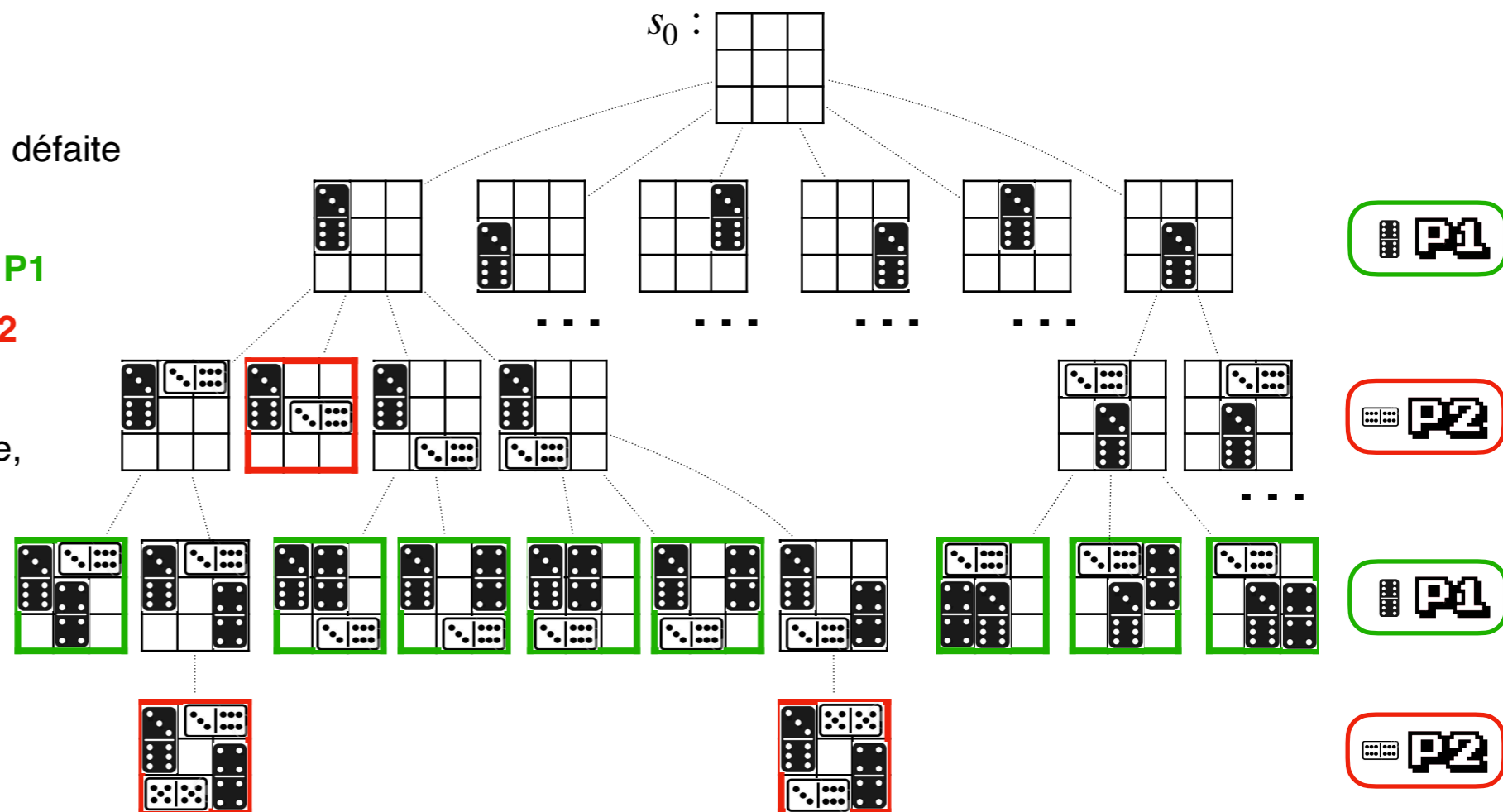
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

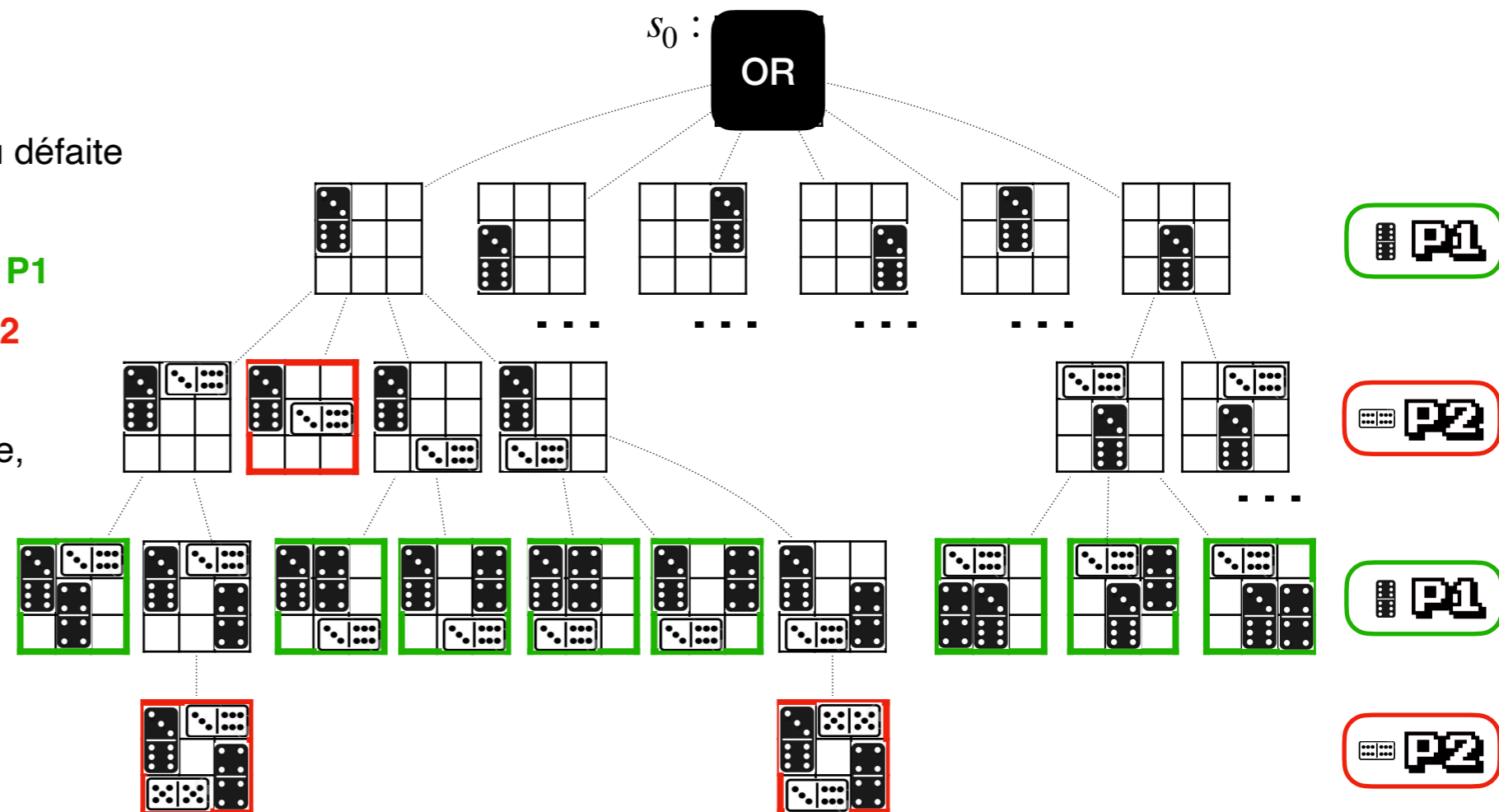
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

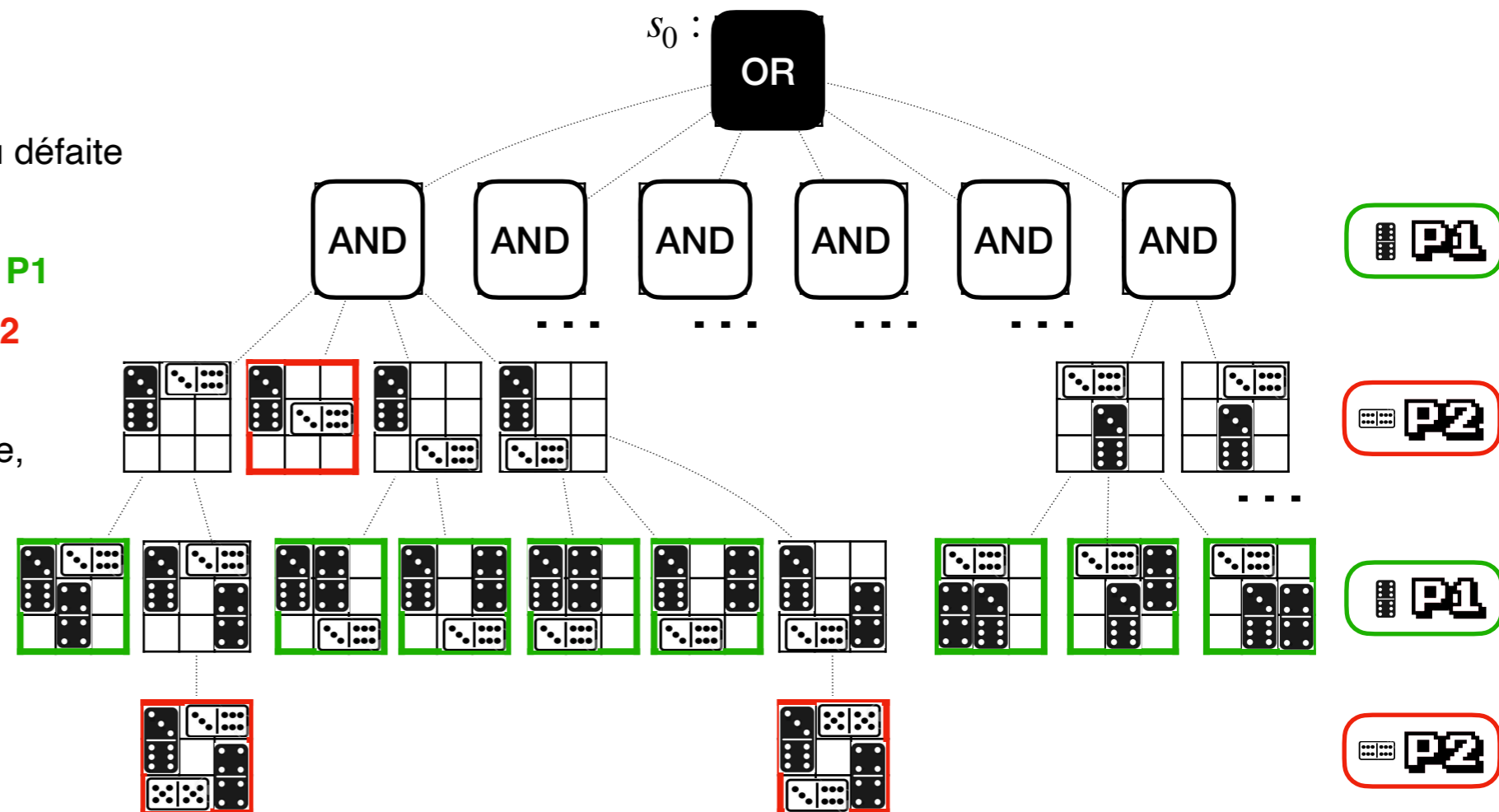
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

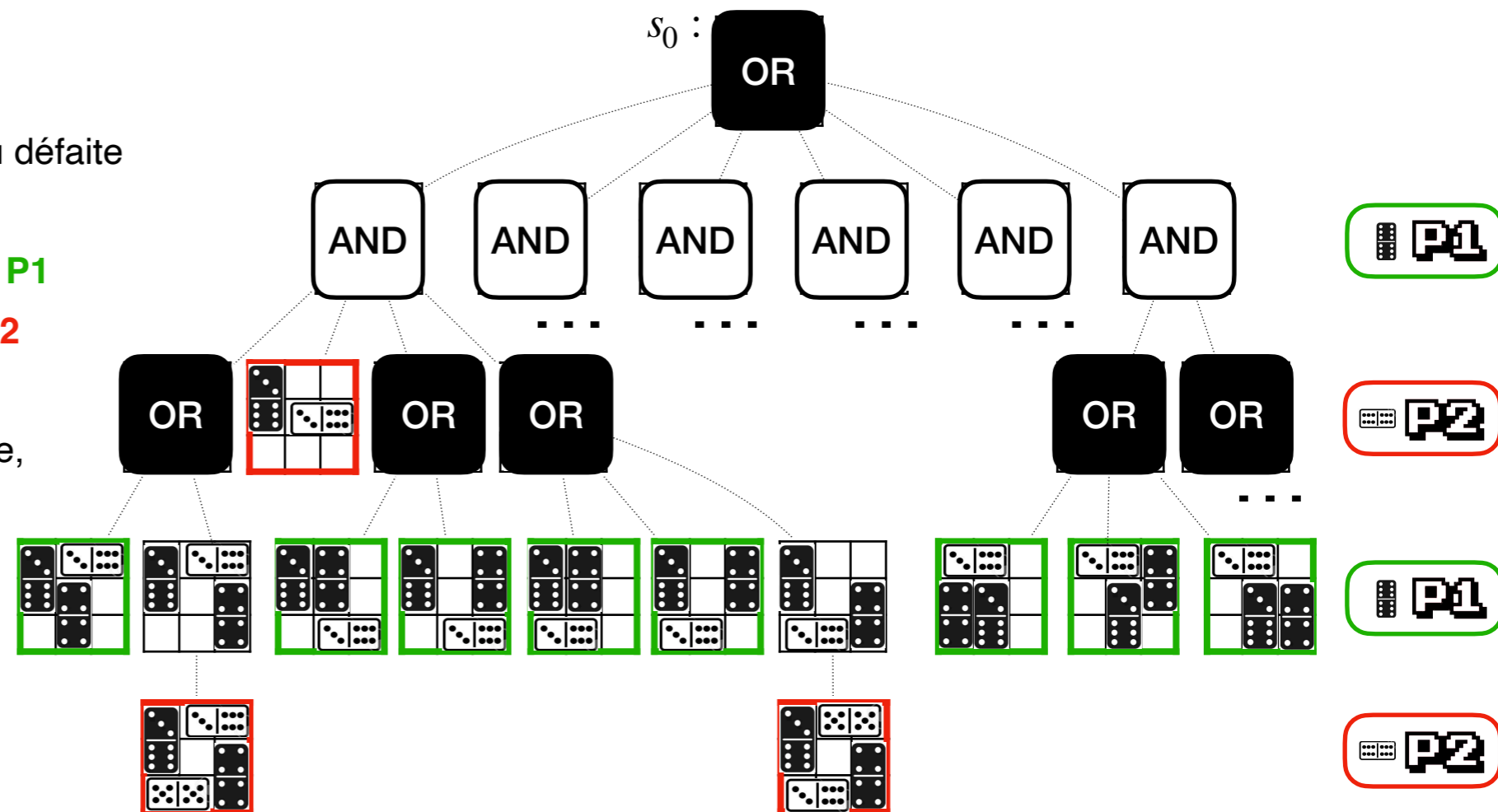
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

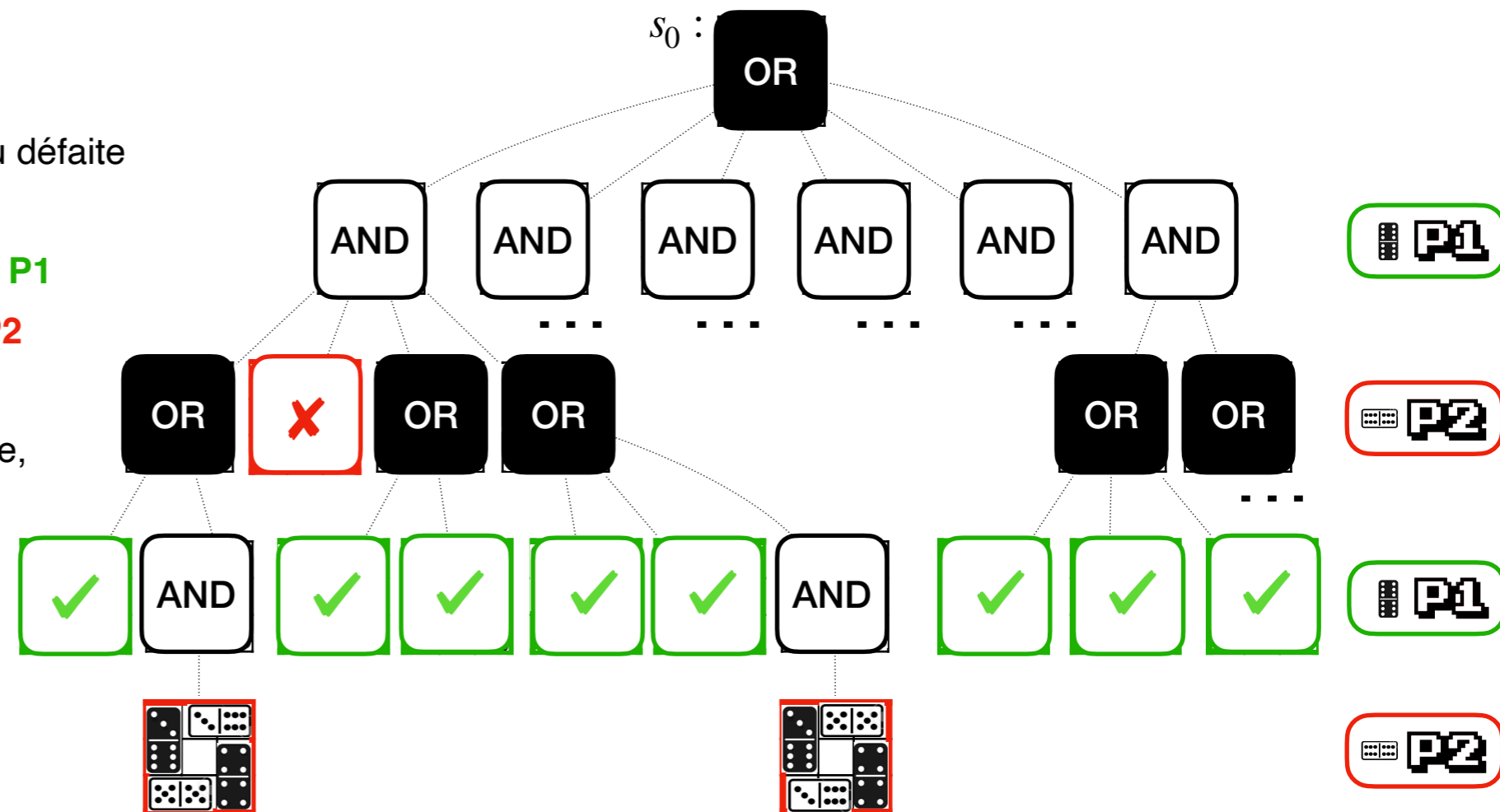
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

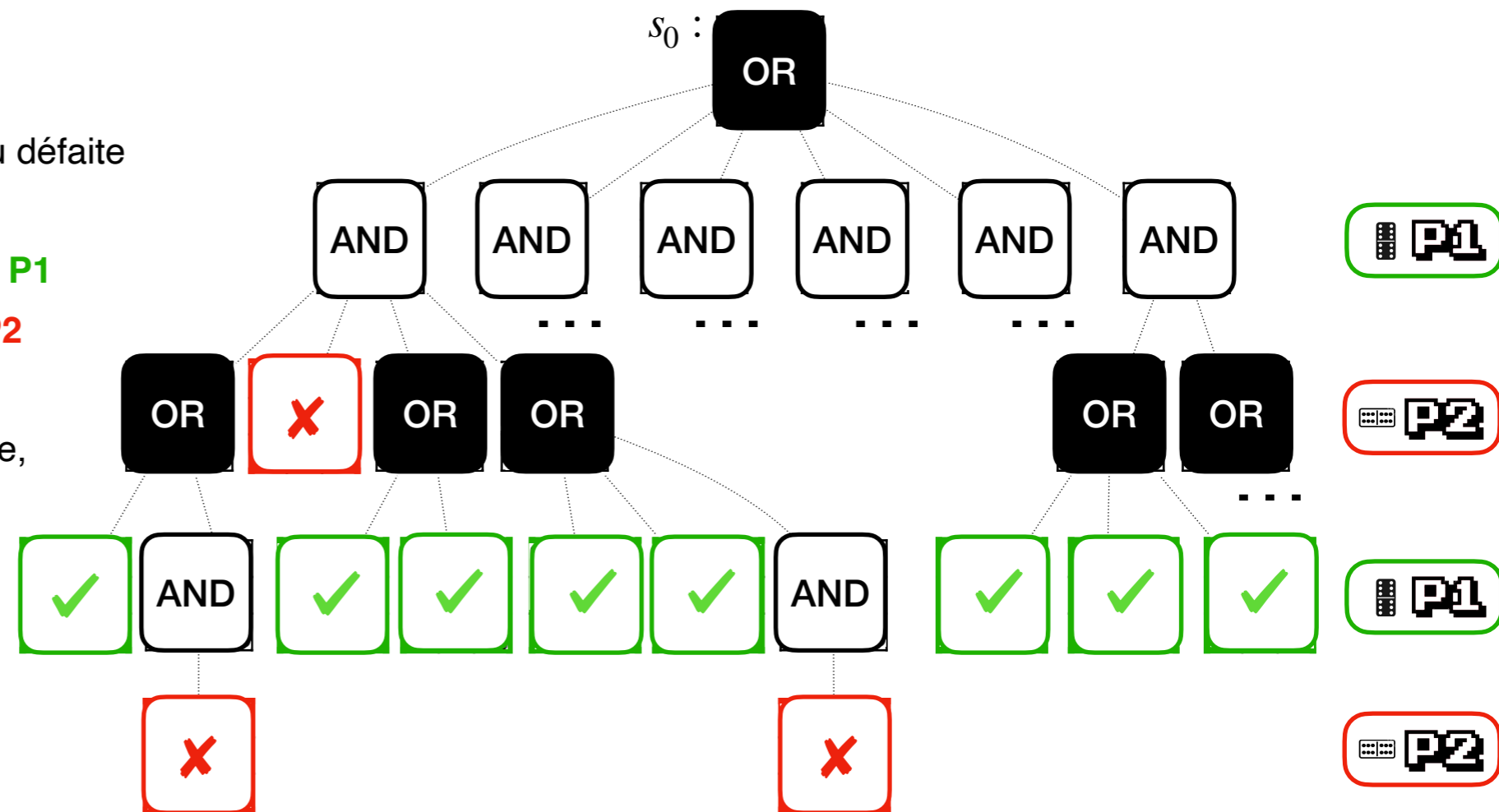
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Exercice Pratique - Trouver la Stratégie Gagnante

- **Arbre AND/OR :**

- **Nœuds AND :** Choix du joueur 1 (maximisation du gain)
- **Nœuds OR :** Choix du joueur 2 (minimisation du gain de **P1**)

- **Procédure :**

1. **Analyse des feuilles :** Victoire ou défaite

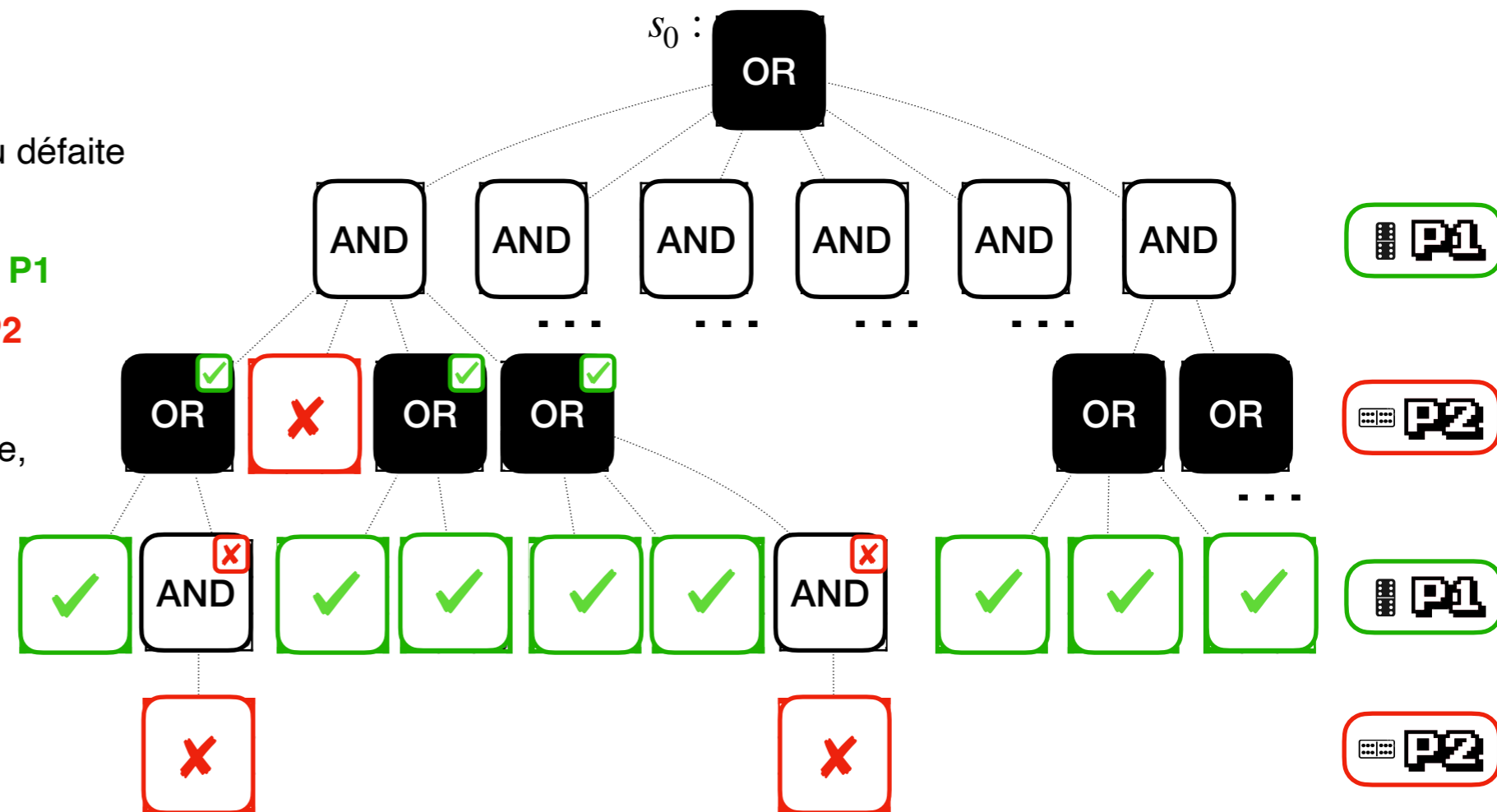
2. **Remontée des valeurs :**

- Nœud AND : maximisation par **P1**
- Nœud OR : minimisation par **P2**

3. **Évaluation à la racine :**

Si le nœud racine mène à une victoire,

P1 a une stratégie gagnante



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

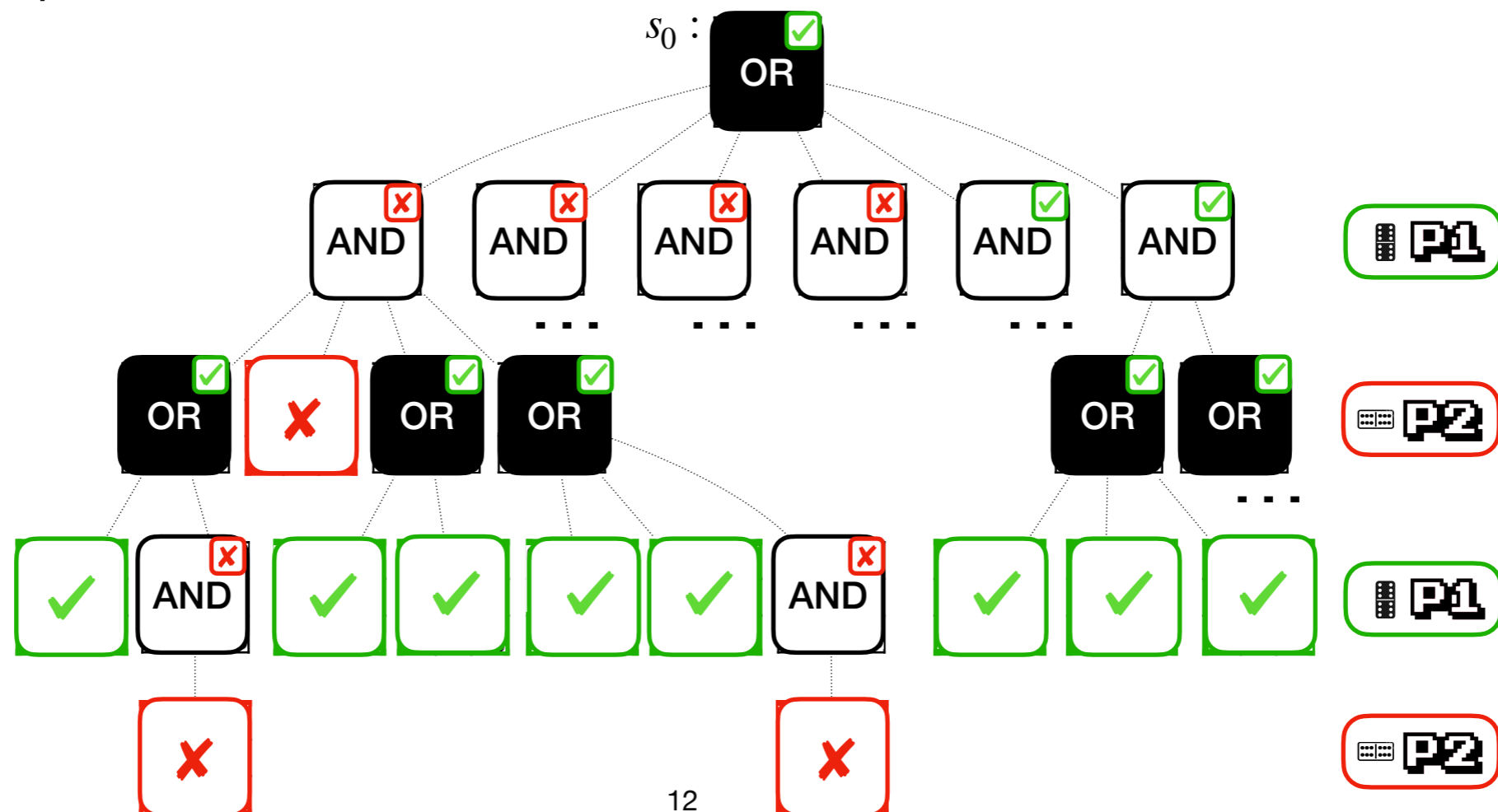
De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

- **Politique de Jeu :**
- Chaque état s est associé à une action optimale a
- À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale

Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

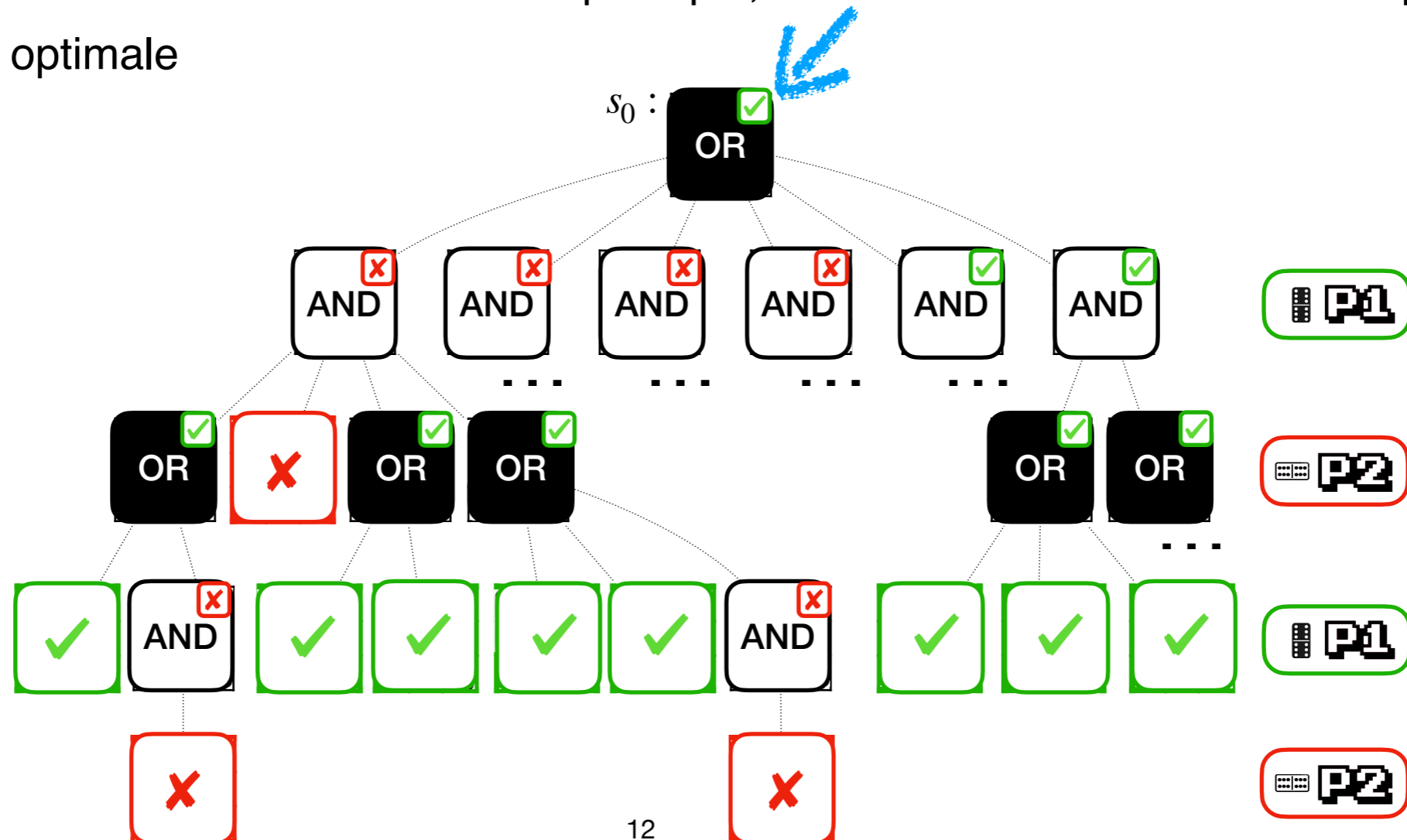
- **Politique de Jeu :**
- Chaque état s est associé à une action optimale a
- À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

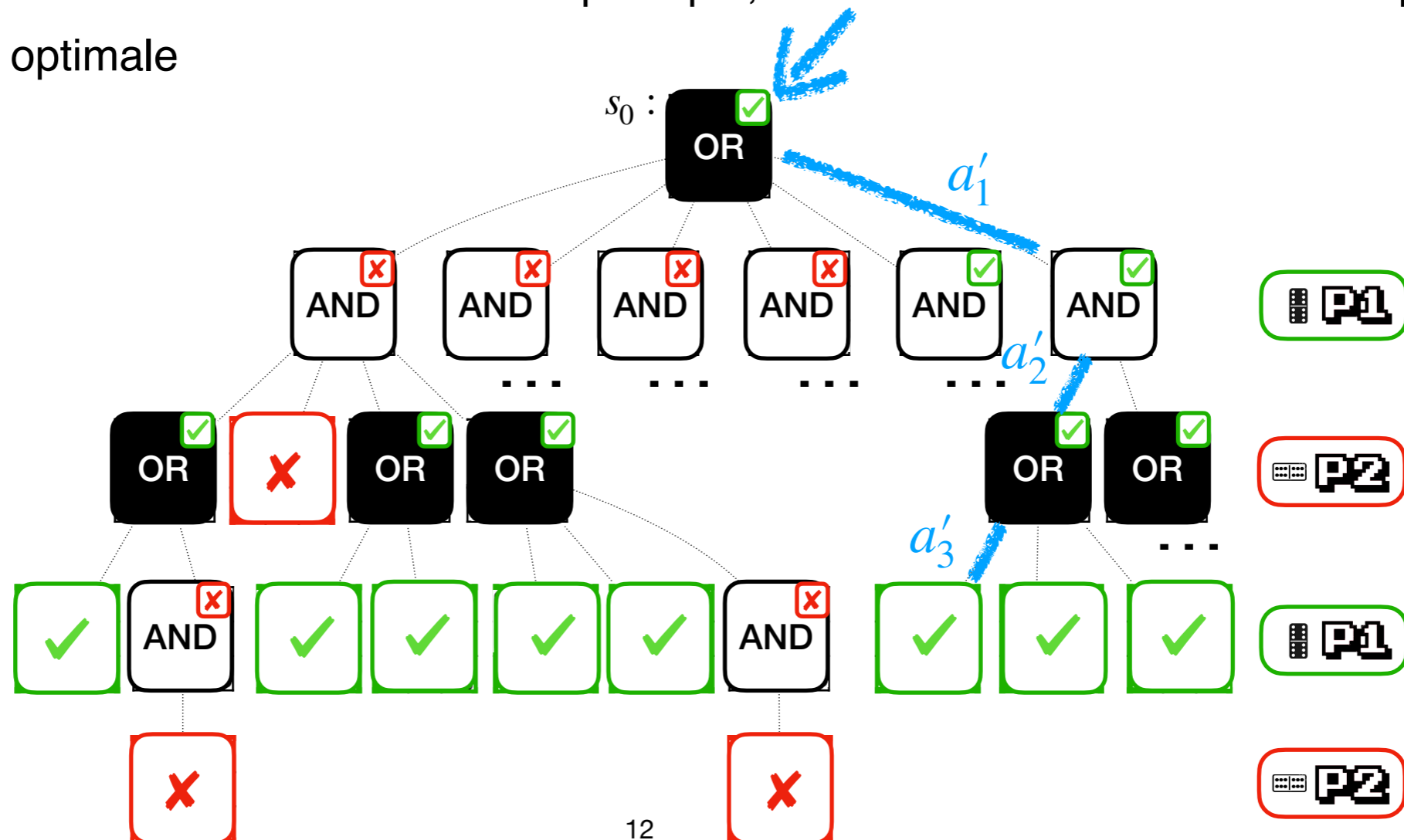
- **Politique de Jeu :**
- Chaque état s est associé à une action optimale a
- À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

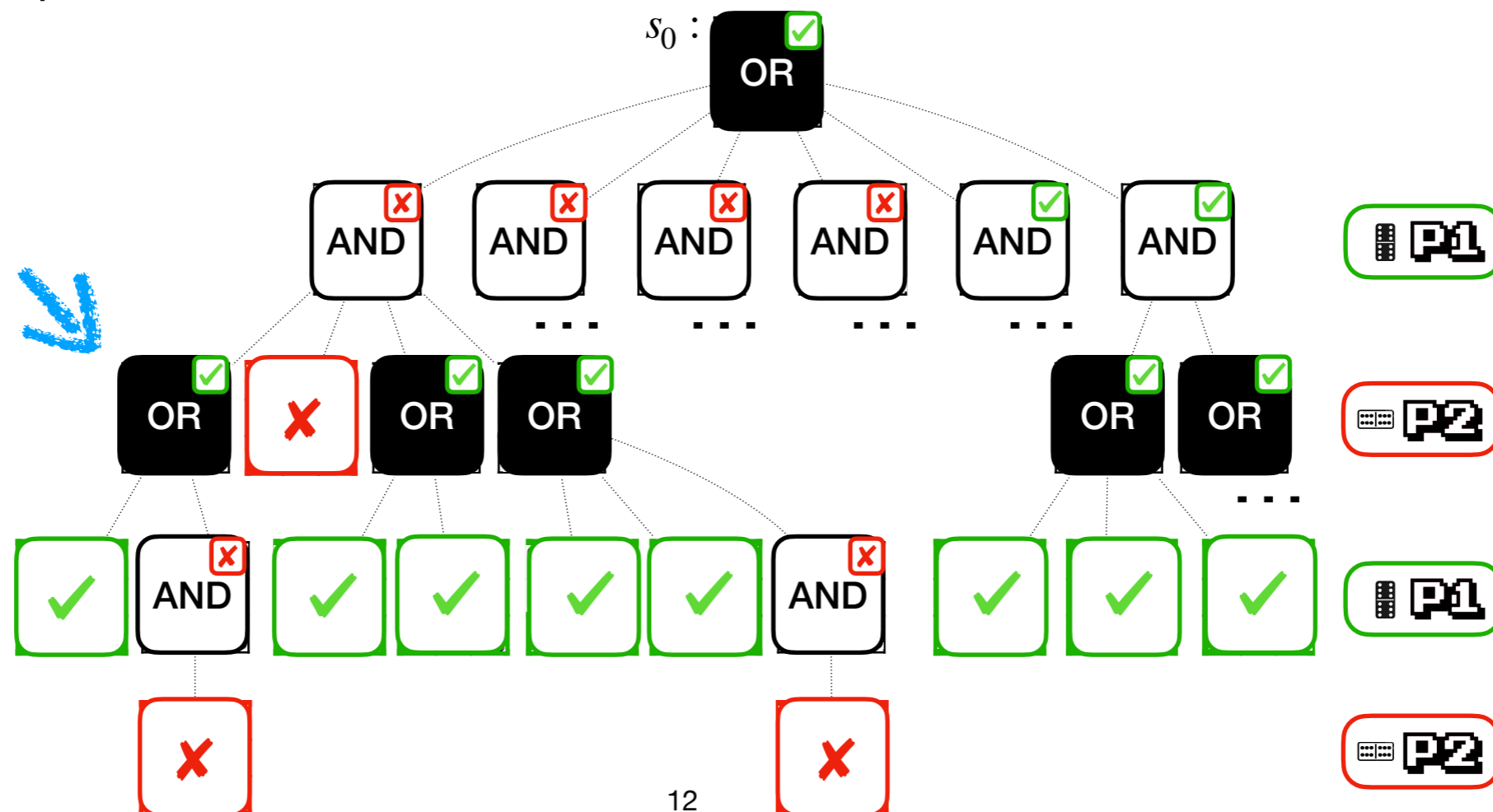
- **Politique de Jeu :**
 - Chaque état s est associé à une action optimale a
 - À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

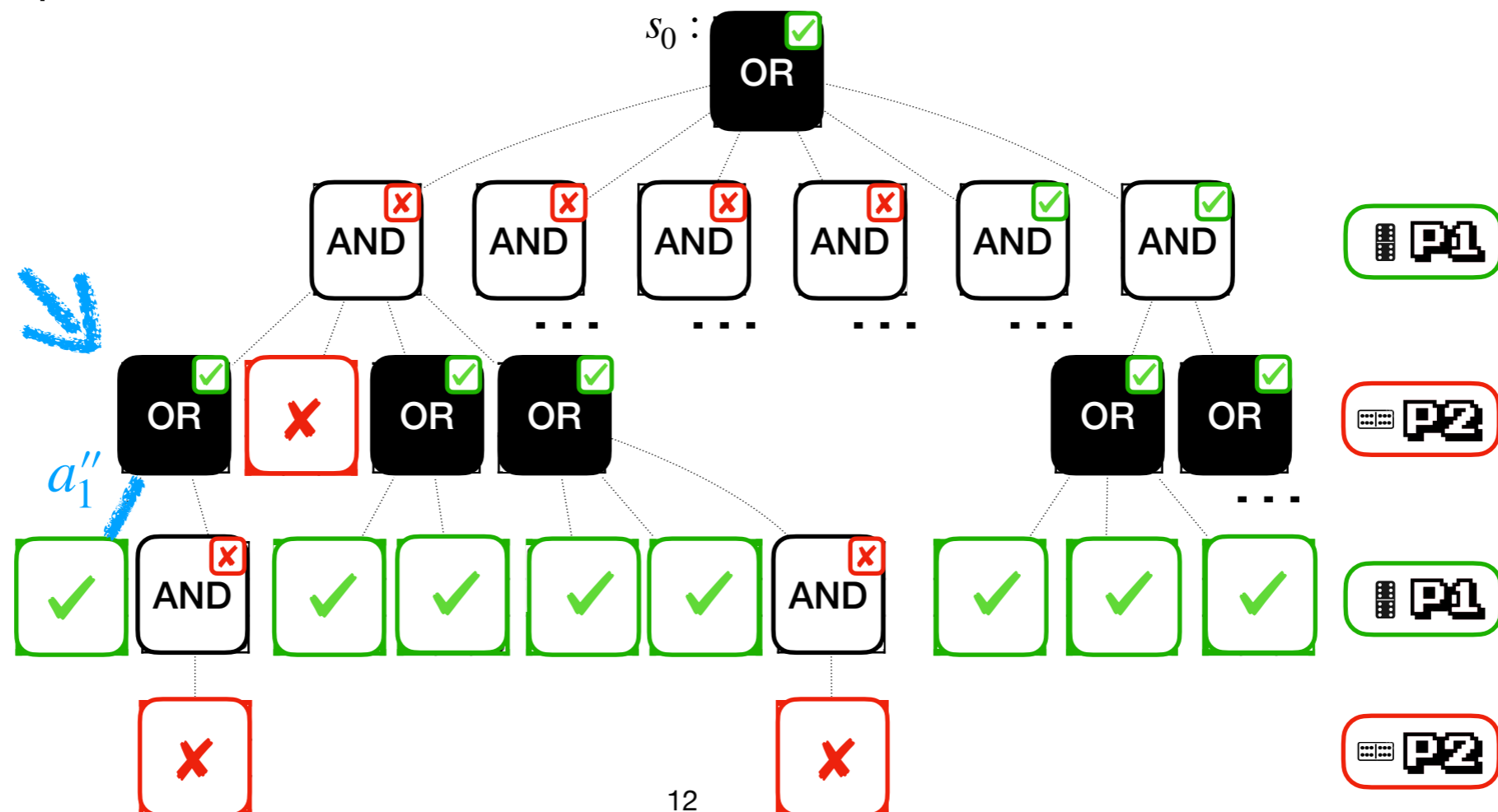
- **Politique de Jeu :**
- Chaque état s est associé à une action optimale a
- À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

De la Stratégie Gagnante à la Politique de Jeu

- **Politique de Jeu :**
 - Chaque état s est associé à une action optimale a
 - À chaque tour, le joueur observe l'état et choisit l'action optimale selon la politique
- **But :** Garantir la victoire en suivant la politique, même face à un adversaire qui joue de manière non optimale



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

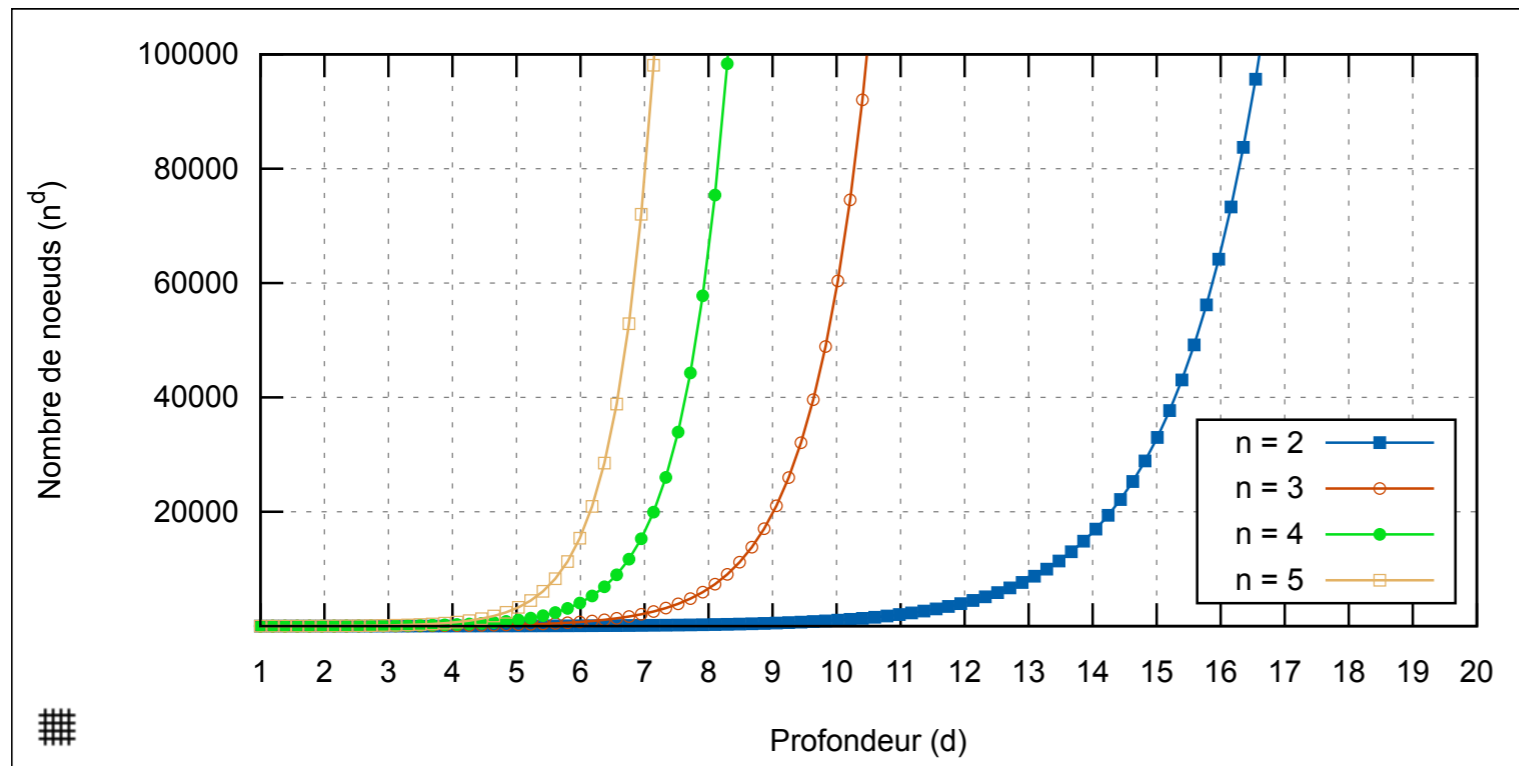
Complexité des Arbres de Jeu

- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$

Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

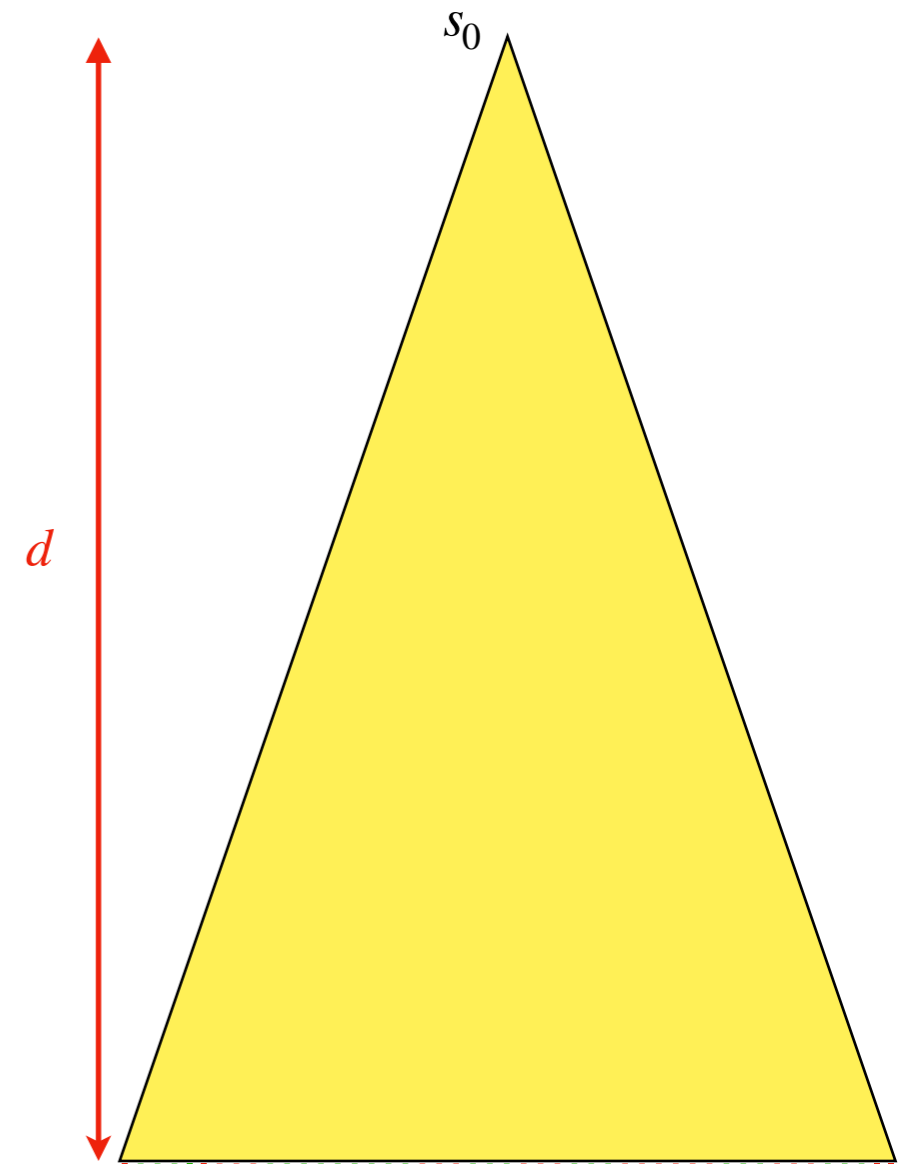
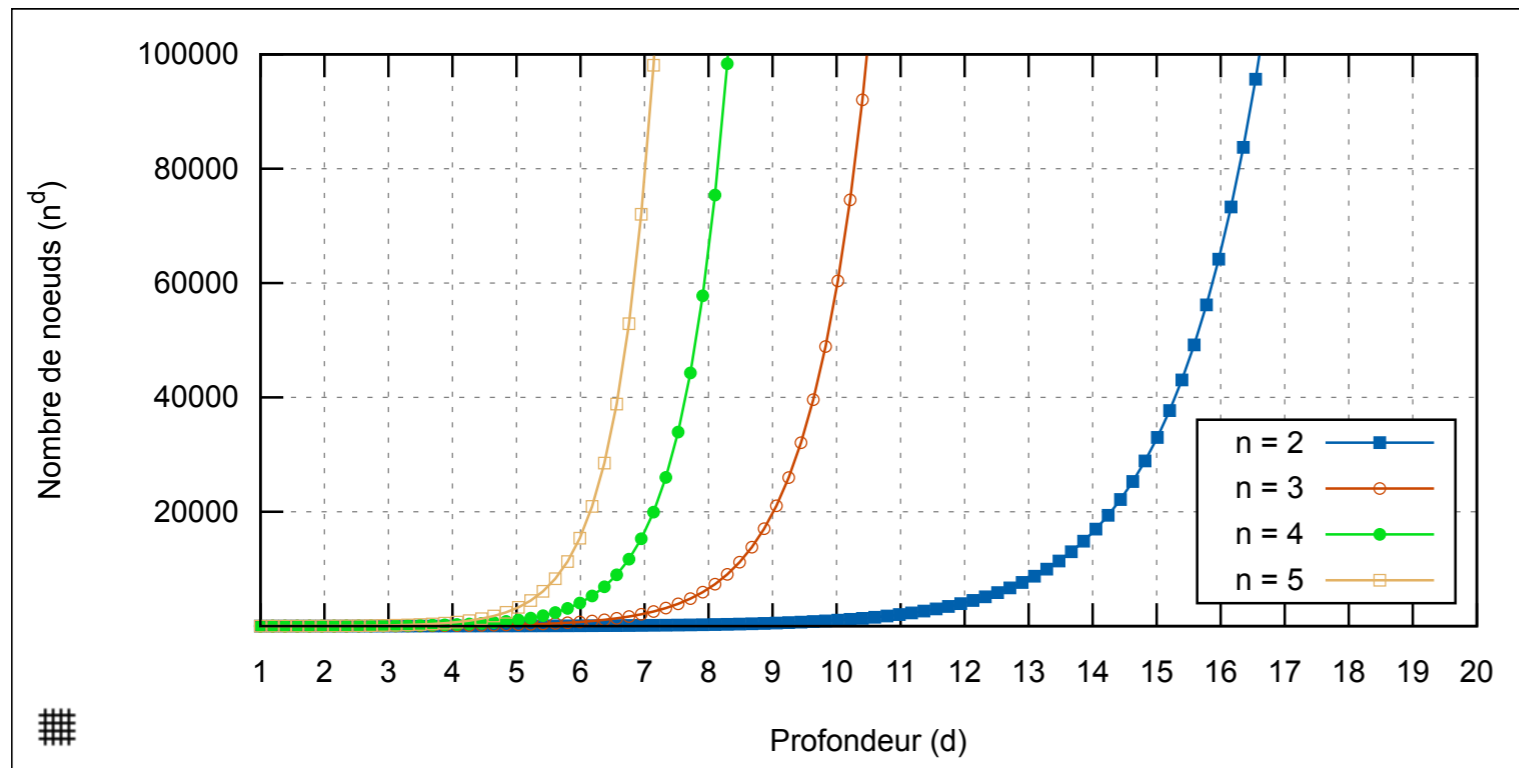
- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

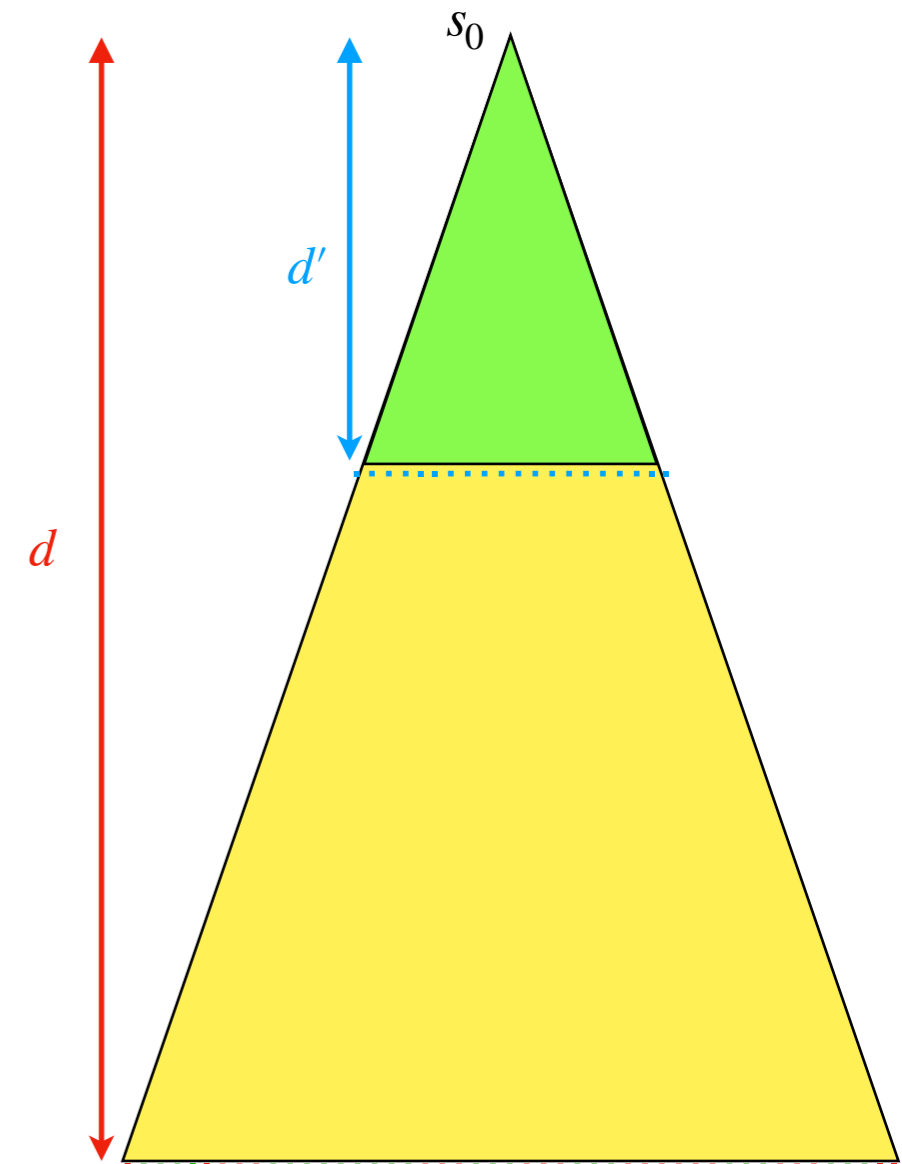
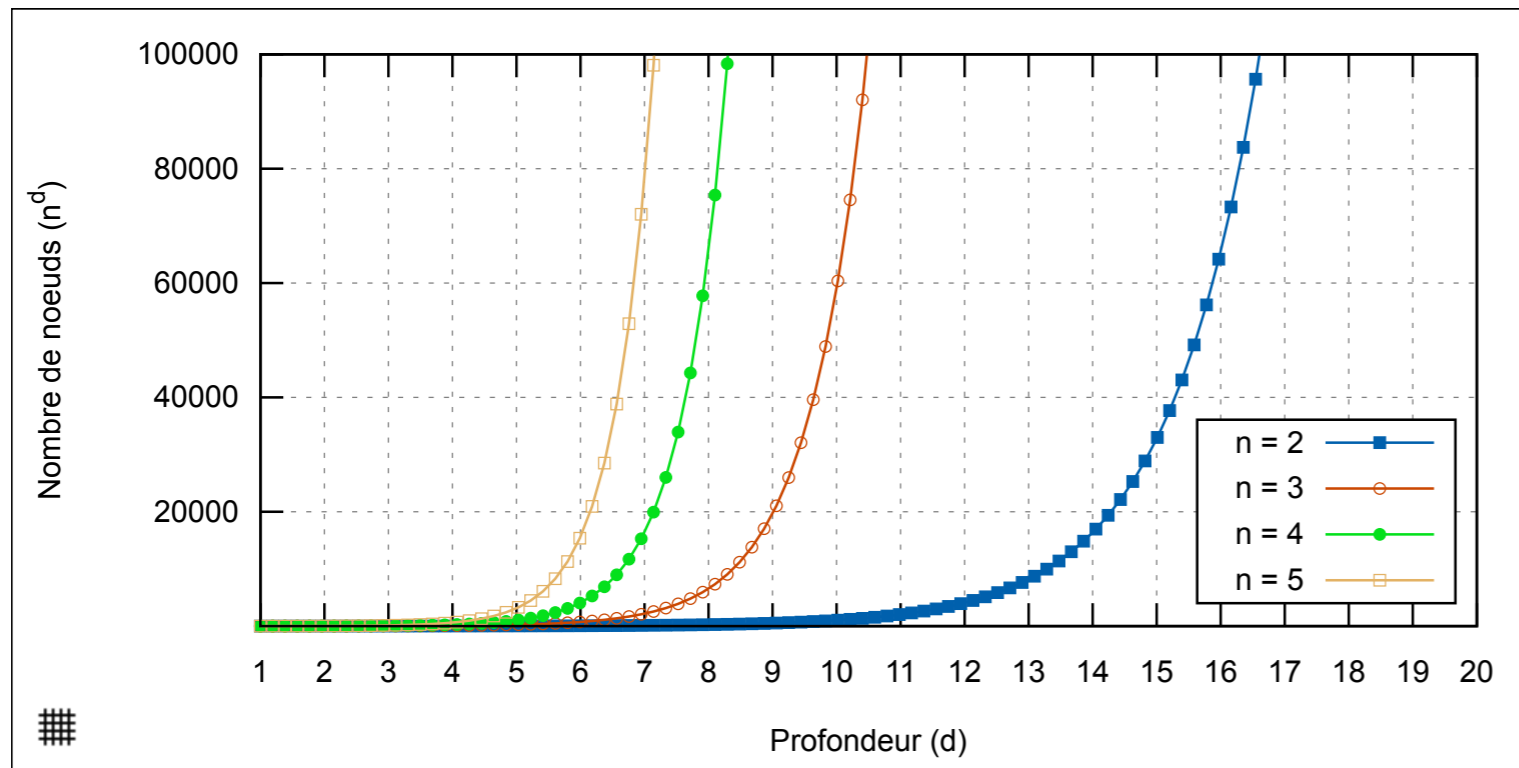
- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

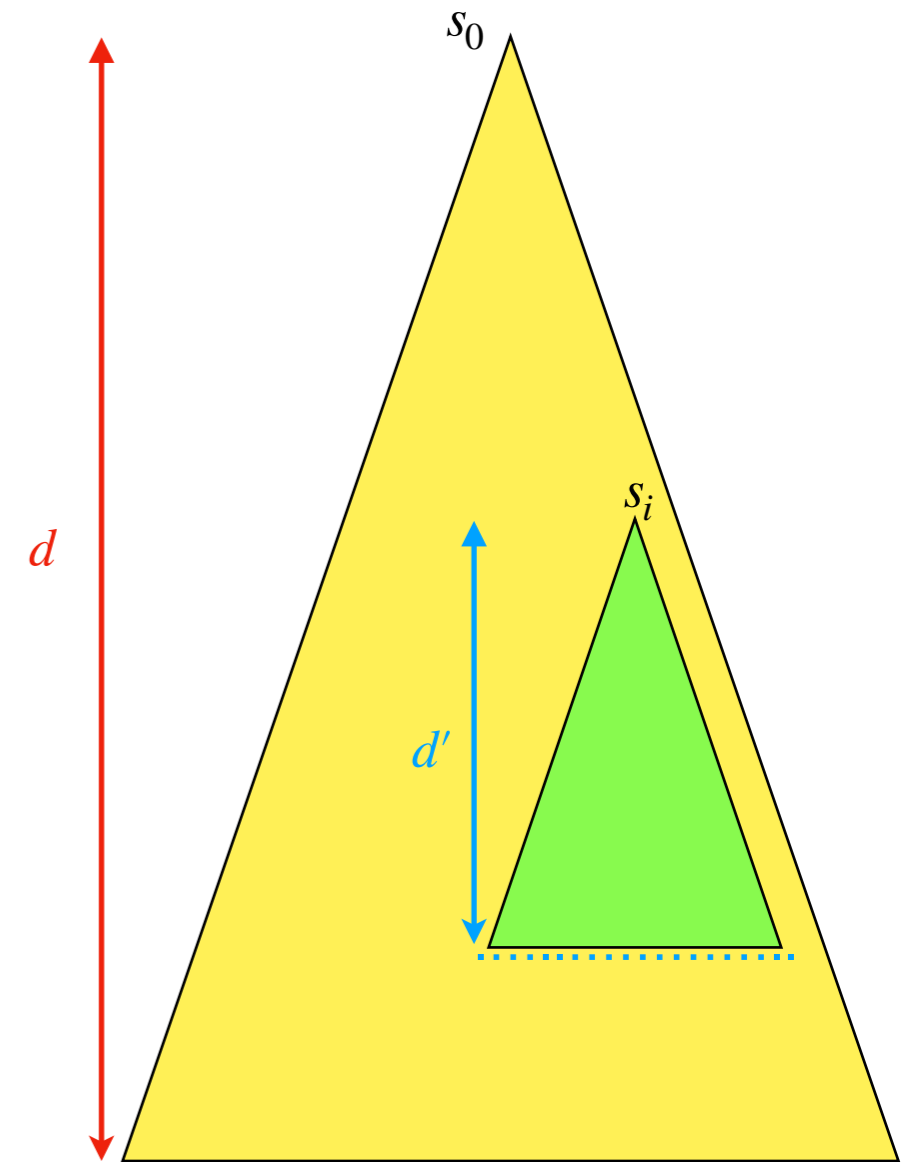
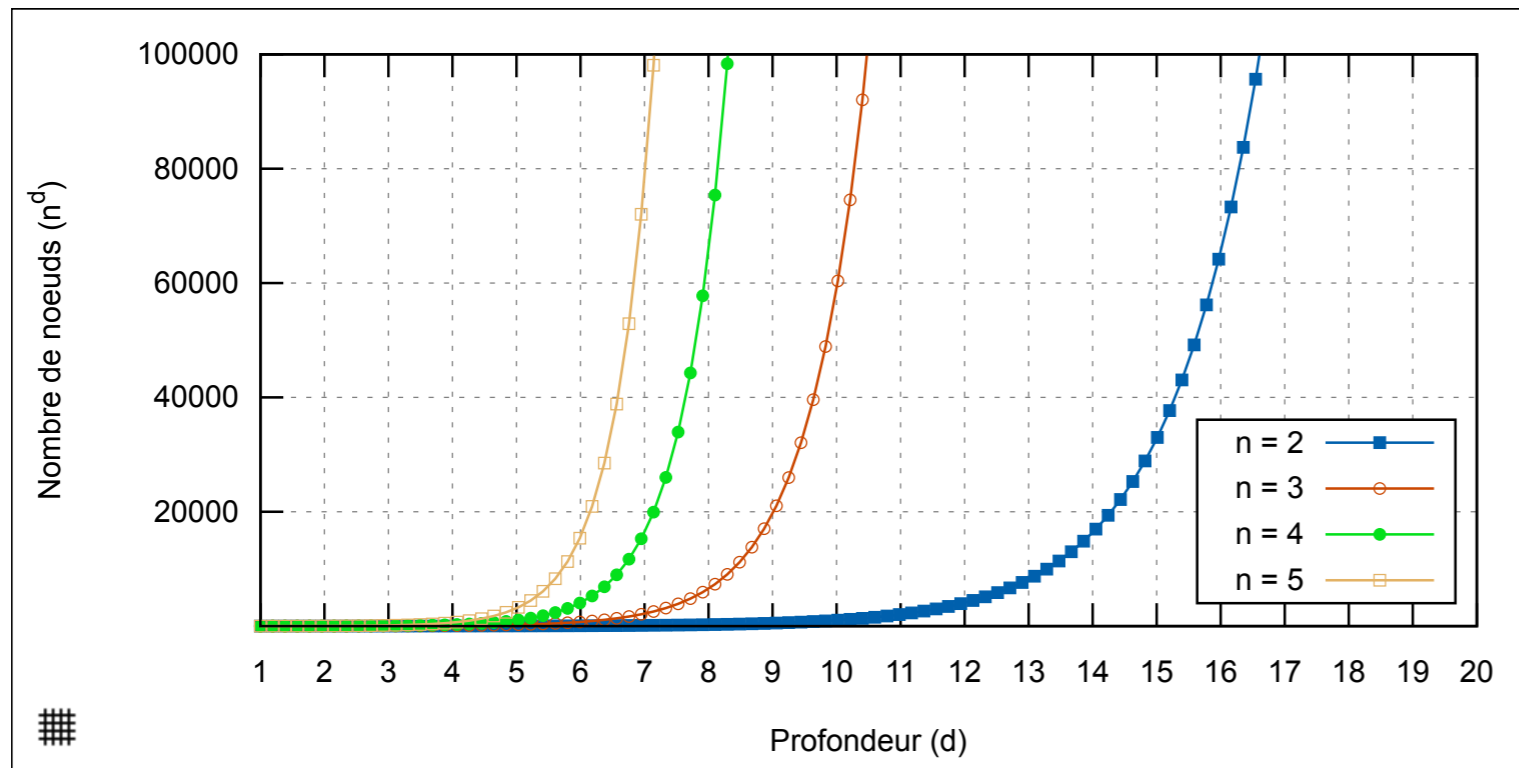
- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

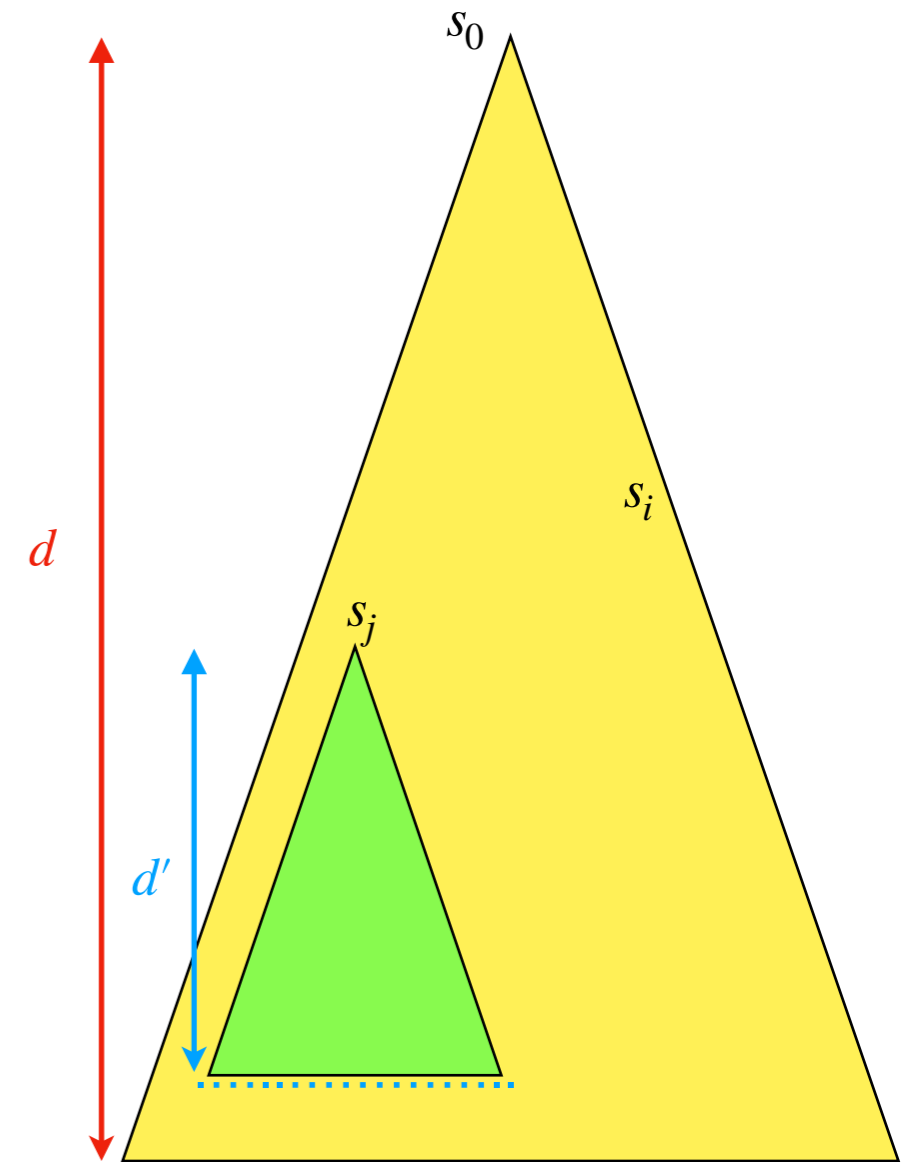
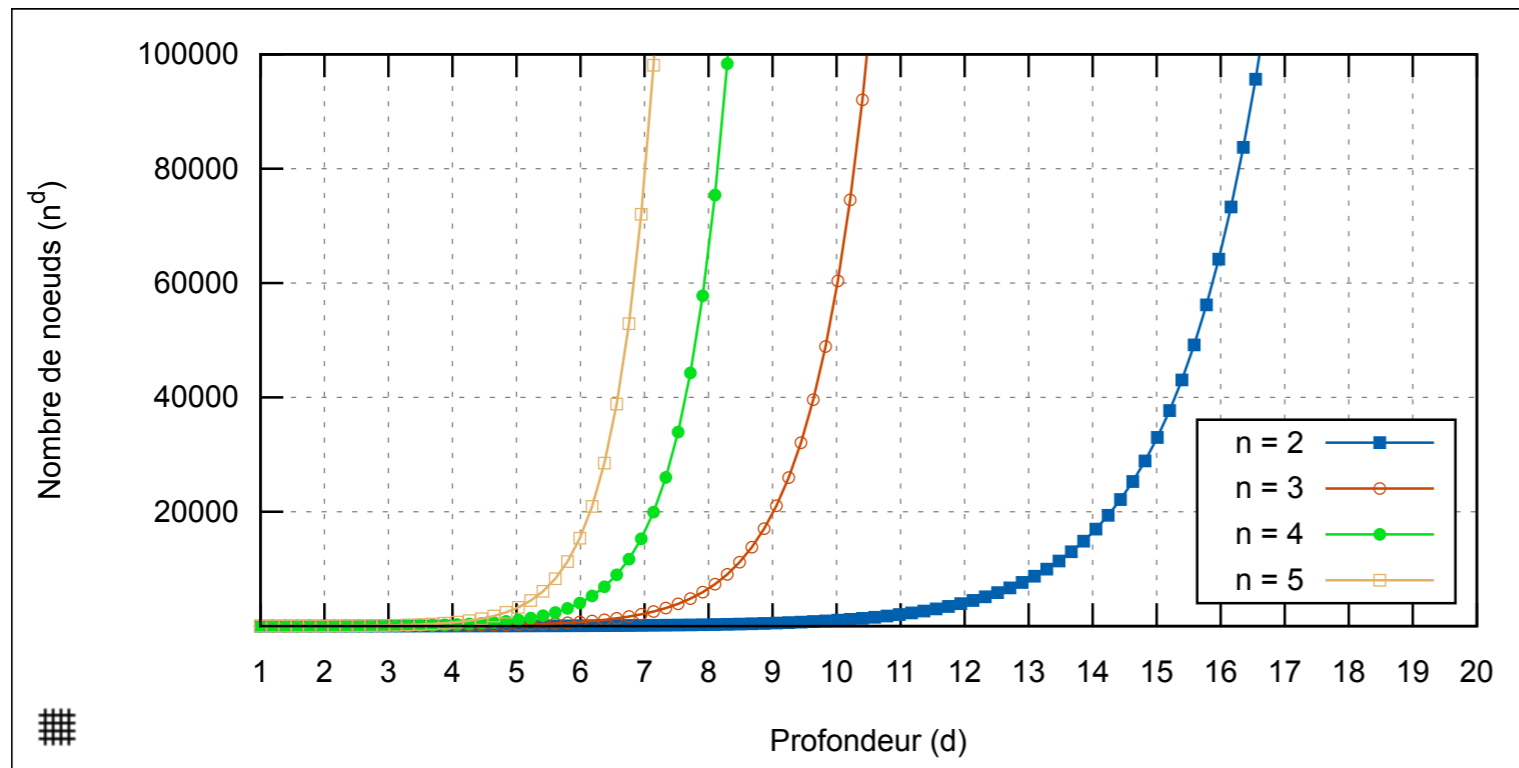
- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

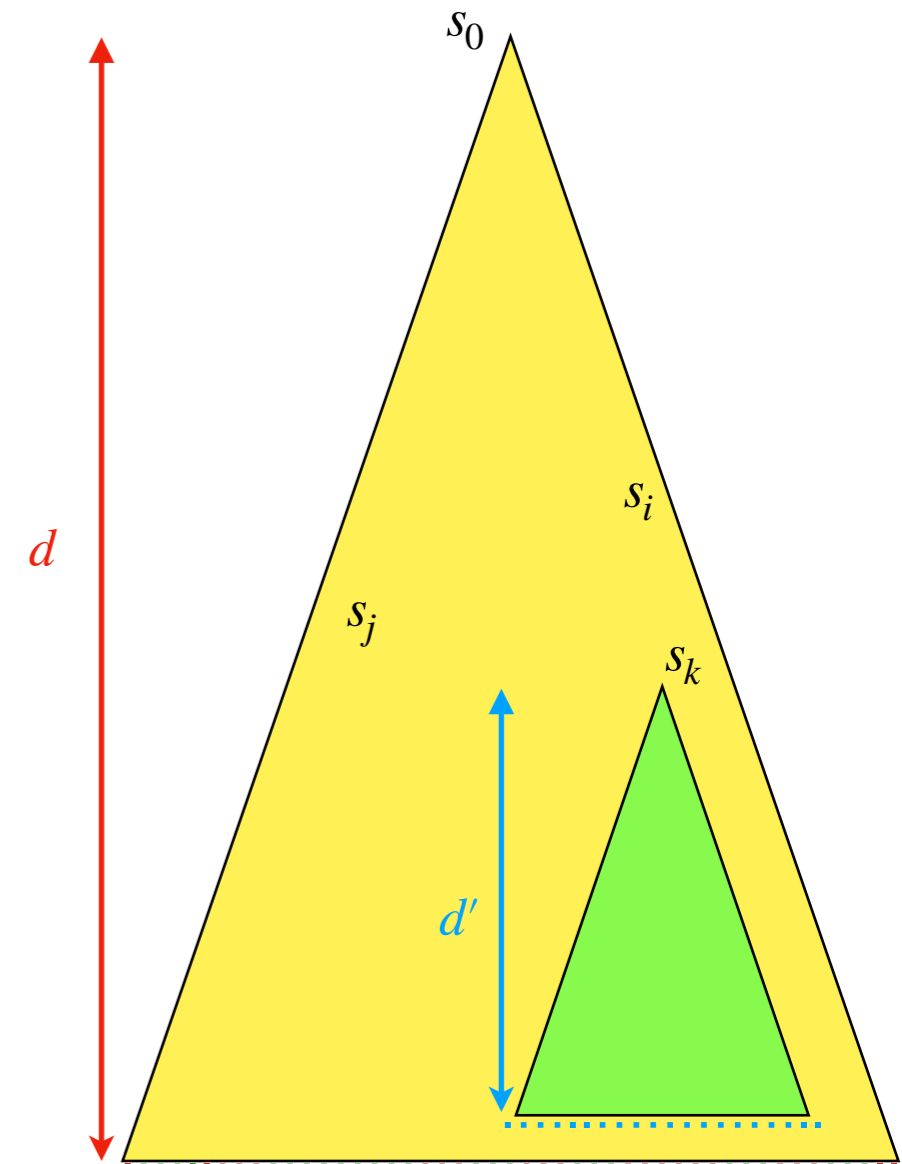
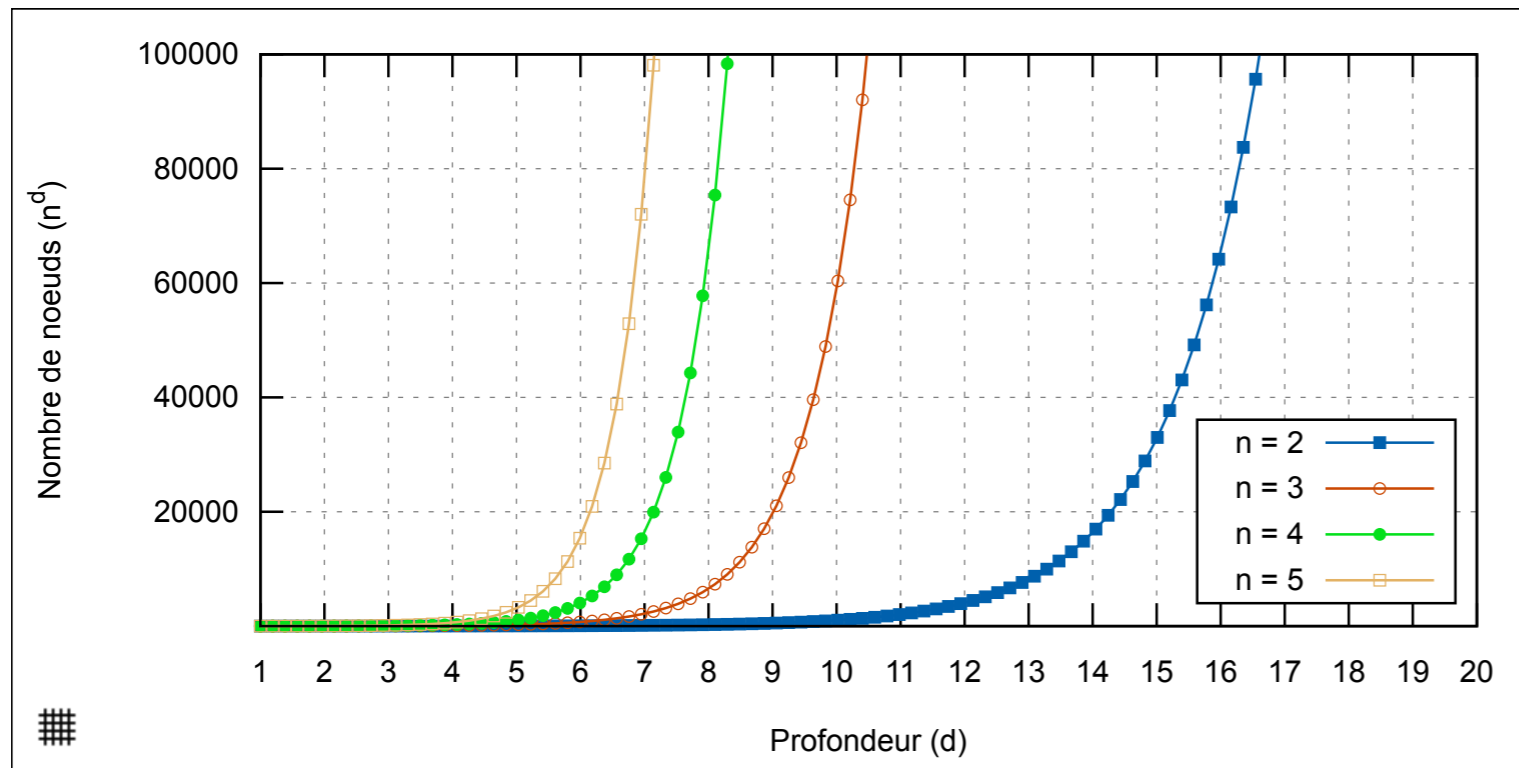
- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Stratégie Gagnante et Arbre AND/OR

Complexité des Arbres de Jeu

- **Explosion Combinatoire :**
- La taille de l'arbre augmente exponentiellement avec la profondeur d et le facteur de branchement n
- Complexité : $O(n^d)$



Artificial Intelligence

Cours2 - IA dans les Jeux

L3 - Informatique

Nadjib Lazaar

Ing - Phd - HDR - Professor - Paris-Saclay University - LISN - LaHDAK

<https://perso.lisn.upsaclay.fr/lazaar/>

10/01/2025