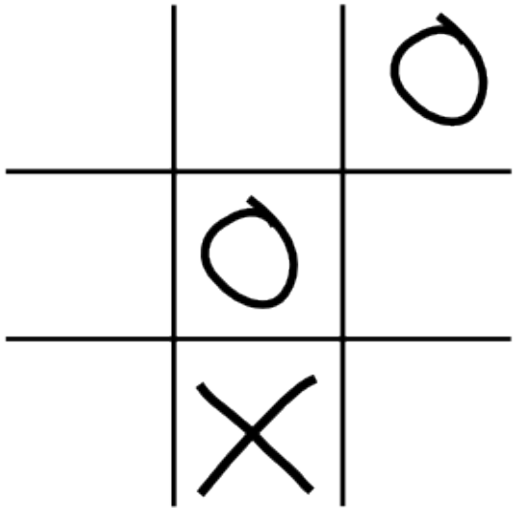
Faire jouer l'ordinateur

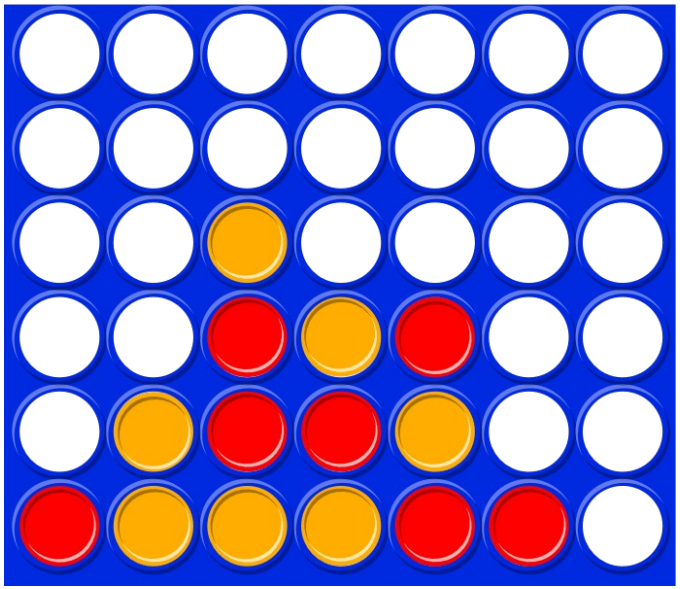
Jean-Christophe Routier
jean-christophe.routier@univ-lille1.fr

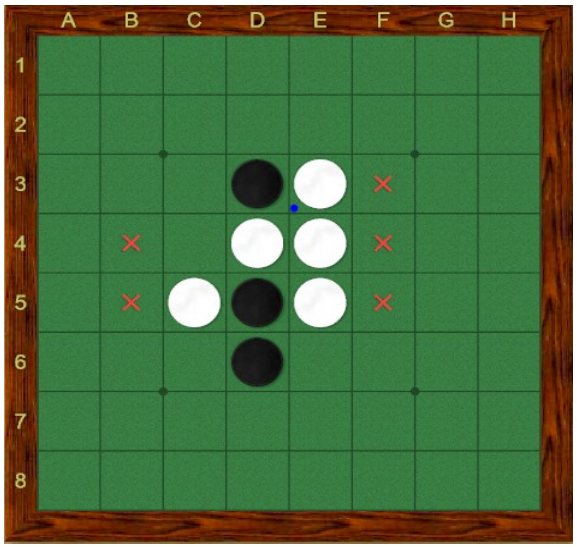
Université de Lille 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

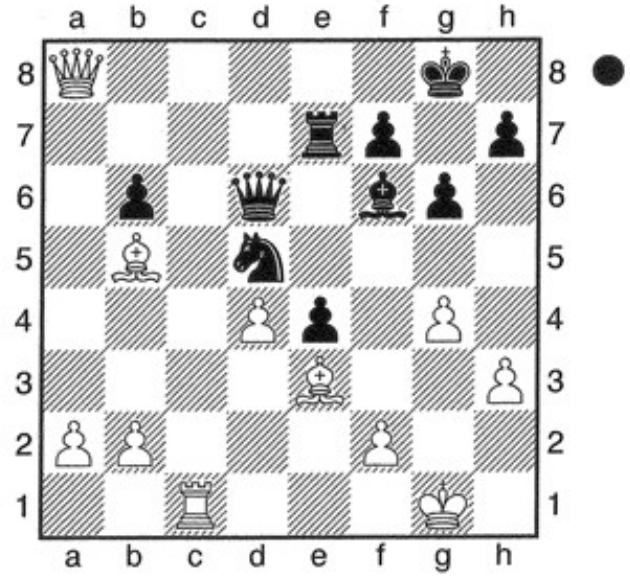
ufr d'IEEA
Formations en
Informatique de
Lille 1

que faut-il jouer ?









quels jeux ?

Jeux

- à 2 joueurs jouant en alternance
- à information complète
  les joueurs ont toute l'information
  les joueurs ont la même information
- à somme nulle
  les intérêts des joueurs sont opposés
  la somme des gains est nulle :
  ce qui est gagné par l'un est perdu par l'autre

les échecs, les dames, le go, awele, puissance 4, othello, tic-tac-toe, etc.

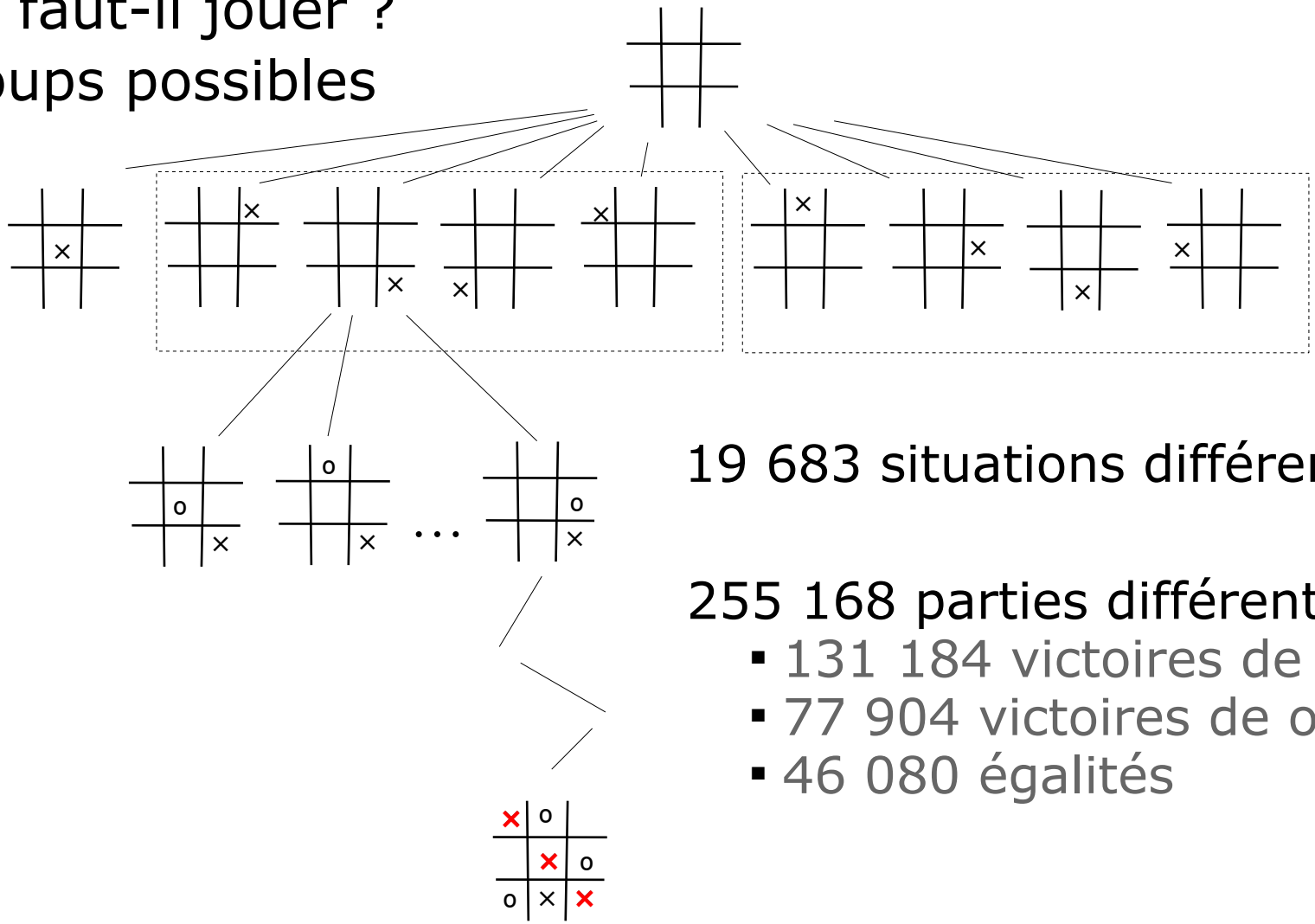
http://www.jeu.fr/jeu/tic-tac-toe

question

Comment faire jouer l'ordinateur ?

Comment programmer l'ordinateur pour jouer ?

que faut-il jouer ?
9 coups possibles



19 683 situations différentes

255 168 parties différentes

- 131 184 victoires de x
- 77 904 victoires de o
- 46 080 égalités

comment gérer toutes ces situations ?

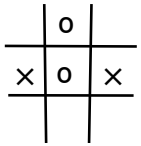
aux échecs :

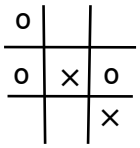
entre 10^{43} et 10^{50} situations possibles

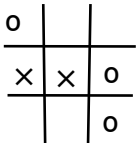
10^{123} parties possibles…

10^{80} atomes dans l'univers

c'est à x de jouer





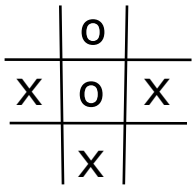


x peut-il gagner ?

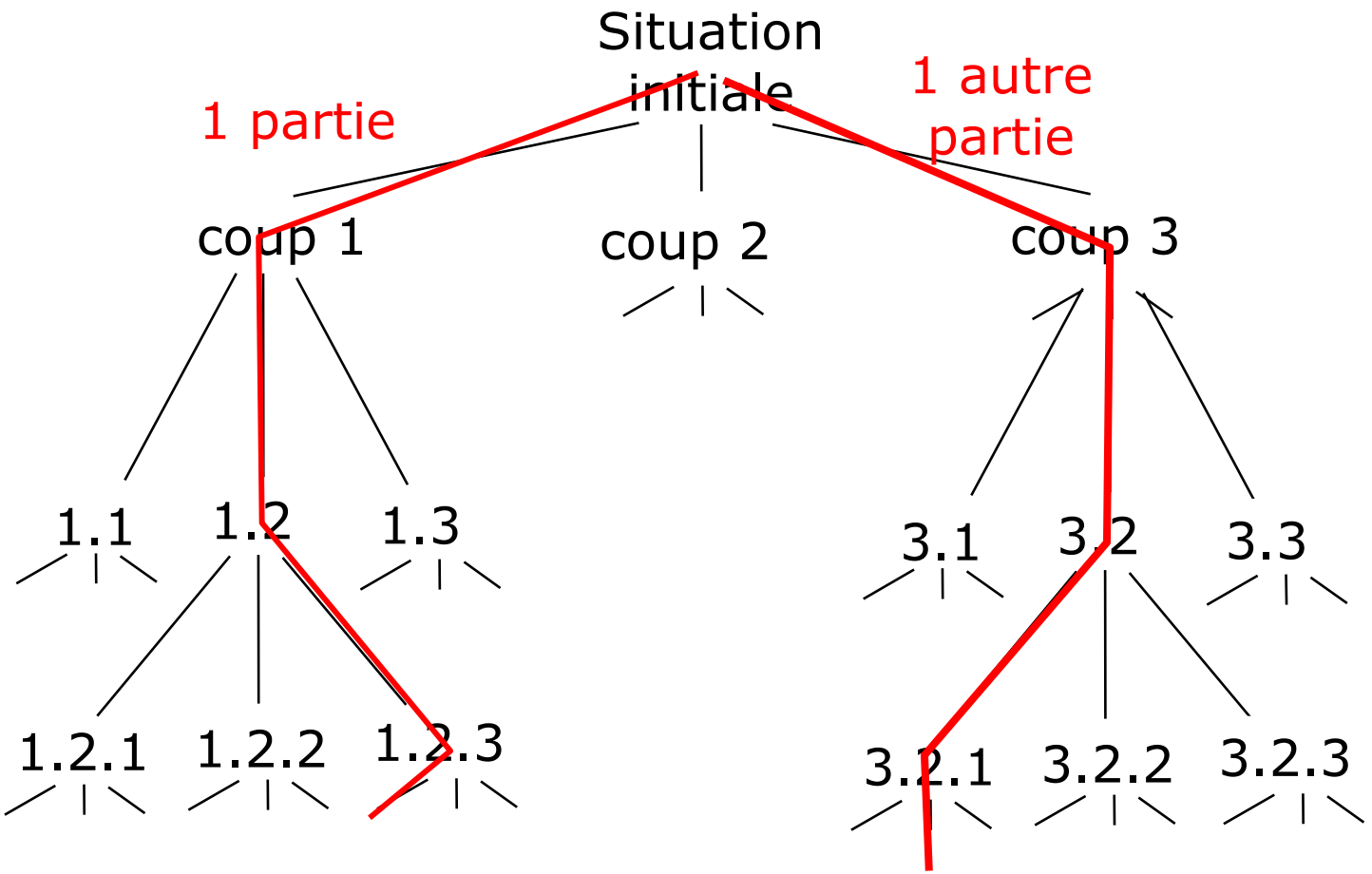
quel est le meilleur coup à jouer ?

activité

calculer/développer l'arbre de jeu pour



arbre de jeu


Situation initiale
1 partie
1 autre partie
coup 1
coup 2
coup 3
1.1
1.2
1.3
3.1
3.2
3.3
1.2.1
1.2.2
1.2.3
3.2.1
3.2.2
3.2.3

caractéristiques

une situation initiale

à chaque tour les règles du jeu déterminent les situations suivantes possibles/atteignables

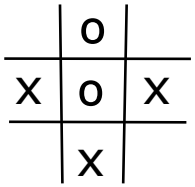
jouer c'est choisir la prochaine situation de jeu

une partie
= suite de coups de chacun des joueurs
= suite des situations choisies par les joueurs

une branche
=
déroulement d' une partie

problème :

choisir une branche qui mène à une victoire
ou
choisir un coup maintenant pour gagner plus tard ?



solution :

calculer des coups « à l'avance »

1) calculer l'arbre de jeu

2) choisir la/les meilleures parmi les situations atteintes

problèmes :

1) comment comparer les situations atteintes ?

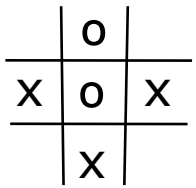
2) combien de « coups à l'avance » ?

principe :

à chaque situation atteinte
on attribue une
valeur numérique croissante
avec la qualité de la situation

activité

attribuer des valeurs aux situations atteintes
pour l'arbre de



quelles valeurs ?
P < N < G

par exemple

P=-1 < N=0 < G=+1

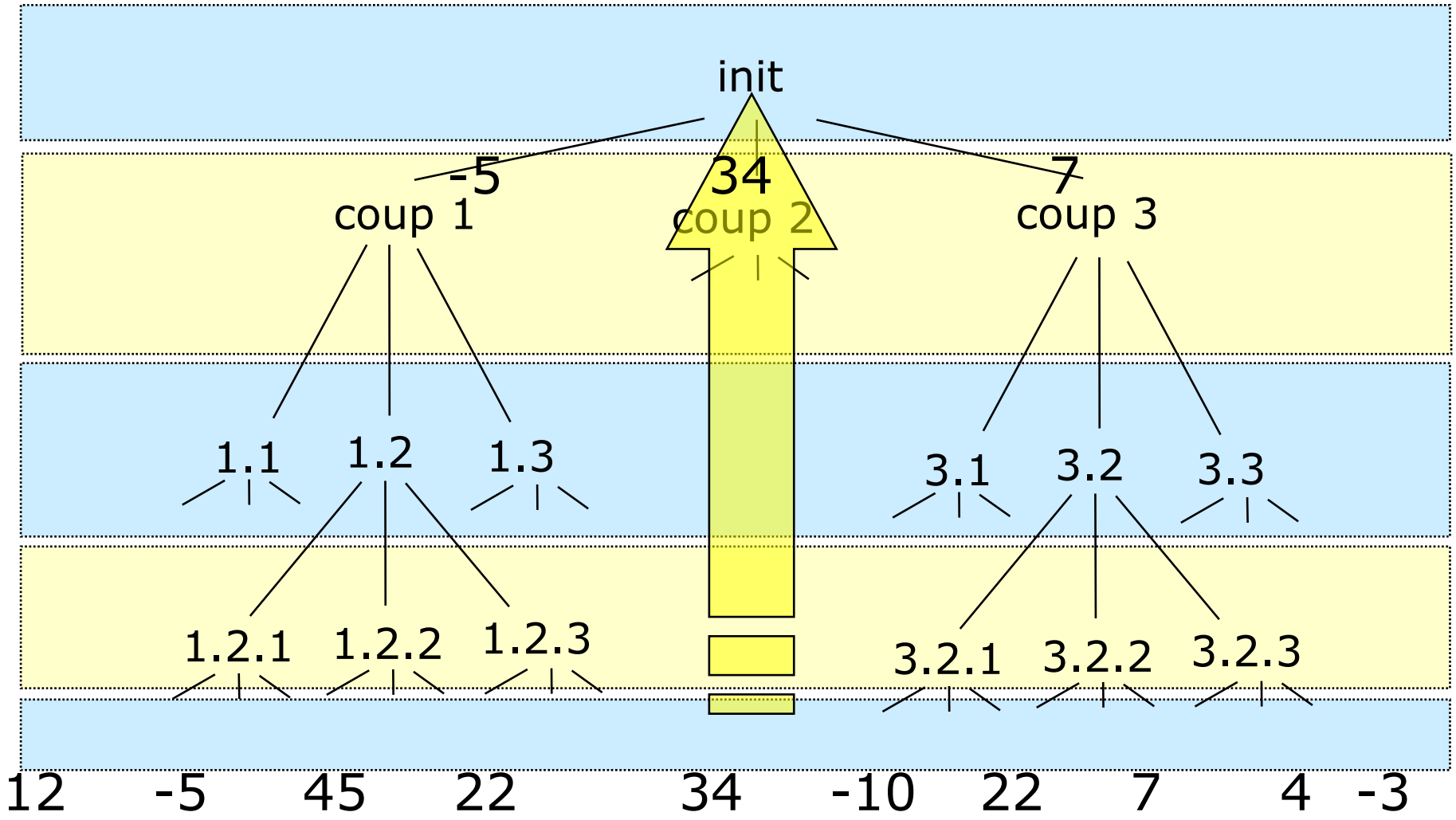
principe :

bien choisir c'est...

viser la situation avec la plus grande valeur

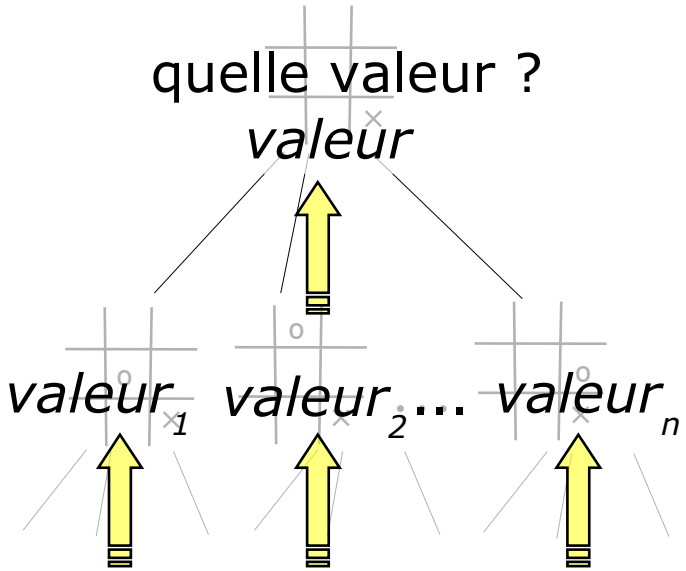
maximiser la valeur de la situation atteinte

propager les valeurs « vers le haut »


init
-5
coup 1
34
coup 2
7
coup 3
1.1
1.2
1.3
3.1
3.2
3.3
1.2.1
1.2.2
1.2.3
3.2.1
3.2.2
3.2.3
12
-5
45
22
34
-10
22
7
4
-3

propager ?

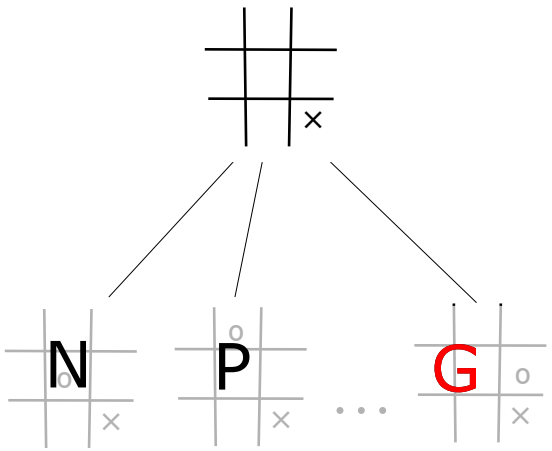
la valeur d'une situation dépend des valeurs de ses situations suivantes



maximiser

à chaque fois que l'on doit choisir

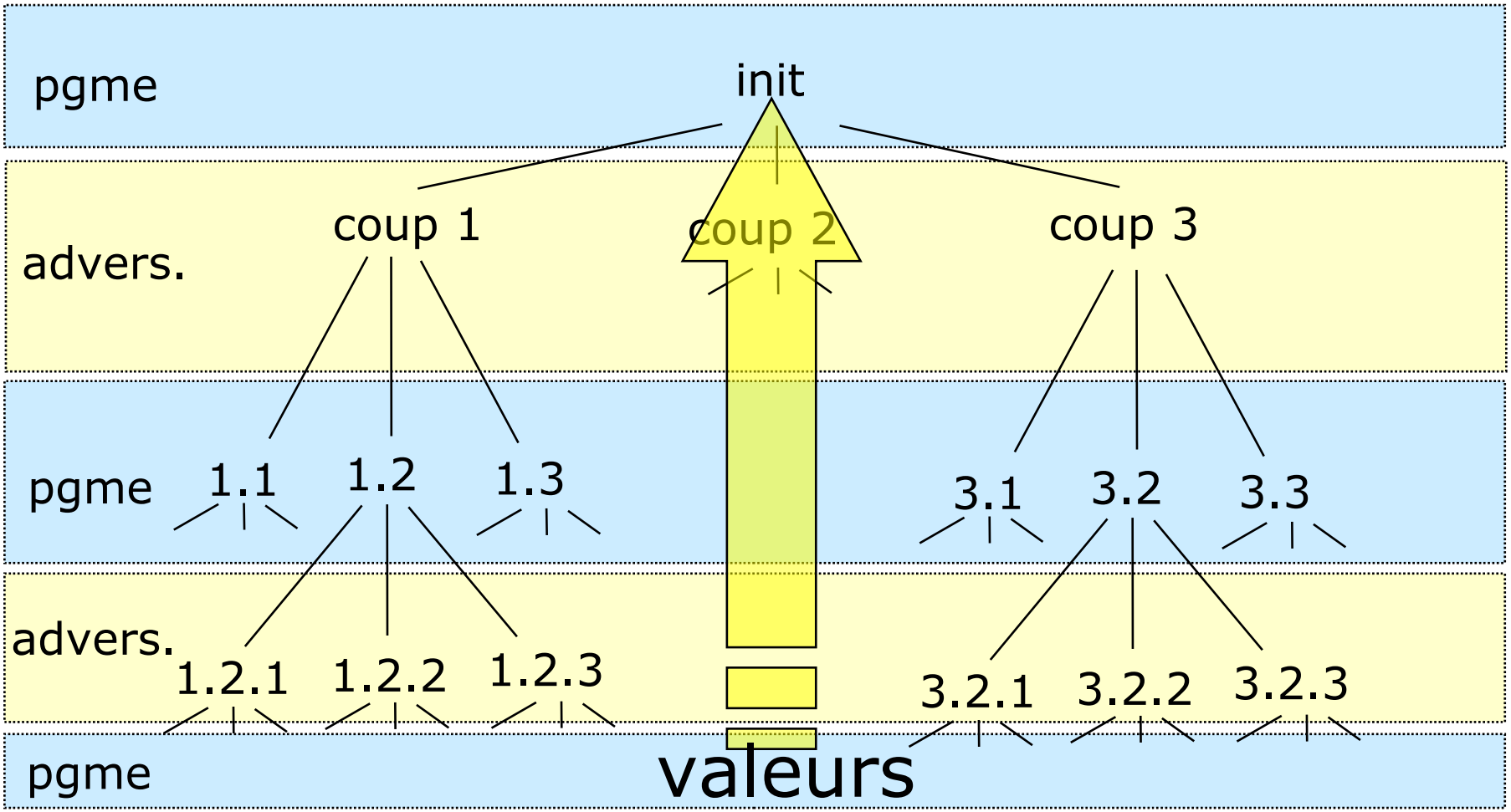
sélectionner parmi les situations suivantes
celle avec la plus grande valeur
attribuer sa valeur à la situation actuelle



P < N < G

G = max(N,P,G)

comment propager ?



il faut prendre en compte l'adversaire...

simuler l'adversaire ?

hypothèse : l'adversaire joue le mieux possible
rappel : les intérêts de l'adversaire sont opposés

c'est quoi le « mieux possible » pour le programme ?

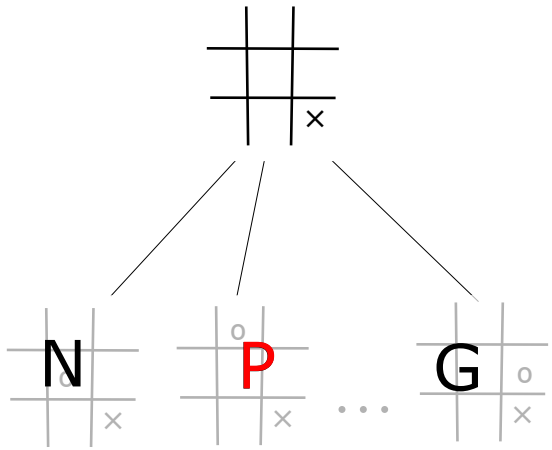
c'est lui-même...

mais l'adversaire a un objectif opposé, il doit donc…

minimiser

donc à chaque fois que l'on doit choisir
à la place de l'adversaire

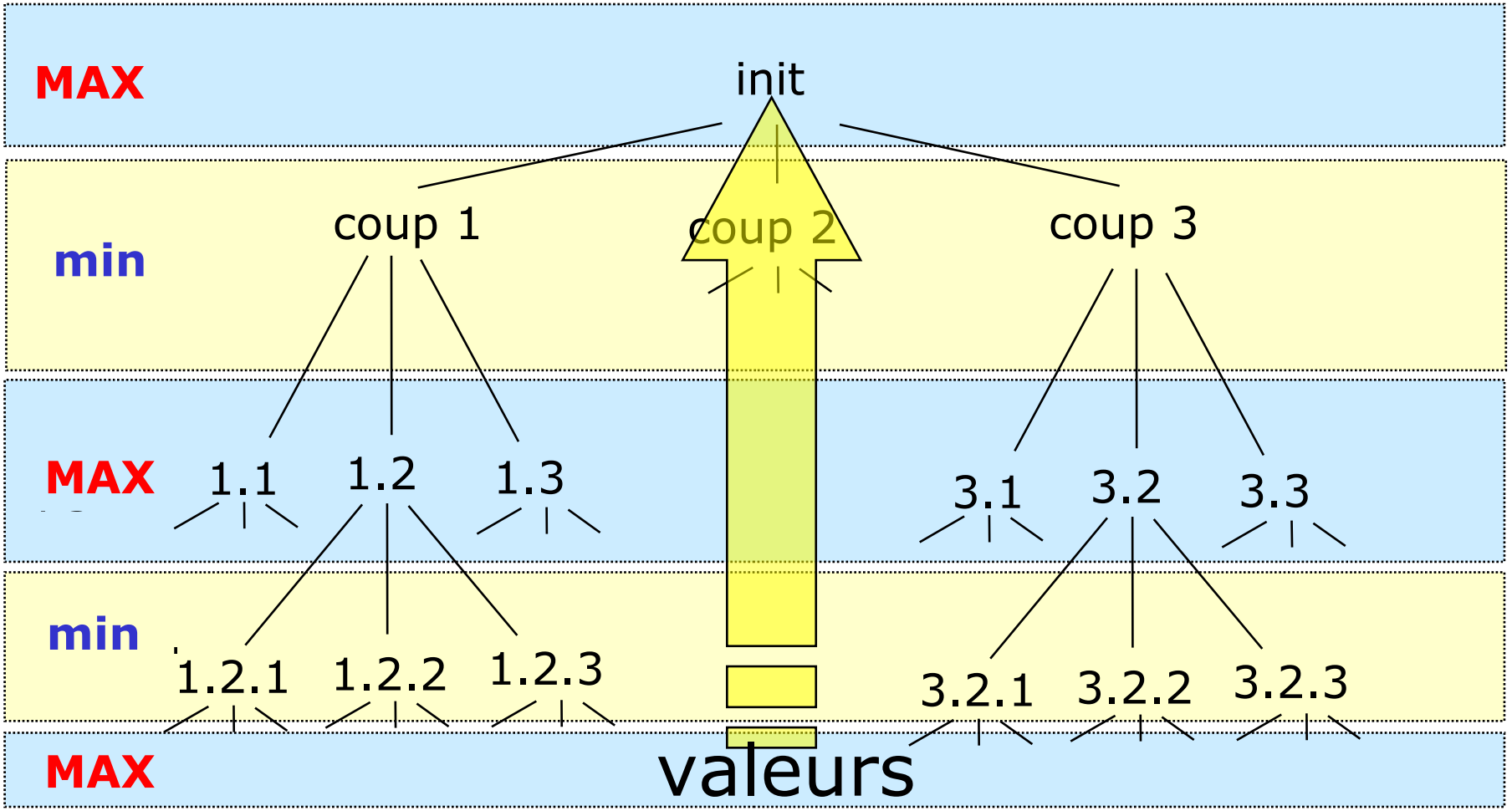
sélectionner parmi les situations suivantes
celle avec la plus petite valeur
attribuer sa valeur à la situation actuelle



$P < N < G$

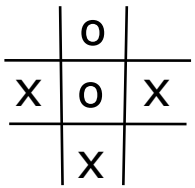
$P = \min(N,P,G)$

l'algorithme min-MAX



activité

propager les valeurs
pour l'arbre de



quel est le meilleur coup à jouer?

que peut-on dire de cette situation ?

synthèse – algorithme min-MAX

1) développer l'arbre de jeu
2) attribuer des valeurs aux situations atteintes
3) propager les valeurs du bas vers le haut :
    c'est au tour du programme de jouer :
        on sélectionne la plus grande des valeurs suivantes
        on attribue cette valeur à la situation actuelle
    c'est au tour de l'adversaire de jouer
      on le simule :
        on sélectionne la plus petite des valeurs suivantes
        on attribue cette valeur à la situation actuelle
    si on n'a pas fini on recommence avec le niveau « au dessus »
4) arrivé « en haut » on choisit la situation qui a obtenu la plus grande valeur

algorithme min-MAX

appel initial :
minmax(situation_initiale,profondeur,MAX)

```
minmax(situation, prof, joueur) =
   si  prof = 0 ou situation est une fin de partie
      retourner eval(situation)
   sinon
      situFilles = les situations filles légales de situation
      si joueur = MAX
        retourner max_{fille∈situFilles}{minmax(fille,prof-1,min)}
      sinon        // joueur = min
        retourner min_{fille∈situFilles}{minmax(fille,prof-1,MAX)}
      fin si
   fin si
```

le plus souvent
il n'est pas possible de calculer
l'arbre de jeu complet

choisir un nombre de coups calculés à l'avance
et
définir une fonction d'évaluation

fonction d'évaluation

exemple : othello

(max = noir)

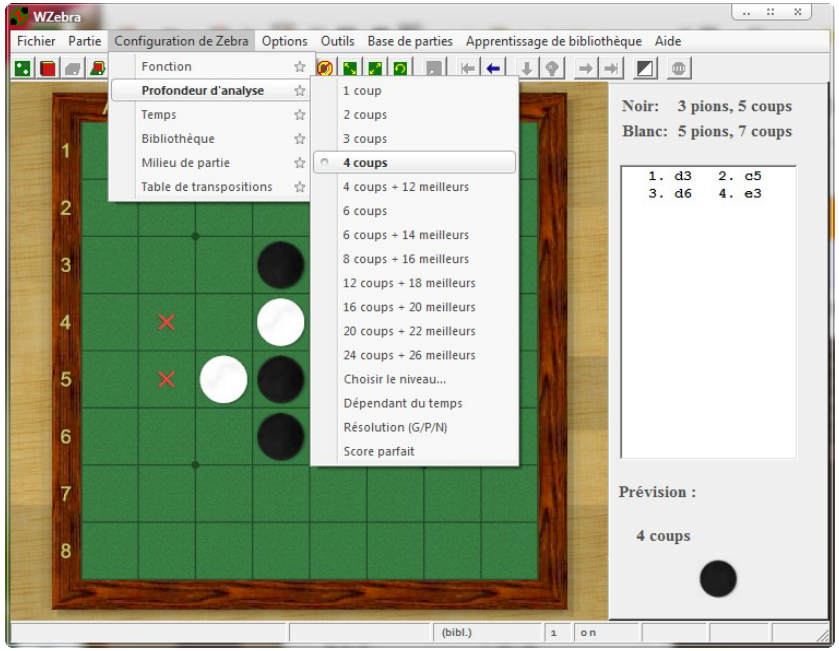
1) valeur = nb noirs – nb blancs

2)

donnez une valeur aux cases

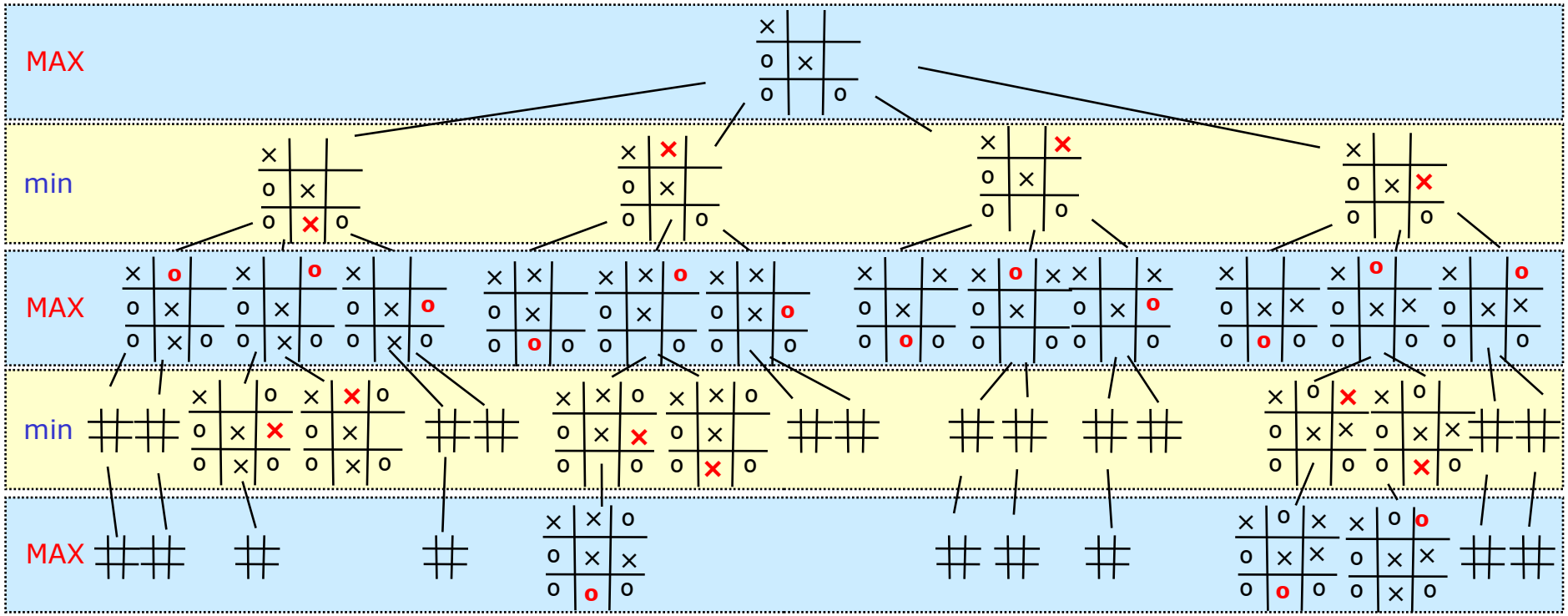
somme des valeurs des cases occupées par les noirs – somme des valeurs des cases occupées par les blancs

qualité du jeu du programme :
1) nombre de coups calculés
2) pertinence fonction d'évaluation

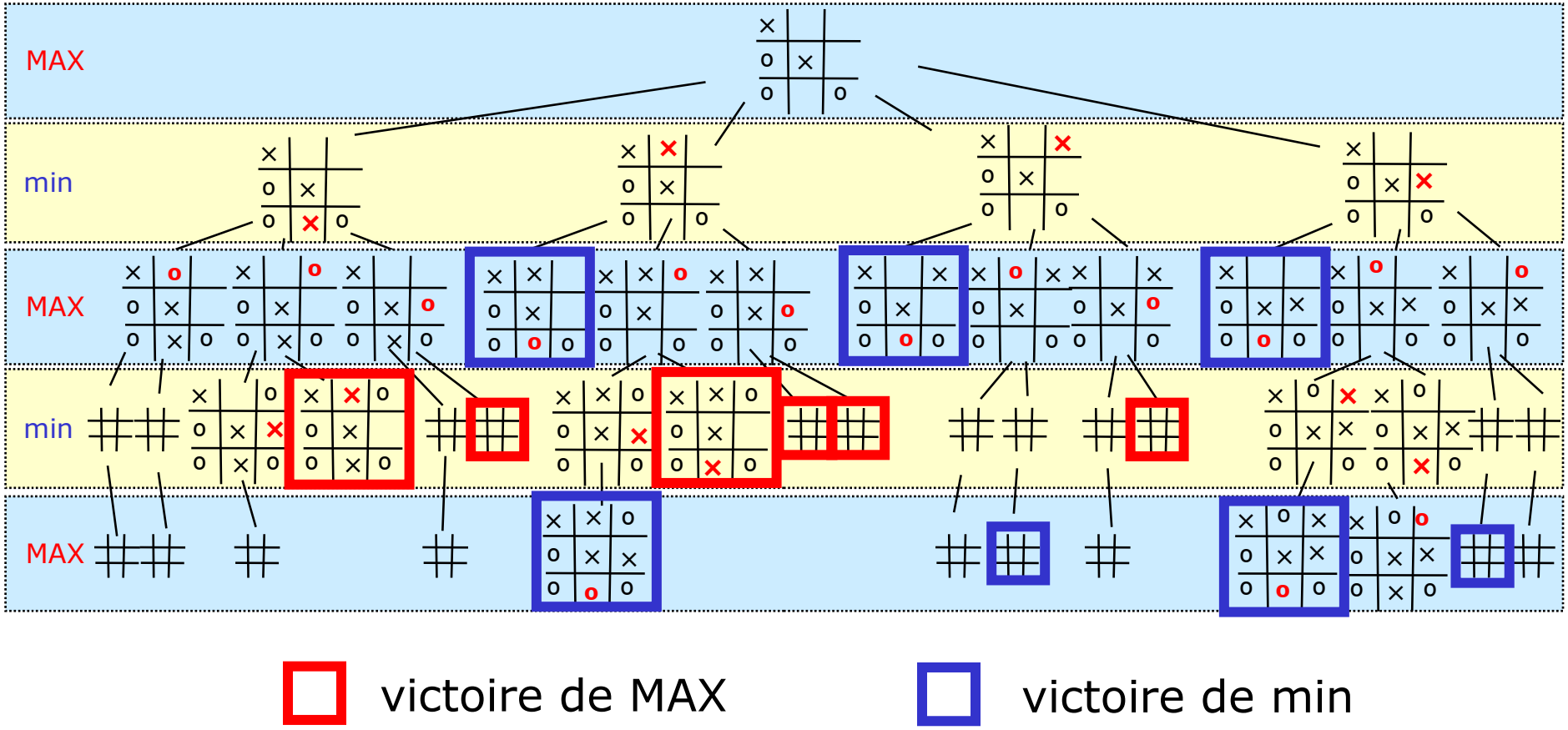


problème : l'effet d'horizon

exemple : tic-tac-toe



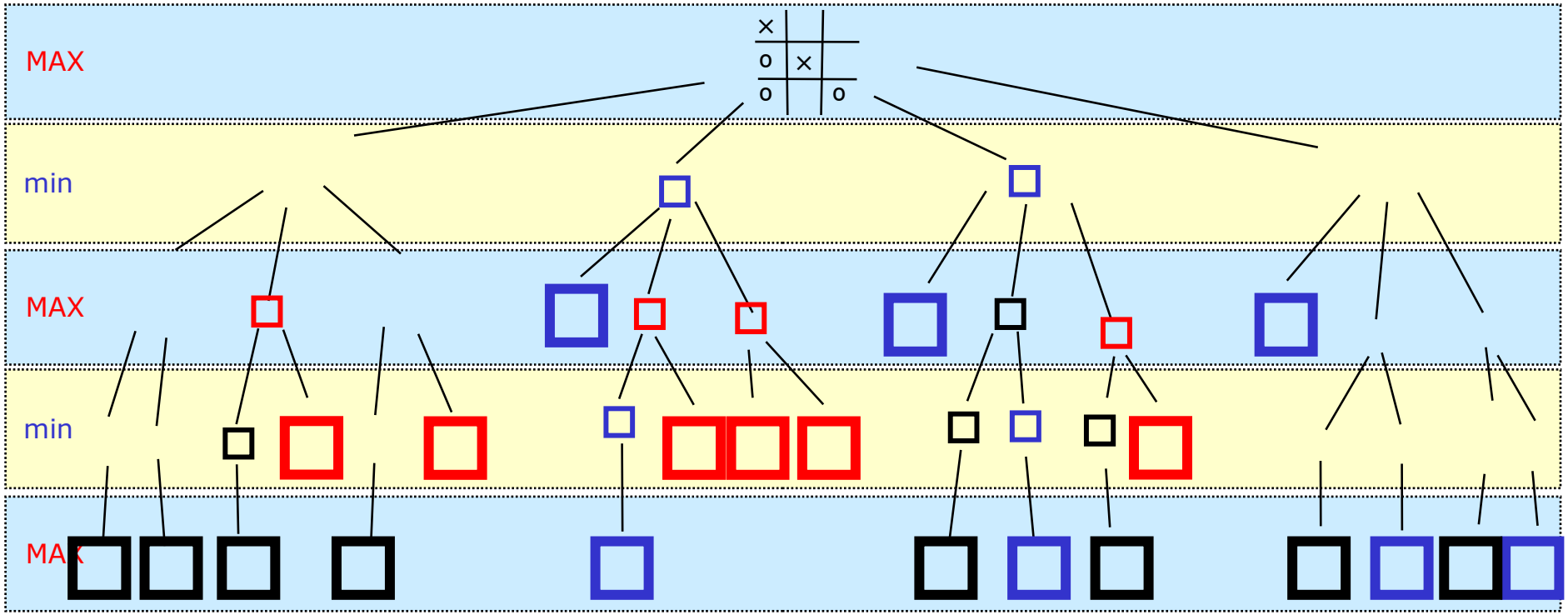
exemple : tic-tac-toe



victoire de MAX

victoire de min

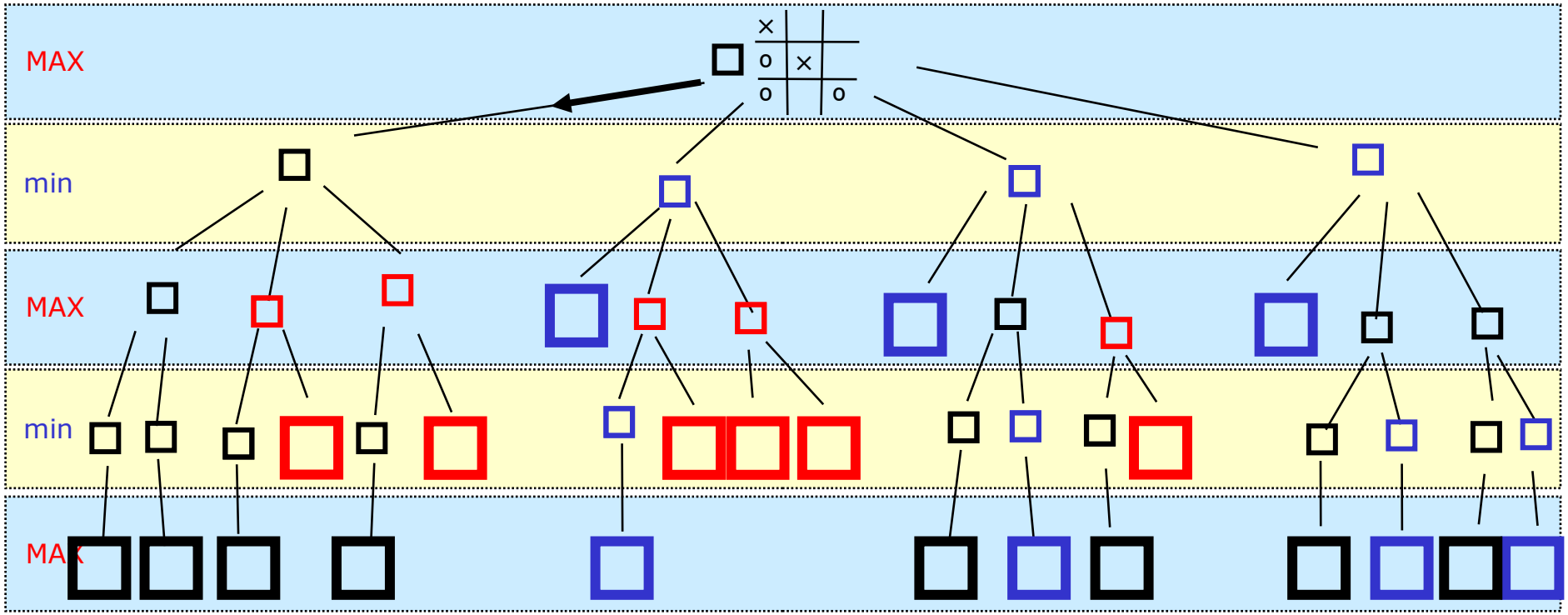
exemple : tic-tac-toe



= G victoire de MAX = N match nul = P perdu victoire de min

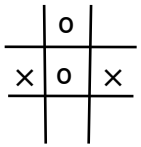
valeurs : P < N < G

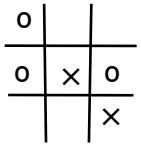
exemple : tic-tac-toe

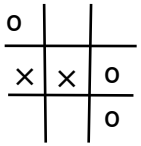


valeurs : □ < □ < □

c'est à x de jouer







x peut-il gagner ?
quel est le meilleur coup à jouer ?

que dit l'algorithme ?

à vous de jouer...