

Seminaire CERI

INI, Oued-Smar, 9 Fev 2016

---

# Computers and chess

Noureddine Hannoun

Faculte de Mathematiques

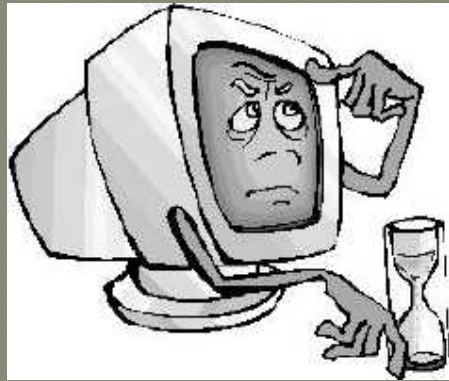
Universite des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene

# Outline

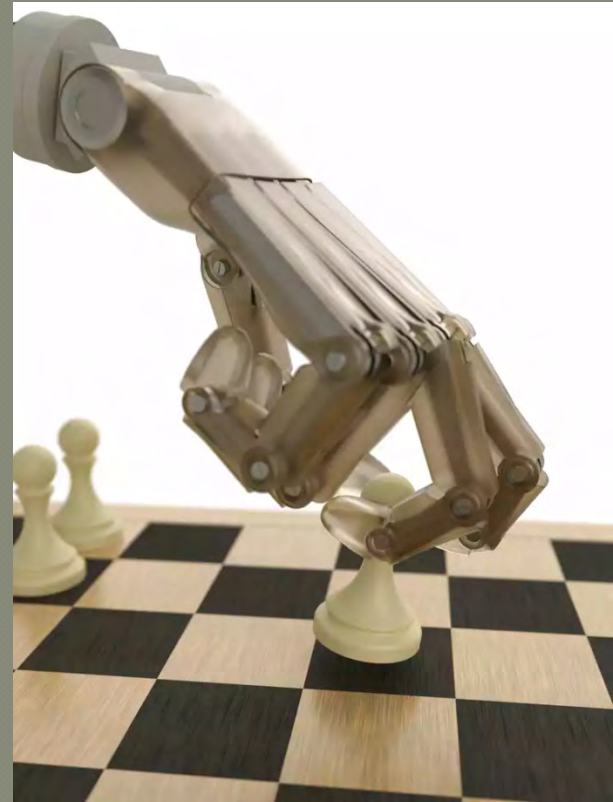
---

- Le jeu d'échecs (histoire, règles du jeu, ...)
- L'ordinateur et les échecs (histoire)
- Composantes d'un programme d'échecs
- Difficultés
- Comment faire tout ça?
- Conclusion



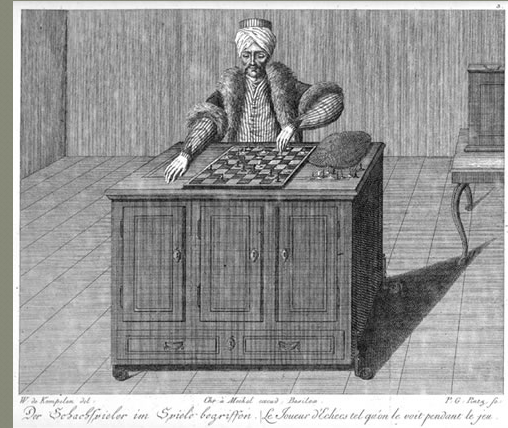


L'ordinateur peut-il jouer aux échecs?



# Histoire et programmation

- **1769 Wolfgang von Kempelen** → Premier robot qui joue aux échecs
- **1950 Shannon** → Publie le premier article sur la programmation échiquéenne
- **1956 Stan Ulam** (auteur de la bombe a hydrogene) → fait tourner le premier programme qui joue aux échecs sur un ordinateur MANIAC I
- **1967 Mac Hack Six** → 1er ordinateur a battre un joueur humain dans un tournoi d' échecs.
- **1997 Deep Blue sur Cray** → bat le champion du monde Garry kasparov





# Classement elo

△ Elo = 500 pts → Score 96%

## MOTEURS D'ECHECS

	Nom	Elo
1	Stockfish	3341
2	Komodo	3340
3	Houdini	3258
4	Fire	3209
5	Gull	3199
6	Equinox	3186
7	Critter	3172
8	Nirvana	3164
9	Alfil	3161

## JOUEURS HUMAINS

	Nom	Elo
1	Carlsen	2850
2	Kramnik	2801
3	Caruana	2794
4	Giri	2793
5	Aronian	2792
6	Nakamura	2784
7	Vachier-Lagrave	2783
8	Topalov	2780
9	Ding Liren	2777

<http://www.computerchess.org.uk/ccr/4040/>

# Lyon 1990

- Finale du championnat du monde.
  - Kasparov ne trouve pas le gain tout seul.
  - Kasparov utilise un ordinateur pour trouver le plan victorieux.
  - Kasparov gagne apres 102 coups et 2 ajournement (64 et 89eme coups).
  - Karpov accuse Kasparov.



Kasparov – Karpov, 16eme partie



# Open de Dubai 2015

- GM Gaoz Nigalidze (champion de Georgie 2013 et 2014)
- Vainqueur du prestigieux open “Al Ain Classic” Dec 2014
- Utilise un smartphone dans les toilettes pour gagner ses parties.
- Disqualifié
- Déchu de ses deux titres de champion
- Ban de 3 années



Mahdi Abdul Rahim (arbitre principal)

# Le jeu d'échecs

---

- Parmi tous les jeux, le jeu d'échecs est le plus noble des jeux de réflexion.
  - Jeu de stratégie, tactique, patience, bon sens
  - Ne laisse aucune chance au hasard.
  - Il représente l'art de la guerre.
- Personnes célèbres qui ont joué aux échecs:
  - Napoléon, Che Guevara, Fidel Castro, Rotschild, Galilée, Einstein, Beckenbauer, Voltaire, Rousseau, Tolstoï, Chopin, ...



# Histoire du jeu d'échecs

- Né en Inde, Chaturanga 200 BC
- Perse 431-579, Shatrang
- Arabes après 634, shatranj
- Europe, vers 711 via l'Espagne
- 15<sup>ème</sup> siècle, règles modernes du jeu d'échecs, hormis quelques exceptions (promotion, roque, pat, et prise en passant)
- Règles actuelles depuis 1800



Position de départ

# Echiquier

- 64 cases
- Couleurs alternées
- Case blanche a droite
- Notation algébrique
- Disposition initiale des pièces (deux armées) :
  - 16 pièces blanches
  - 16 pièces noires



Position de départ



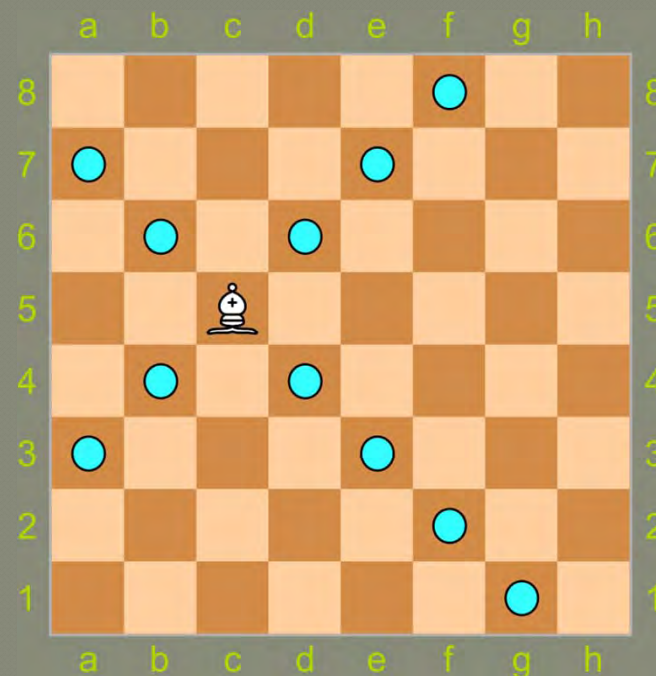
# Regles du jeu d'echecs

---

- Echiquier
- Les pieces
- Disposition initiale
- Deplacement
- Capture
- Roque, promotion, prise en passant
- Echec, mat, pat
- Partie nulles (autre cas: finales, repetition de coups)

# Le fou فيل

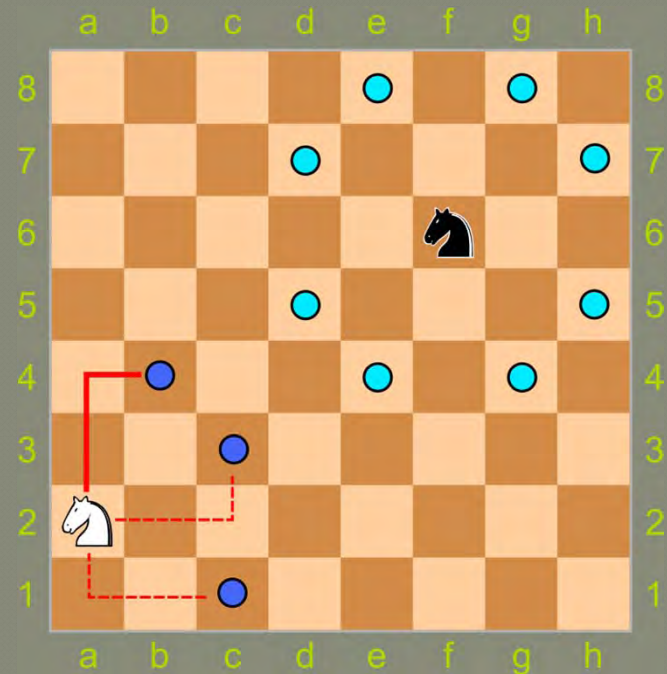
- Le fou
- Bishop (Anglais)
- Elephant (Arabe)
- Déplacement en diagonale
- Ne change jamais de couleur.  
Au debut de la partie chaque joueur dispose:
  - D'un fou de cases blanches
  - D'un fou de case noires





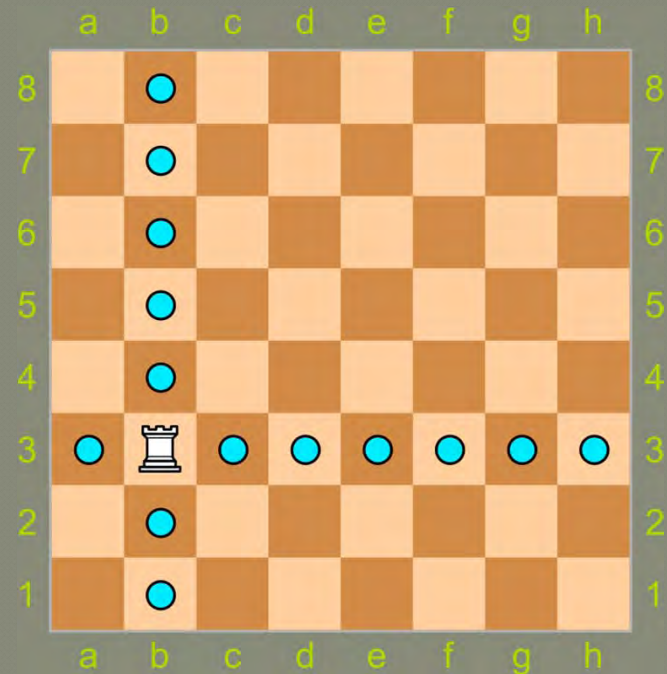
# Le cavalier حصان

- Le cavalier
- Knight (Anglais)
- Cheval (Arabe)
- Déplacement en L



# La tour طابية رخ

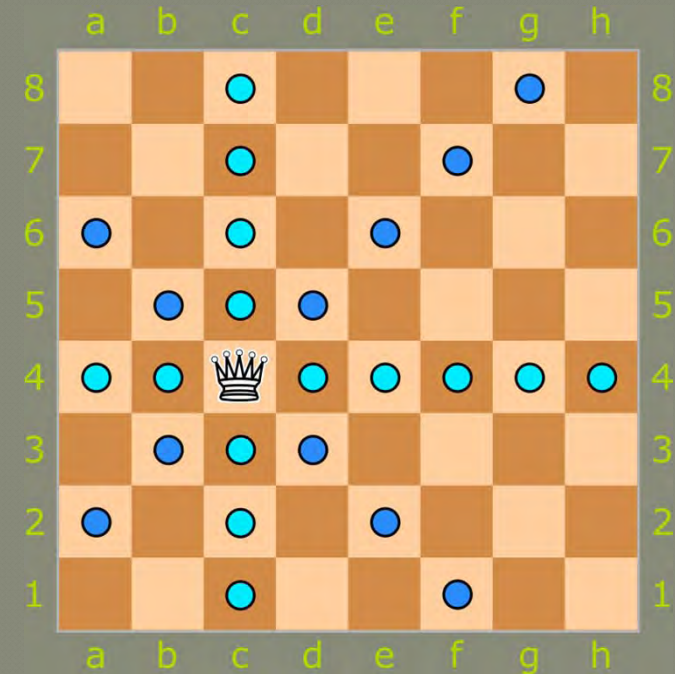
- Tour
- Rook, Castle (Anglais)
- طابية رخ (Arabe)
- Déplacement en colonne ou rangée.





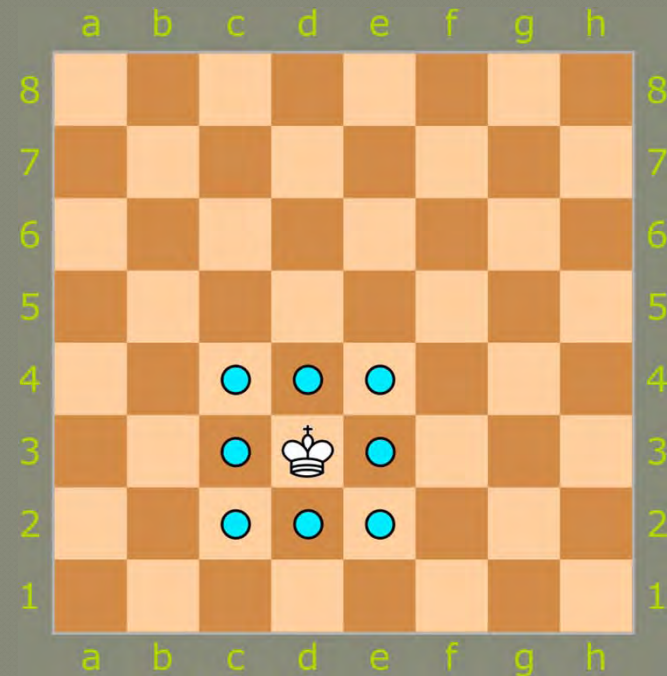
# La dame وزیر

- Dame
- Queen (Anglais)
- وزیر (Arabe)
- Déplacement en colonne ou rangée.



# Le roi ملك

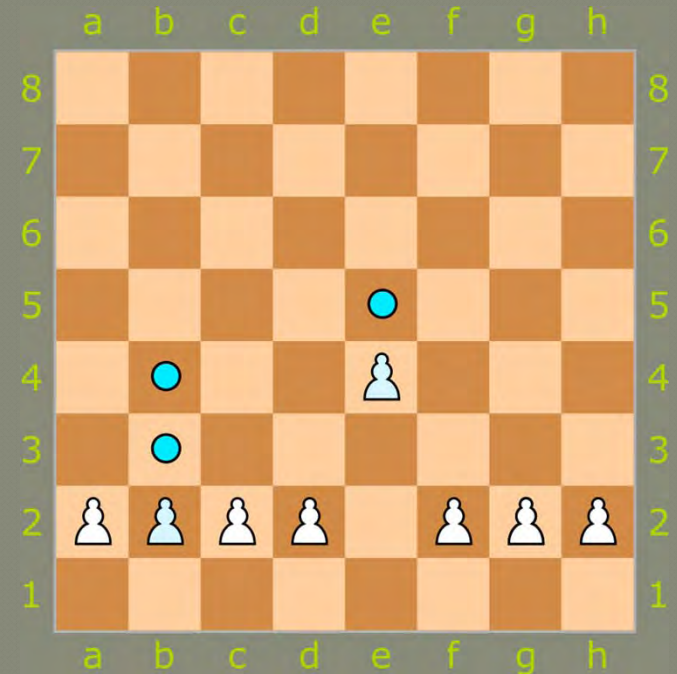
- Roi
- King (Anglais)
- ملك (Arabe)
- Déplacement en colonne ou rangée d'une seule case.





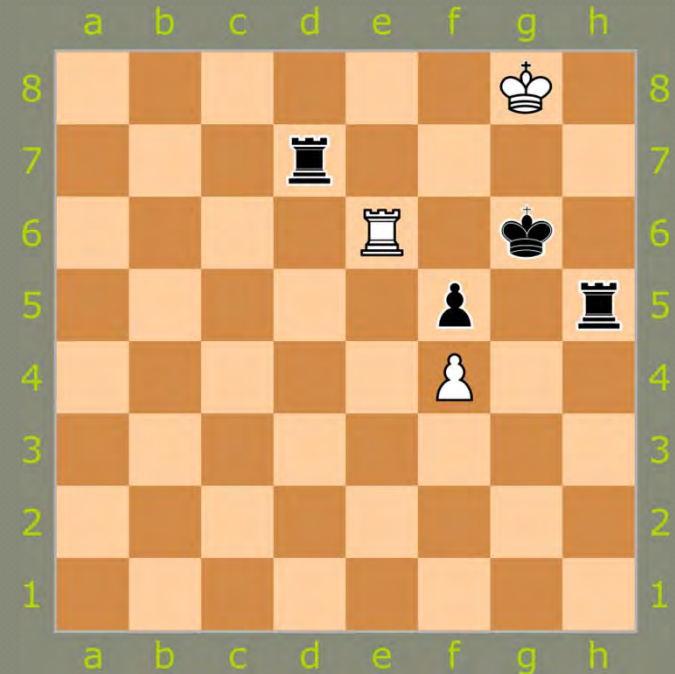
# Le pion بيدق

- Pion
- Pawn (Anglais)
- بيدق (Arabe)
- Déplacement en colonne d'une seule case a la fois.



# L'echec et le mat

- Un roi qui est menacé par une pièce ennemie est en **echec**
- Si le roi ne dispose pas de défense pour se soustraire à l'echec, il est alors **echec et mat**. La partie prend fin car le roi va être capturé au prochain coup.



Al-Adli Er-Rumi 842



# Programmation

- Un programme de jeu d'échecs comprend
  - Une **interface utilisateur** (user interface)
    - Dialogue avec le partenaire humain (ou ordinateur)
  - Le **moteur de recherche** (search engine)
    - La représentation de l'échiquier (board representation) → Structure des données qui définit une position
    - **Technique de recherche** (search technique)
      - → permet de choisir un coup
    - **Evaluation d'une position** (leaf evaluation)
      - → donne une valeur numérique à la position



```
Procs.f90 - X
(MAIN)
recursive function factorial(n) result(factresult)
  use constants_module
  integer(kind=large_int_kind) :: factresult
  integer(kind=large_int_kind) :: n
  if (n .eq. 1) then
    factresult = 1
  else
    factresult = n * factorial(n - 1)
  end if
end function factorial
```

# Selection du coup

---

- Comment sélectionner un coup dans un position donnée?
  - Choisir une profondeur  $d$  (le nombre de demi-coups)
  - Etablir l'arborescence de la partie (tous les coups possibles)
  - Attribuer une valeur  $s$  (le score) a chaque position
    - $s > 0$  si les blancs sont mieux
    - $s < 0$  si les noirs sont mieux
    - Plus  $s$  est grand plus l'avantage est grand
  - Utiliser l'algorithme minimax pour selectionner le coup à jouer.

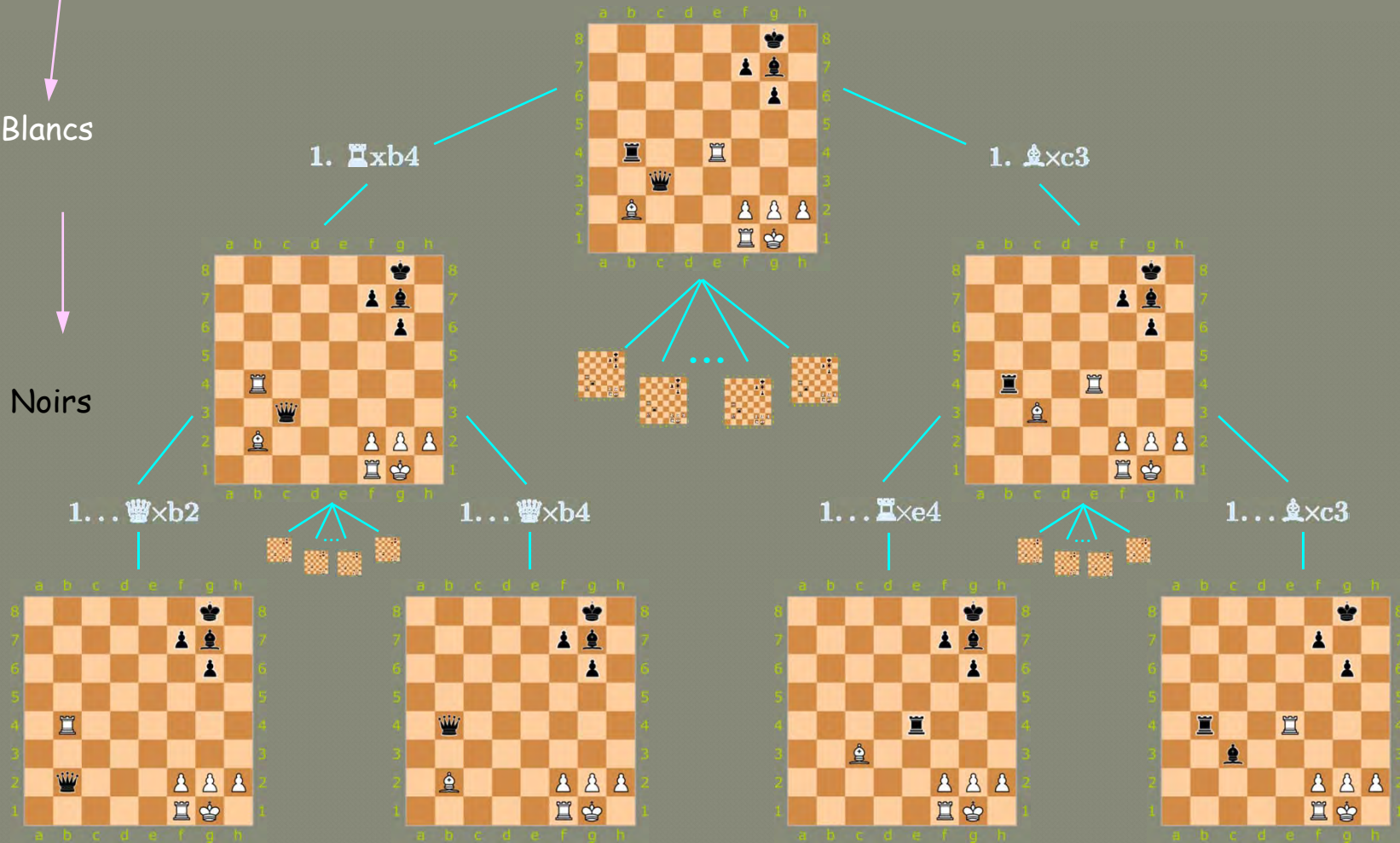


Joueur

# Arbre de la partie

Blancs

Noirs



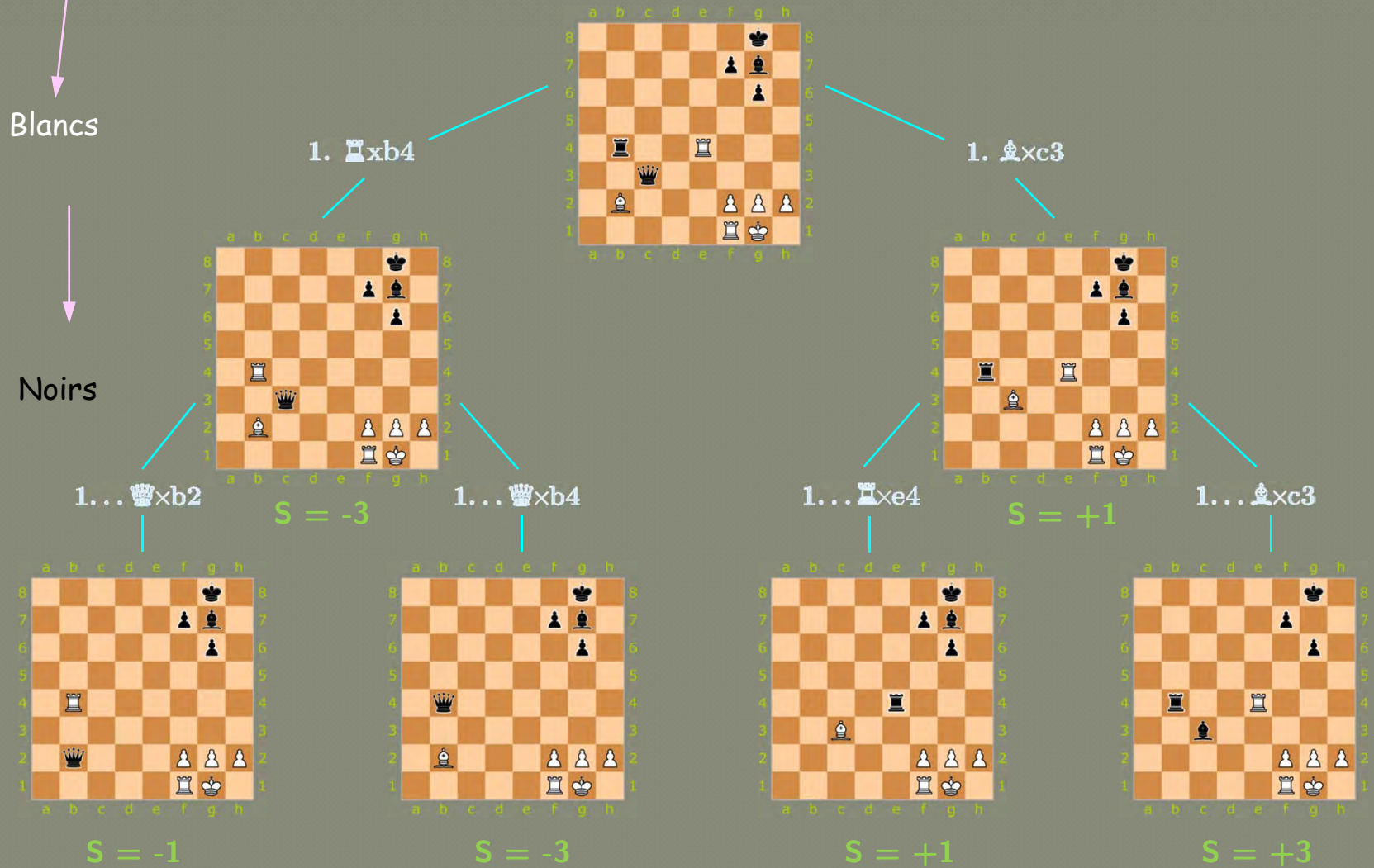


Joueur

# Arbre de la partie (score)

Blancs

Noirs





# Algorithme minimax

Joueur

Blancs **max**

Noirs **min**



$S = +1$

Le coup selectionne

1. ♖xb4

1. ♔xc3

1... ♚xb2

1... ♚xb4

1... ♖xe4

1... ♗xc3

$S = -3$

$S = +1$

$S = -1$

$S = -3$

$S = +1$

$S = +3$

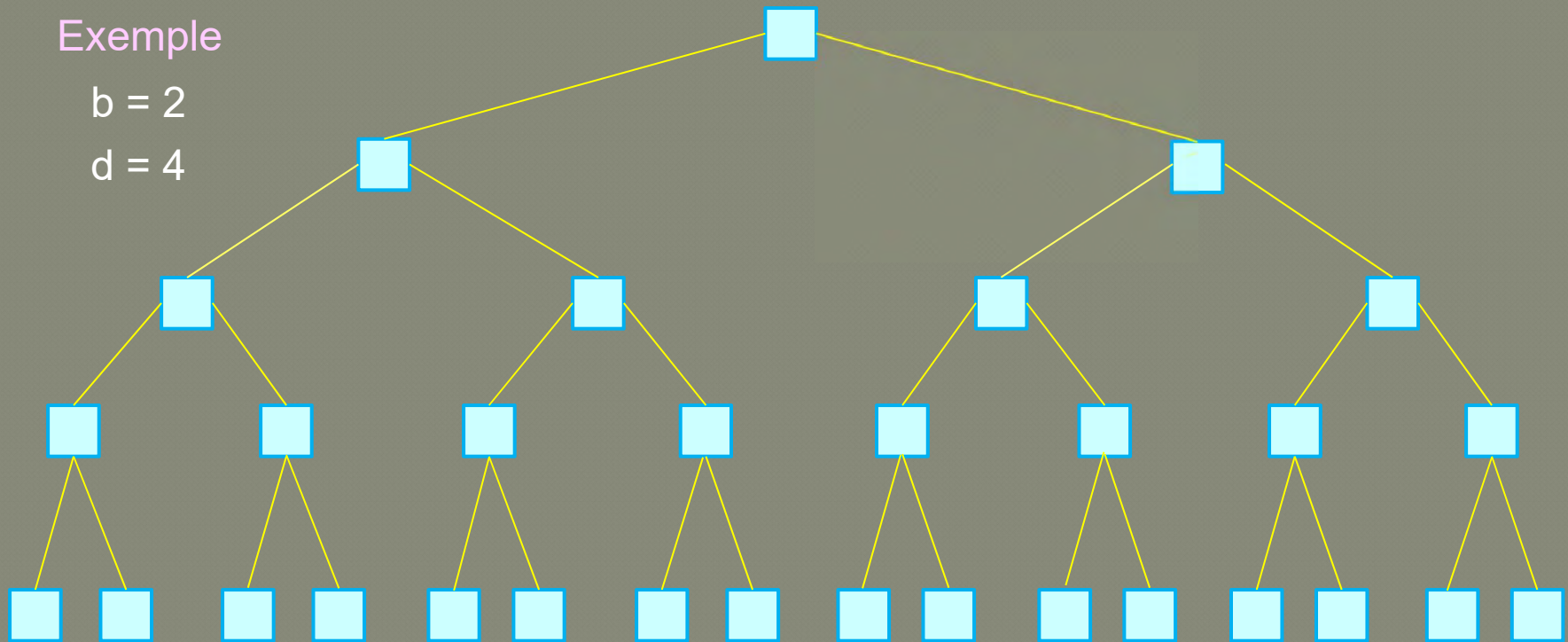
# Arbre – Un peu de mathématiques

- Profondeur (depth)  $\rightarrow d$
- Facteur de branchement (branching factor)  $\rightarrow b$

Exemple

$b = 2$

$d = 4$





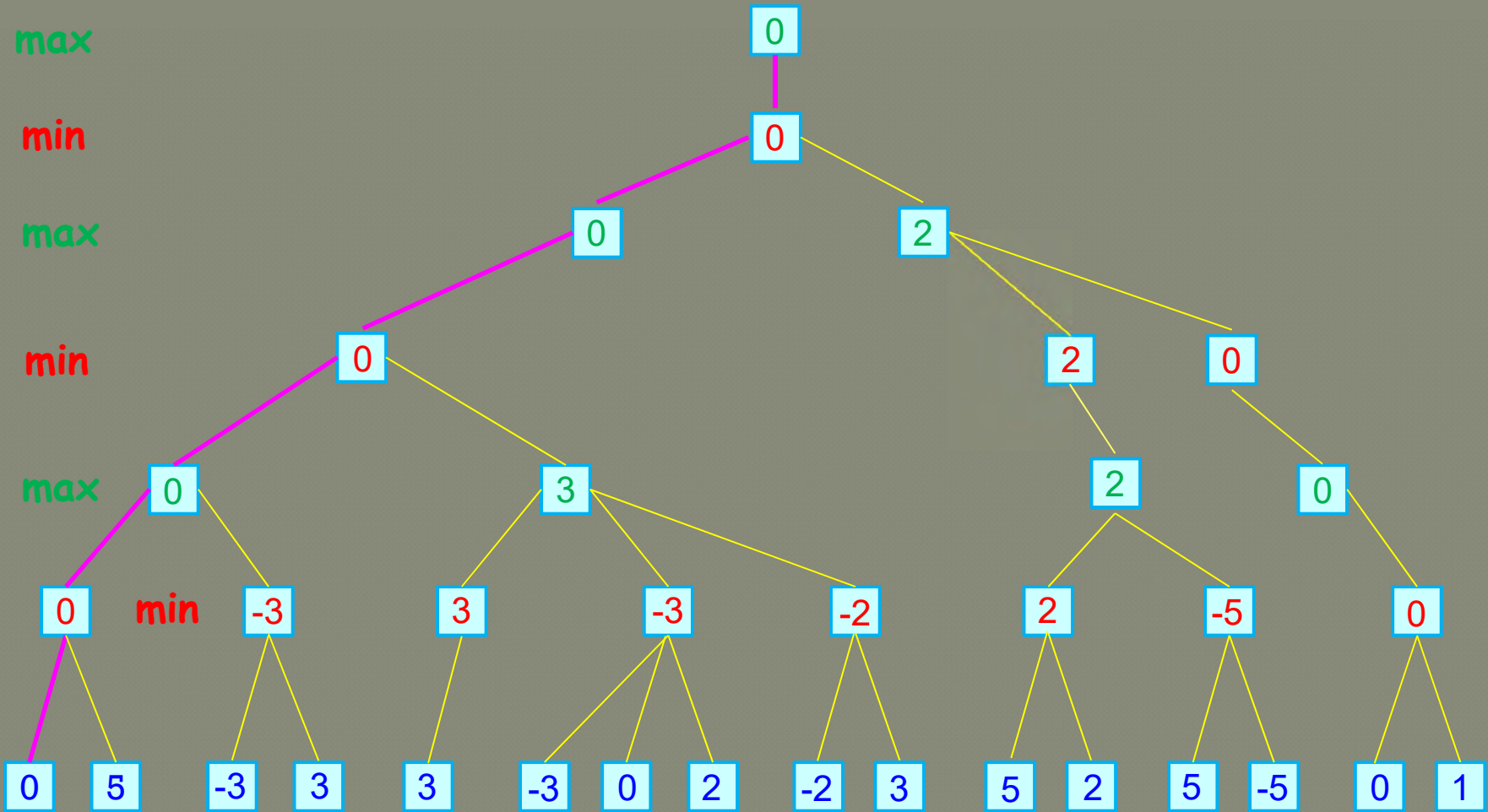
# Algorithme Minimax

---

- Choisit une profondeur  $d$
- Commence par les noeuds du bas
- Evalue les positions a la profondeur  $d$
- Utilise le principe du min (joueur adverse) ou du max (ordinateur) pour evaluer les positions aux profondeurs  $d-1$  puis  $d-2$ , jusqu'a  $d=0$ .
- Les feuilles (noeuds) de l'arbre sont visitées **récurivement**

Exemple

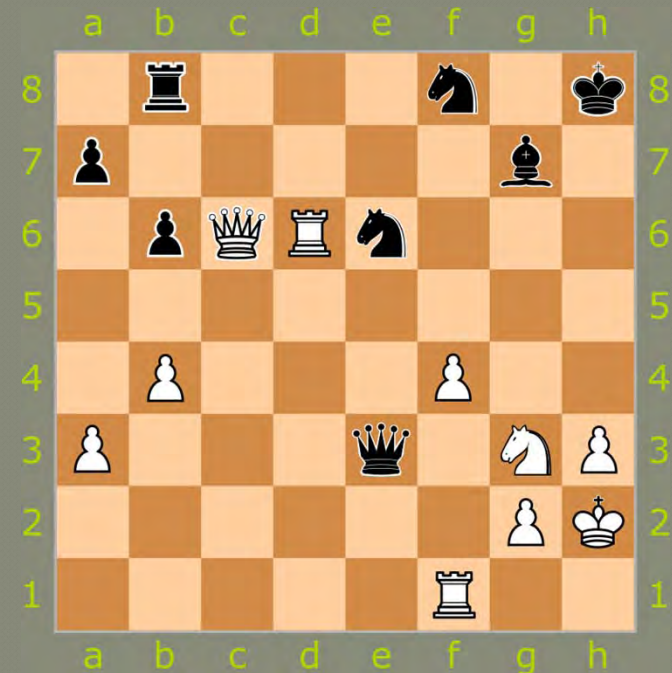
# Algorithme Minimax





# Croissance exponentielle

- Meme apres seulement 5 coups (d=10) coups et b=20 il y a environ  $b^d$  cad  $10^{13}$  possibilites a analyser.
- Nombre total de parties d'echecs  $N \approx 10^{120}$
- Nombre d'atomes dans l'univers  $N \approx 10^{80}$
- Comment réduire les calculs?



Bronstein-Keres 1955

43 coups possibles pour les noirs





# Taille (pruning) $\alpha\beta$

- L'algorithme minimax avec ou sans la taille  $\alpha\beta$  donne le même résultat.
- Sans la taille  $\alpha\beta$ , il faut  $O(b^d)$  évaluations
- Avec la taille  $\alpha\beta$ , on peut dans le meilleur des cas avoir à évaluer  $O(b^{d/2})$  positions → Permet d'analyser jusqu'à une profondeur deux fois plus grande (8 coups au lieu de 4 coups)
- Améliorations supplémentaires avec:
  - PVS (principal Variation Search)
  - Variantes presque forcées (quiescent search)

# Fonction d'évaluation

- Fonction d'évaluation (leaf evaluation)

- Qu'est ce qui fait qu'une position est meilleure qu'une autre?

$$s = w_1f_1 + w_2f_2 + w_3f_3 + \dots + w_nf_n$$

- Matériel

- Pion = 1 point
- Fou = 3 points
- Cavalier = 3 points
- Tour = 5 points
- Dame = 9 points

- Attention, la valeur des pieces change avec la position

- Finale
- Pion a la 7ème rangée
- Proximité du roi adverse



# Valeur des pièces

## Cas du pion

rangee	isole	connecte	passe	Passe et connecte
4	1.05	1.15	1.30	1.55
5	1.30	1.35	1.55	2.3
6	2.1			3.5

*Berliner, Hans (1999), The System: A World Champion's Approach to Chess, Gambit Publications, ISBN 1-901983-10-2*

# Fonction d'évaluation

---

- Matériel (taille de l'armée)
  - Position des pièces
  - Mobilité (déplacements possibles de chaque pièce)
  - Position du roi (sécurité)
  - Paire de fous/tours
  - Colonnes ouvertes pour les tours
  - Contrôle du centre
  - Structure de pions
- Fonction qui tient compte de centaines de paramètres. Le coefficient associé à un paramètre est évalué à l'aide d'algorithmes génétiques en analysant des parties de GMs



# Difficultes

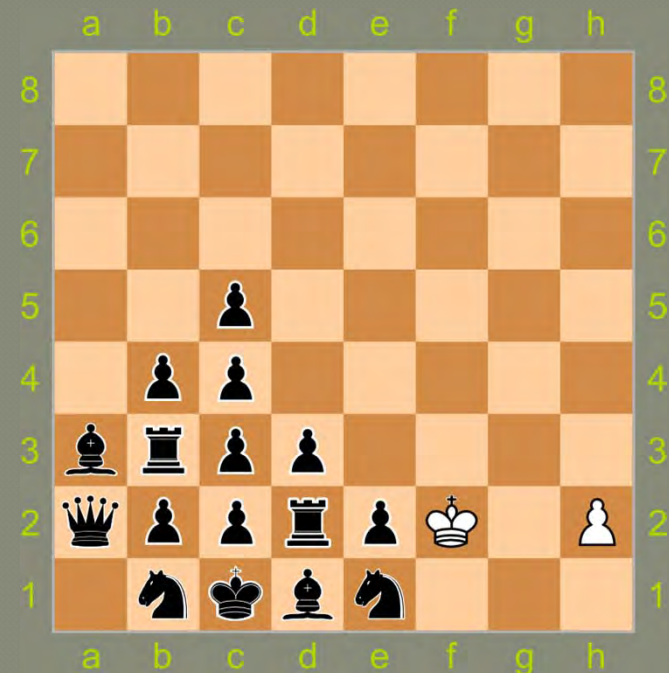
## Equation

Avantage materiel = avantage

## Seul contre toute une armée

- Dans la position ci-contre, Les blancs jouent et font mat en 16 coups!

1. ♔xe1! ♚a1 2. h3!! ♚a2 3. h4 ♚a1 4. h5 ♚a2 5. h6 ♚a1 6. h7 ♚a2 7. h8♘! ♚a1 8. ♘g6 ♚a2 9. ♘e5 ♚a1 10. ♘d7 ♚a2 11. ♘xc5!! ♚a1 12. ♘b7 ♚a2 13. ♘d6 ♚a1 14. ♘xc4 ♚a2 15. ♘a5 ♚a1 16. ♘xb3#



Bláthy 1922

Mat en 16 coups





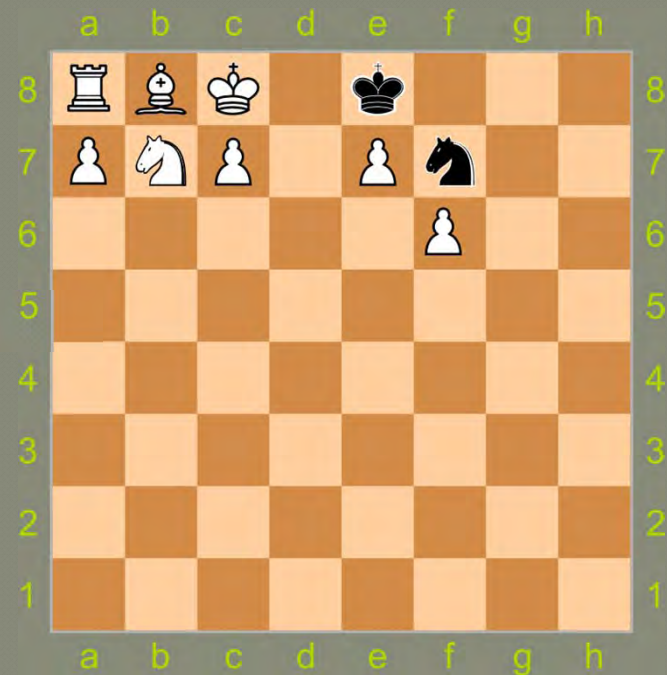
# Difficiles

- Avoir le trait = avantage



- Dans la position ci-contre, celui qui a le trait perd la partie.

- Trait au blancs:
  1. ♖b7 joue (seule possibilité)
  - 1... ♘d6#
- Trait aux noirs:
  - 1... ♘f7 joue (seule possibilité)
  2. ♘d6#



Arrabal 1973

Celebrant la ceremonie  
de la confusion

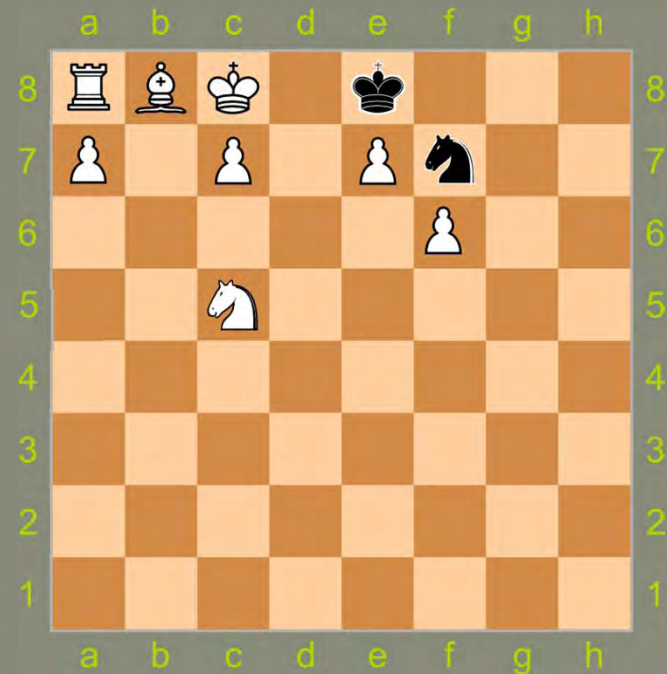
# Difficultes

## ● Equation

Avoir le trait = avantage

Dans la position ci-contre,  
celui qui a le trait perd la partie.

- Trait au blancs:
  1. ♖b7 joue (seule possibilité)
  - 1... ♘d6#
- Trait aux noirs:
  - 1... ♘f7 joue (seule possibilité)
  2. ♘d6#



Arrabal 1973

Celebrant la ceremonie  
de la confusion



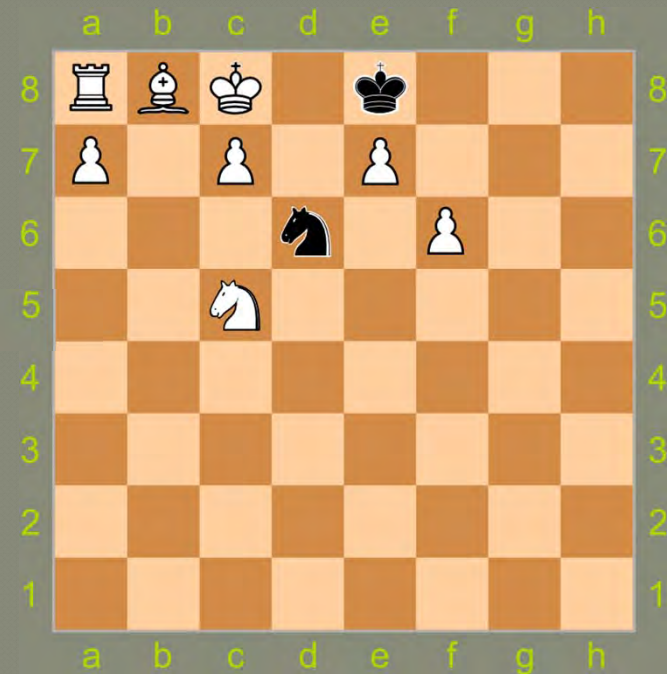
# Difficiles

## Equation

Avoir le trait = avantage

Dans la position ci-contre,  
celui qui a le trait perd la partie.

- Trait au blancs:
  1. ♖b7 joue (seule possibilité)
  - 1... ♔d6#
- Trait aux noirs:
  - 1... ♗f7 joue (seule possibilité)
  2. ♔d6#

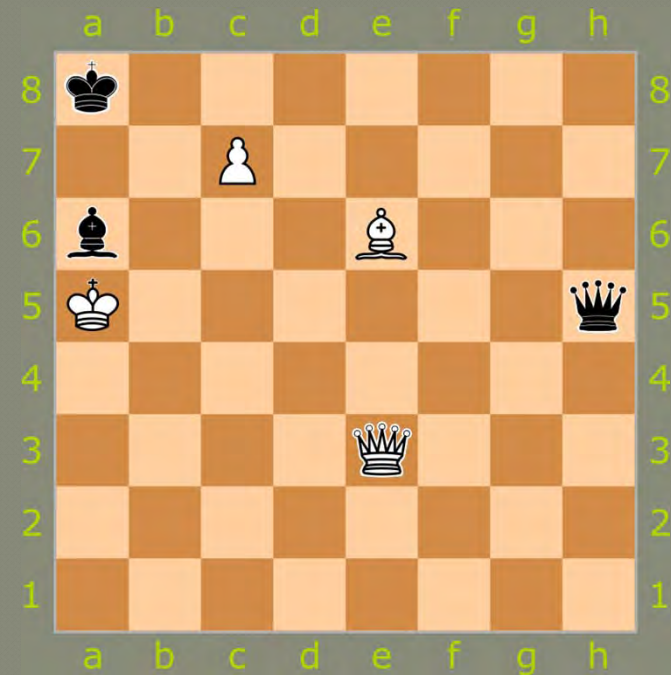


Arrabal 1973

Celebrant la ceremonie  
de la confusion

# Difficultes

- Sacrifices et contre-sacrifices  
Sacrifier une piece = defaite
- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent.



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent



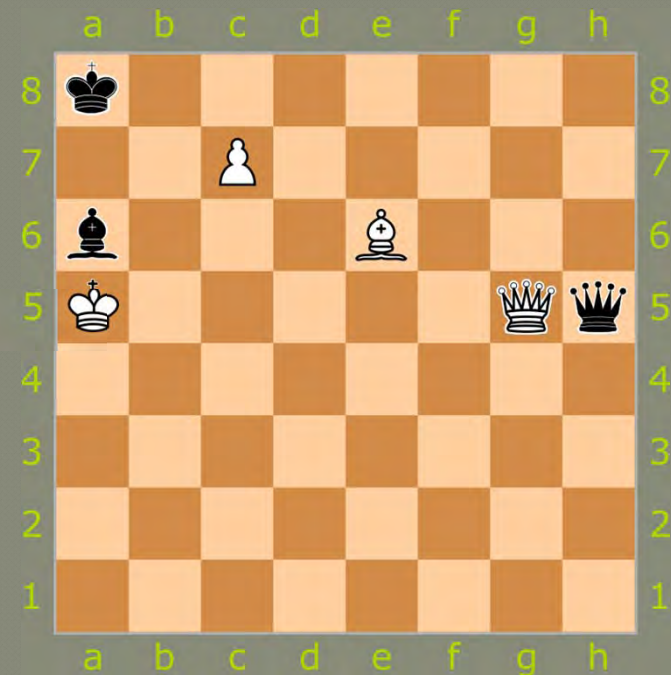
# Difficiles

- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! (seul coup gagnant)



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent

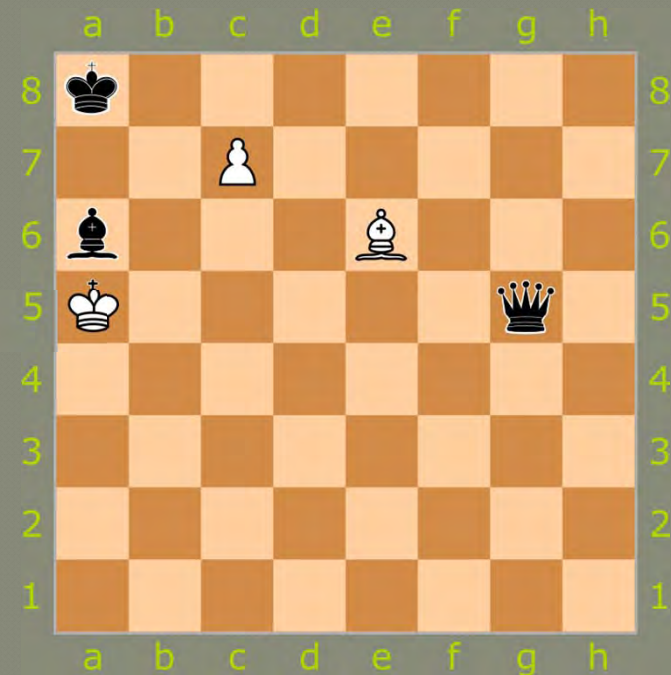
# Difficultes

- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! ♚xg5 (seul defense)



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent



# Difficiles

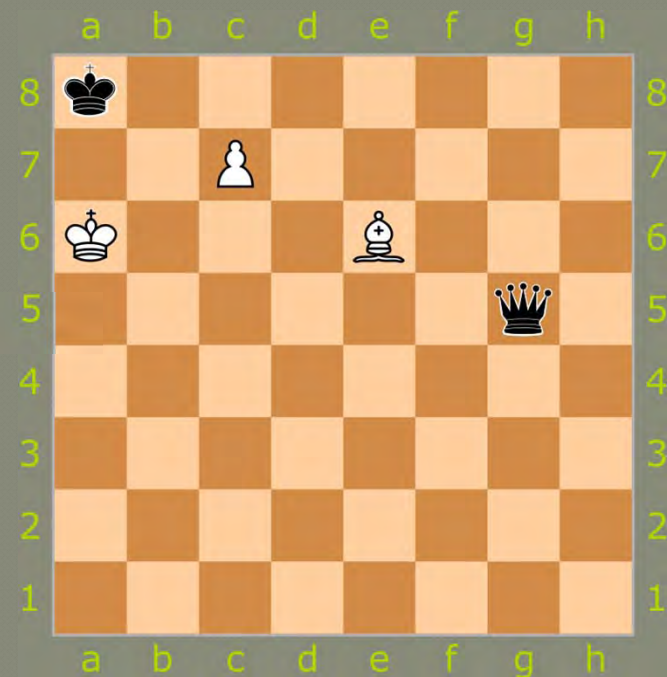
- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! ♚xg5

2. ♚xa6 △c8♔+ et △♘d5+



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent

# Difficiles

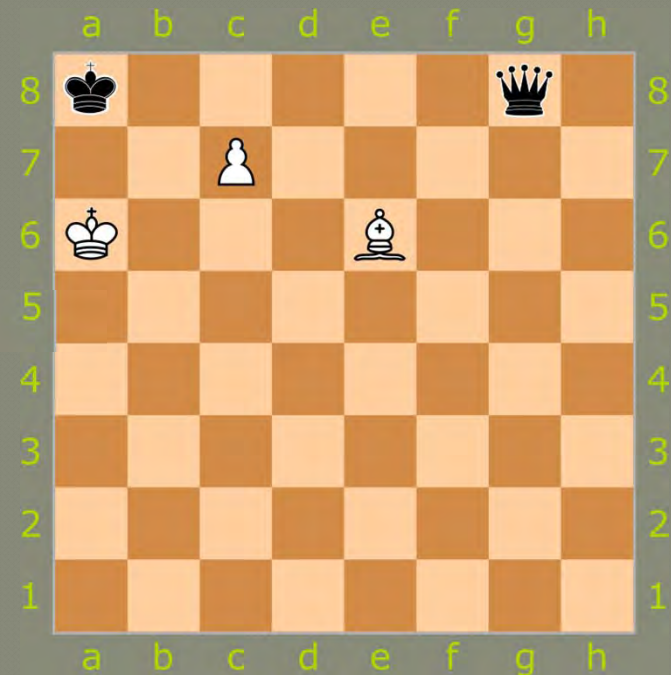
- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! ♕xg5

2. ♖xa6 ♔g8! (la seule defense)



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent



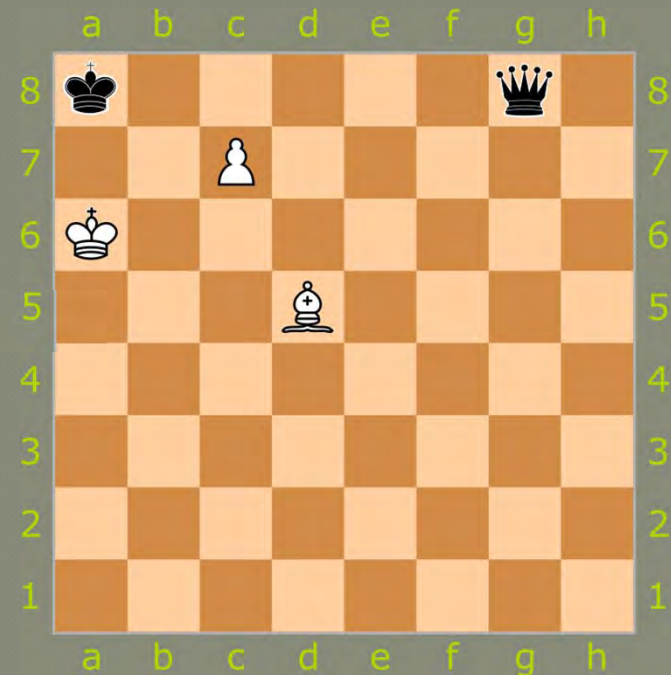
# Difficiles

- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! ♚xg5
2. ♚xa6 ♔g8!
3. ♖d5+!



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent

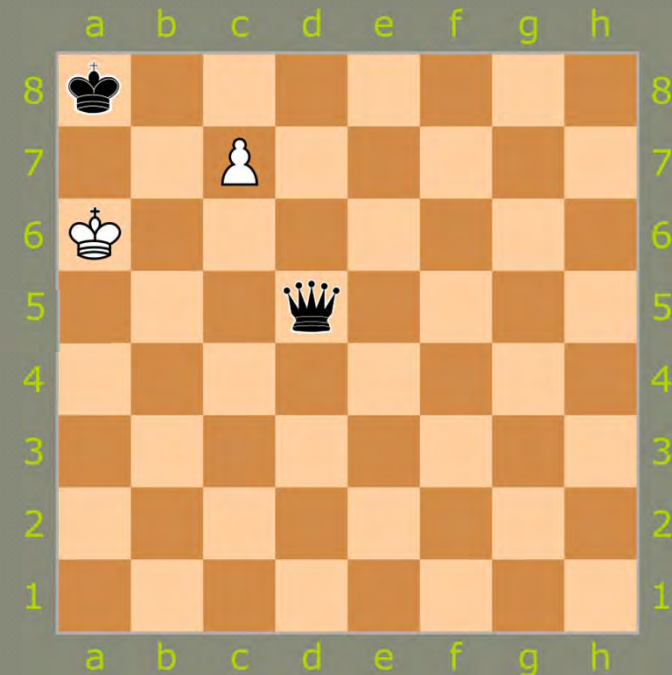
# Difficultes

- Sacrifices et contre-sacrifices

Sacrifier une piece = defaite

- Dans la position ci-contre, les blancs gagnent comme suit:

1. ♔g5!!! ♕xg5
2. ♖xa6 ♔g8!
3. ♗d5+! ♕xd5 (forcé)



Joitsa 1944

Les blancs jouent et gagnent





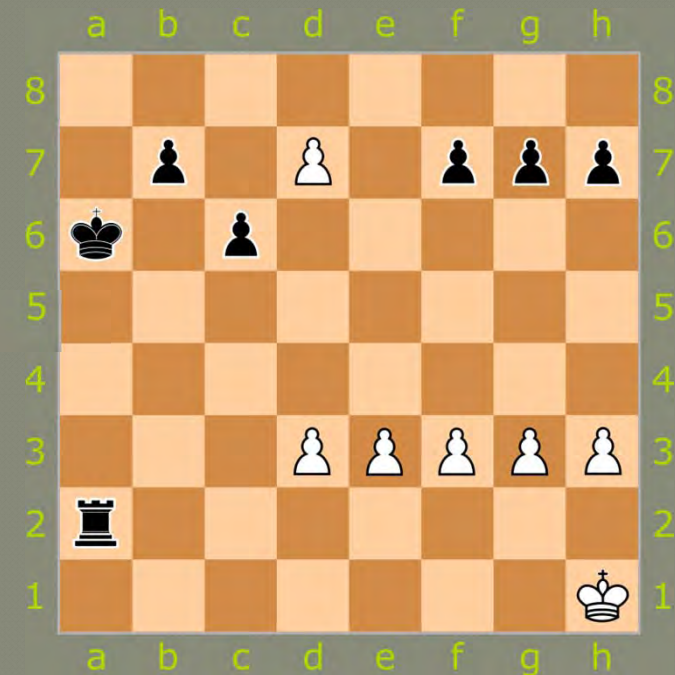
# Difficiles

- L'effet horizon

d limité = aveuglement

- Dans la position ci-contre, les noirs croient qu'ils sont gagnants si  $d \leq 12$ , car ils pensent pouvoir empêcher la promotion du pion d7 par une série d'échecs:

1. Ta1+ ♔g2
2. Ta2+ ♔f1
3. Ta1+ ♔e2
4. Ta2+ ♔d1 ...



Effet horizon

Les noirs croient gagner



# Tables de transposition

- Deux parties identiques peuvent résulter par des ordres de coups différents.

1. e4 e5 2. d4

1. d4 e5 2. e4



- Comment éviter d'évaluer la même position deux fois?
- Problème très important car par exemple pour  $d = 8$ :
  - Nombre de position terminales  $\approx 250,000$
  - Nombre de position terminales distinctes  $\approx 204$

# Tables de transposition

---

- Principe: Il faut stocker les positions analysées dans une table de hachage (hash table). Pour chaque position, on stocke:
  - Position
  - Code de hachage
  - Score
  - Profondeur d
  - Meilleur coup dans la position
  - Profondeur de recherche pour le meilleur coup obtenu
  - D'autres parametres.

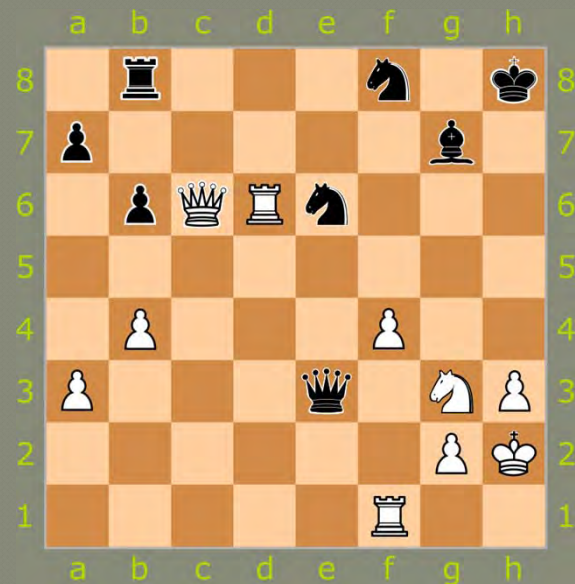


# Position

- Par quel type de données faut-il représenter une position (échiquier + pièces)?
  - Sujet tres techniques
  - Voir l'article tres interessant de R. Hyatt (reference en biblio)



C'est quoi une position?



# Autres points importants

---

- Bibliothèque d'ouverture
- Base de donnée des finales
- Interface utilisateurs



# Programmation

---

- Utilisation de pointeurs (arbres)
- Allocation dynamique
- Objet (position)
- Subroutines recursives
- Choix du langage
  - Moteur de recherche → C++, Fortran, Python, Java ...
  - Pour l'interface → Java, Python, ...

# Merci de votre attention

---

Les échecs, c'est la pierre de touche de l'intelligence.

Goethe.

Le jeu d'Echecs est un lac, dans lequel peut se baigner un moucheron et se noyer un éléphant.

Proverbe indien.

Il y a plus d'aventures sur un échiquier que sur toutes les mers du monde.

Mac Mahon ou Pierre Mac Orlan ?



# Où trouver de l'aide?

- Robert Hyatt → <https://www.cis.uab.edu/hyatt/pubs.html>
- Bruce Moreland → <http://web.archive.org/web/20070811182741/www.seanet.com/~bruce/o/topics/topics.htm>
- Wikispaces → <http://chessprogramming.wikispaces.com/>
- 2007 Pradyumna Kannan, *Magic Move-Bitboard Generation in Computer Chess*.
- Writing a chess program in 99 steps → <http://aghaznawi.comuf.com/computer%20chess/winglet>
- En passant: <http://www.enpassant.dk/chess/softeng.htm#PROBLEMISTE>