

# Intelligence artificielle et jeux

O. Teytaud (Messenger)

- Go all sizes
- Minishogi 5x5
- Breakthrough
- Connect6
- Othello10x10,
- Bridge
- Hex 13x13, 19x19
- Havannah 8x8, 10x10, Hex 19x19,  
Go: first wins against top humans,  
(Go: first win in 19x19 H9, up to H5)



Chercheur  
en IA depuis  
le siècle  
dernier



Les jeux sont la drosophile de l'IA.  
Si votre IA est vraiment forte a un jeu,  
elle sera forte pour une vraie  
application utile.

Energie, structures nanometriques,  
agriculture, privacy, IA generatives  
(code, texte et image).

Realite virtuelle, photonique.

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

- Scripts manuels

- Scripts parametres

## Fouille d'arbre

- Minimax

- Alpha-Beta

- MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

- Fonction valeur neuronale (2)

- Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

- Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



Si abscisse < abscisse minimale d'alien au plus bas

Aller a droite

Si abscisse > abscisse maximale d'alien au plus bas

Aller a gauche

Si tirer detruit un alien, alors tirer.

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

## Scripts parametres

Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

Attaques adversariales



Si abscisse < abscisse minimale d'alien au plus bas + X1

Aller a droite

Si abscisse > abscisse maximale d'alien au plus bas - X2

Aller a gauche

Si tirer detruit un alien, alors tirer.

On choisit x1 et x2 qui donnent le meilleur score moyen.

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

- Scripts manuels
- Scripts parametres

## Fouille d'arbre

- Minimax**
- Alpha-Beta
- MCTS (1)

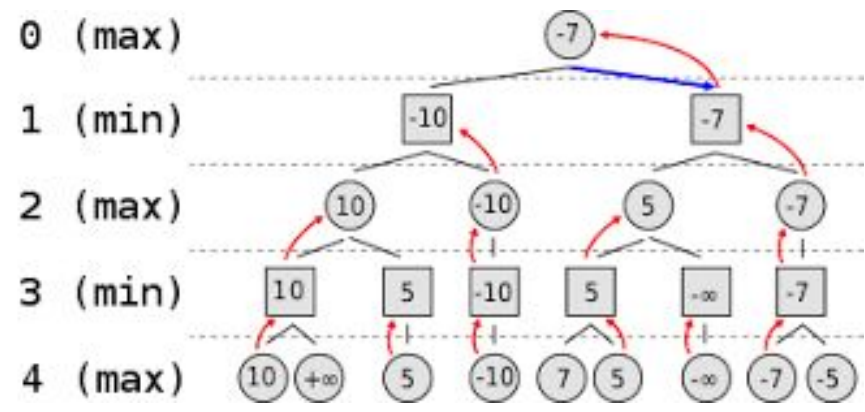
## Reseaux neuronaux

- Fonction valeur neuronale (2)
- Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

- Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



5 tour  
1 pion  
10 dame  
3 autre

Fonction valeur



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

**Alpha-Beta + NNUE !**

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

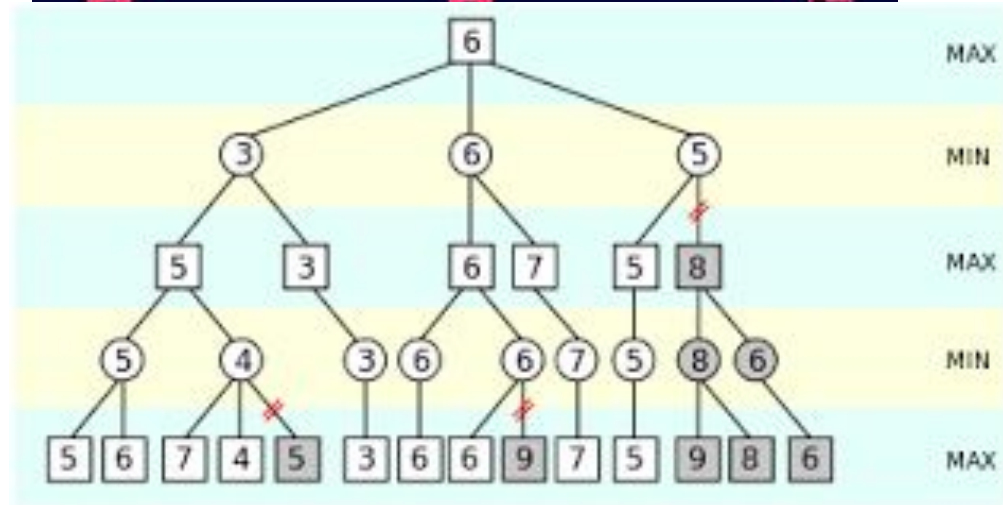
Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



Still leader in many games! And NNUE is great :-)

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta  $\leftarrow$  fonction valeur!!!

## MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

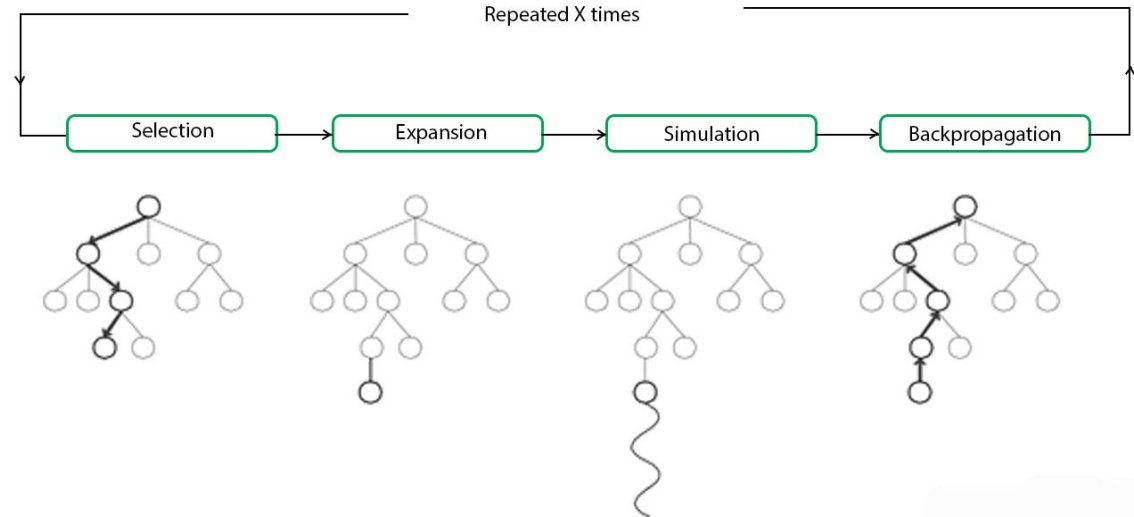
Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales





# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

- Scripts manuels
- Scripts parametres

## Fouille d'arbre

- Minimax
- Alpha-Beta

## MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

- Fonction valeur neuronale (2)
- Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

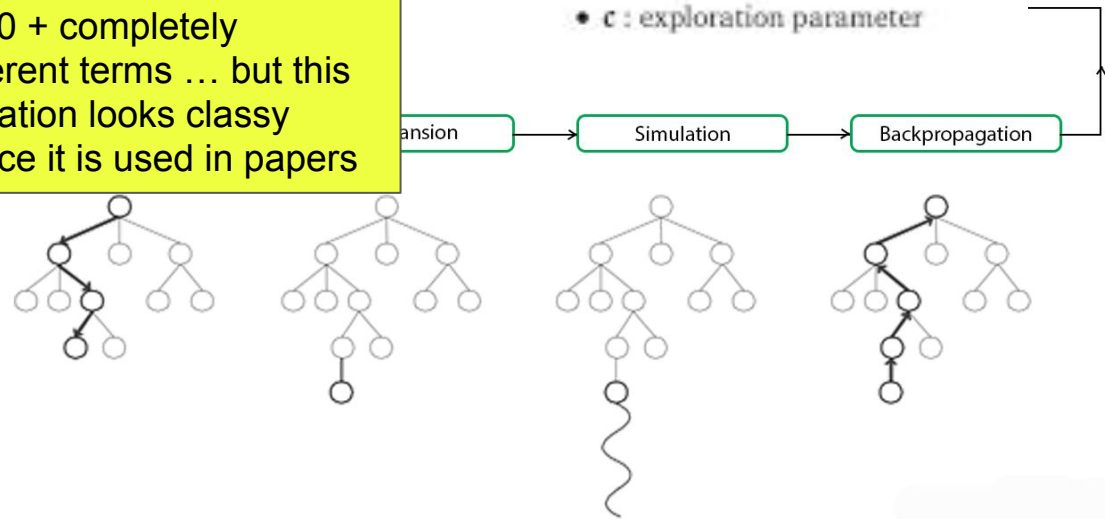
- Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales

$$\frac{w_i}{s_i} + c \sqrt{\frac{\ln s_p}{s_i}}$$

c = 0 + completely different terms ... but this equation looks classy hence it is used in papers

- $w_i$  : this node's number of simulations that resulted in a win
- $s_i$  : this node's total number of simulations
- $s_p$  : parent node's total number of simulations
- $c$  : exploration parameter



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)



## Reseaux neuronaux

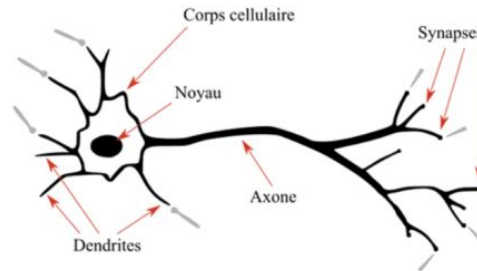
Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

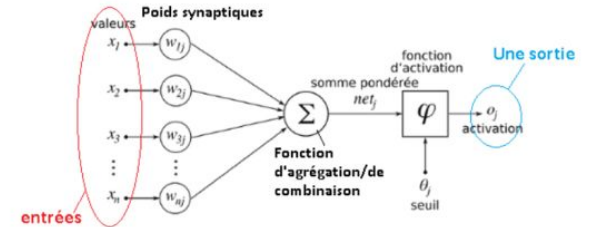
## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

Attaques adversariales



NEURONE BIOLOGIQUE



NEURONE ARTIFICIEL

# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

**Reseaux neuronaux**

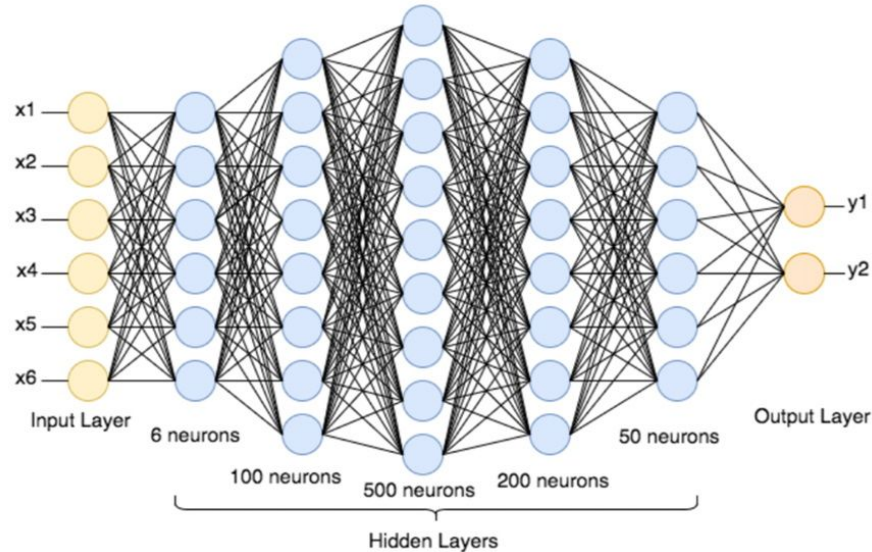
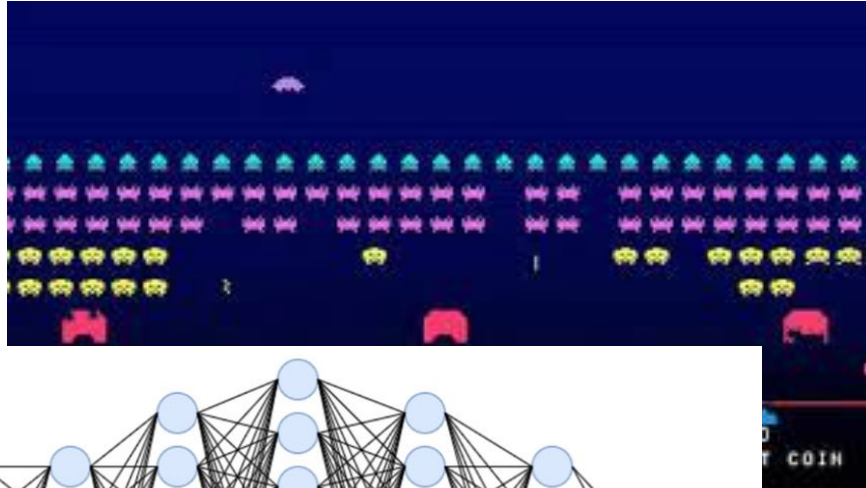
Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

Attaques adversariales



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

**Fonction valeur neuronale (2):** entree = image, ou donnees extraites par d'autres algorithmes,

sortie = probabilite de gagner. ← bon pour MCTS, ou Alpha-Beta, ou autre.

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

**Strategie neuronale (3):** entree = image, ou donnees extraites par d'autres algorithmes,

**sortie = action (ou combinaison d'actions) a utiliser.**

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

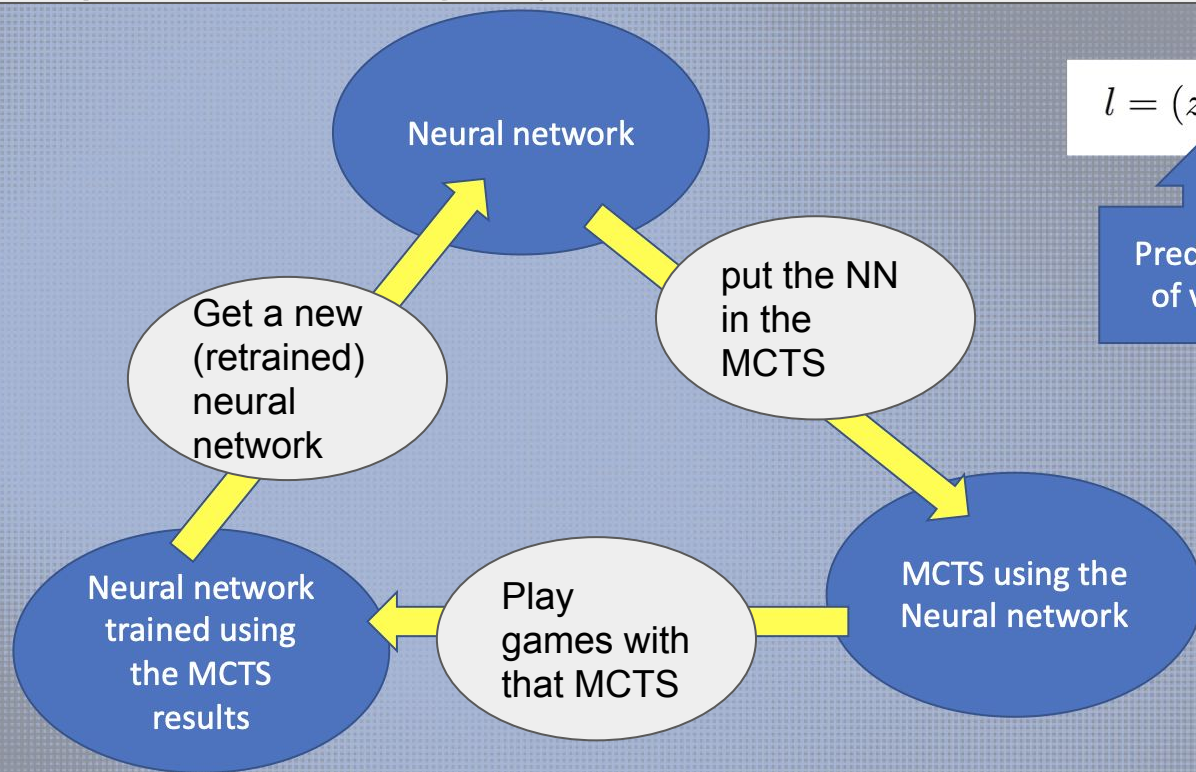
## Alpha-Zero (Zero learning)

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



# AlphaZero in a nutshell: MCTS + neural net (actor & critic) + learning by fixed point



$$l = (z - v)^2 - \boldsymbol{\pi}^\top \log \mathbf{p} + c \|\boldsymbol{\theta}\|^2$$

Prediction of value

$\mathbf{p}$  imitates  $\boldsymbol{\pi}$  from MCTS

Weight decay

# AlphaZero in a nutshell: MCTS + neural net (actor & critic) + learning by fixed point

MCTS(NN): a MCTS which uses a neural net NN for

- Evaluating leaves (no random rollout)
- Suggesting policies (biasing the MCTS)

2 heads  
actor/critic

$$l = (z - v)^2 - \pi^\top \log \mathbf{p} + c \|\theta\|^2$$

Prediction  
of value

p imitates  
 $\pi$  from  
MCTS

Weight  
decay

NN  $\leftarrow$  MCTS:

- Each client: plays games with a MCTS(NN)
- Server:
  - receives batches “(states, frequency of actions in the MCTS, reward at end of games)”
  - Two loss functions (+weight decay):
    - Learn “state  $\rightarrow$  reward” (critic)
    - Learn “state  $\rightarrow$  probability distribution on actions” (actor) , i.e. mimic the MCTS

ALPHAZERO:

- randomly initialize NN
- iteratively imitate: NN-actor  $\rightarrow$  MCTS(NN)    NN-Critic  $\rightarrow$  game results



# Les outils d'intelligence artificielle pour les jeux

## Scripts

Scripts manuels

Scripts parametres

## Fouille d'arbre

Minimax

Alpha-Beta

MCTS (1)

## Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

## Attaques adversariales



# L'intelligence artificielle n'est pas si robuste



Granny Smith	85.6%
iPod	0.4%
library	0.0%
pizza	0.0%
toaster	0.0%
dough	0.1%



Granny Smith	0.1%
iPod	99.7%
library	0.0%
pizza	0.0%
toaster	0.0%
dough	0.0%



Ben on n'a pas sorti le cul des ronces

L'intelligence artificielle n'est pas si robuste



**PANDA**

+



**NOISE**

=



**GIBBON**

# Adversarial attacks in the (real) battlefield !



Yes they did it !

<https://www.unilad.com/news/us-marines-defeat-pentagon-ai-robot-cardboard-boxes-175338-20230121>

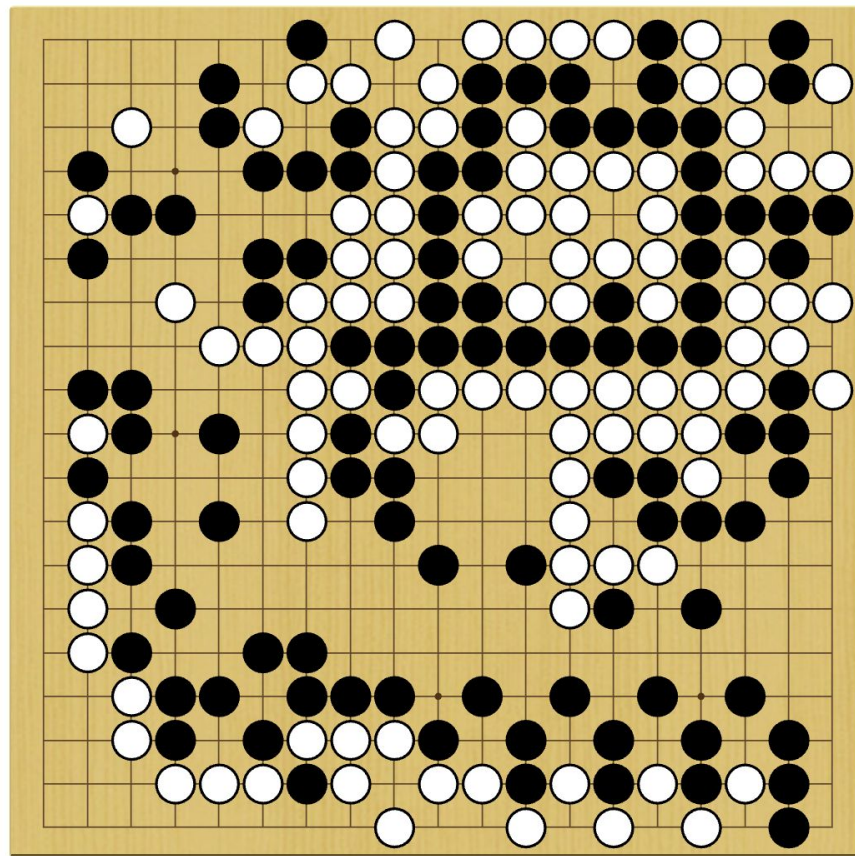
# Adversarial attacks in games

2016: Alpha Go beats Lee Sedol.

2022: attacks in Go: beating computers !!!

- attack by pass (more or less an artifact of Go rules)
- removing this solution, attacking KataGo also succeeds ⇐ wow !!!!
- transferring to other players (zero shot): < 10%
- 2023: teaching humans to beat KataGo (create large loops of stones)

☰
⏪
⏮
⏩
211
⏭
⏯
⏴
?



**Adversary** ⊙

Rank	Caps	Time
-	3	--:--

**Victim** ●

Rank	Caps	Time
-	0	--:--

**Game info** i

**Black passed.**

Komi	6.5
Date	2023-01-22
Black	Victim
White	Adversary
Result	W+Resign

One of the authors of the far.ai paper (white), beating KataGo (black)

**Victim:** KataGo, 100K visits **Adversary:** Kellin Pelrine (Author)

## Scripts

Scripts manuels ← tres pratique! Encore

Scripts parametres ← version ameliore

Feuille d'arbre



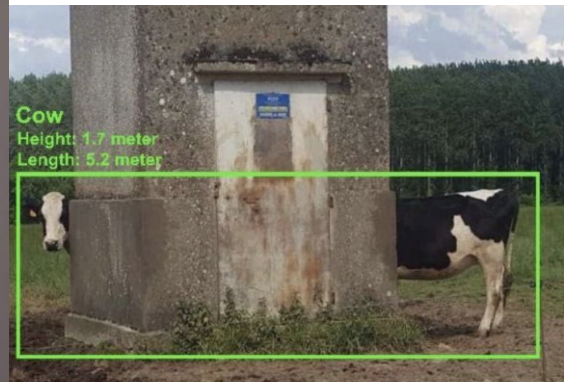
Strategie neuronale (3)

Alpha-Zero

Com

Attaques a ... air nos faib

Le  
probleme  
du sens  
commun



L'arnaque de la  
grand mere  
morte ← chatgpt

# Questions ?

## Scripts

Scripts manuels  $\Leftarrow$  tres pratique! Encore tres utilise,

Scripts parametres  $\Leftarrow$  version amelieeree; competitiv

## Fouille d'arbre

Minimax  $\Leftarrow$  personne ne fait ca

Alpha-Beta  $\Leftarrow$  ca oui, surtout avec NNUE, encore eta

MCTS (1)  $\Leftarrow$  n'a pas besoin de fonction valeur !

## Reseaux neuronaux

Fonction valeur neuronale (2)

Strategie neuronale (3)

## Alpha-Zero

Combiner (1) + (2) + (3)

Attaques adversariales  $\Leftarrow$  aide a voir nos faiblesses... on e

AI + electromagnetism  
for hardware = also AI  
for games :-)

