

**C'EST QUOI UN
ALGORITHME?**

Un mot qui fait peur



Un mot qui fait peur

- La peur fait vendre
Roms, migrants, burkini, niqab, chômeurs, Islam...
- Un mot utilisé sans maîtrise
- Un mot d'origine louche
Muhammad Ibn Mūsā al-Khuwārizmī, généralement appelé Al-Khwarizmi, latinisé en Algoritmi
- L'inconnu fait peur



Mais c'est quoi en vrai?

```
partitionner(tableau T, entier premier, entier dernier, entier pivot)
    échanger T[pivot] et T[dernier]
    j := premier
    pour i de premier à dernier - 1
        si T[i] <= T[dernier] alors
            échanger T[i] et T[j]
            j := j + 1
    échanger T[dernier] et T[j]
    renvoyer j
```

```
tri_rapide(tableau T, entier premier, entier dernier)
    début
        si premier < dernier alors
            pivot := choix_pivot(T, premier, dernier)
            pivot := partitionner(T, premier, dernier, pivot)
            tri_rapide(T, premier, pivot-1)
            tri_rapide(T, pivot+1, dernier)
        fin si
    fin
```

Algorithme

« *Un algorithme est une suite finie et non ambiguë d'opérations [...] permettant de résoudre un problème [...]* »

Recette de la tarte tatin

- Un algorithme humain
- Suite finie d'instructions
- Instructions non ambiguës pour un être humain...
- Finalité: une tarte tatin

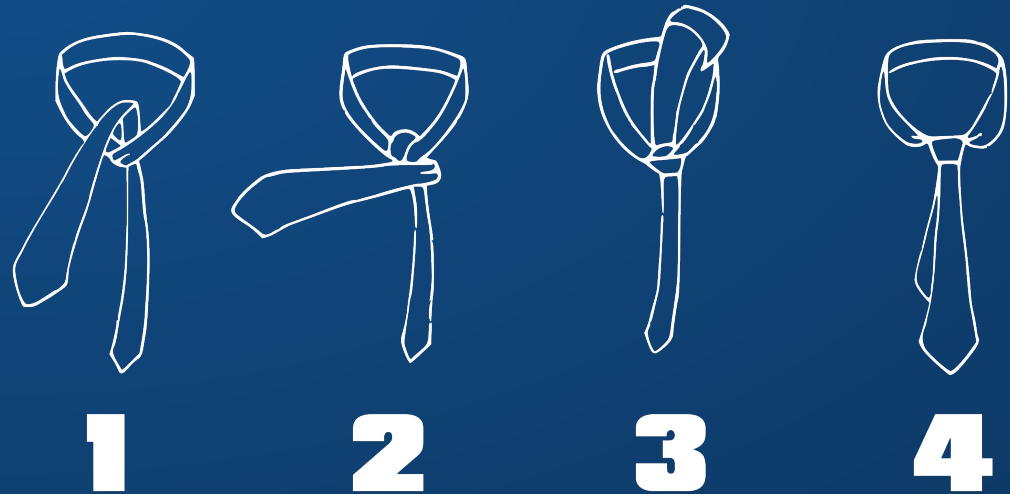


Recette de la tarte tatin

1. Préchauffer le four à 180 °C
2. Fondre 100 g beurre dans un moule
3. Ajouter 100 g de sucre en poudre
4. Baisser le feu, faire un caramel
5. Éplucher 8 pommes
6. Couper les pommes en deux
7. Enlever le cœur des pommes
8. Disposer 7 pommes en couronne
9. Mettre 1 pomme au milieu
10. Aplatir les pommes
11. Saupoudrer 2 × sucre vanillé
12. Saupoudrer de cannelle
13. Sortir du feu
14. Recouvrir de pâte feuilletée
15. Presser les bords de la pâte
16. Cuire au four 35 à 40 minutes

Nouer une cravate

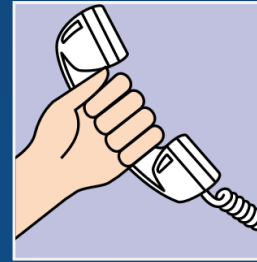
- Un autre algorithme humain
- Instructions visuelles
- Finalité: nœud de cravate



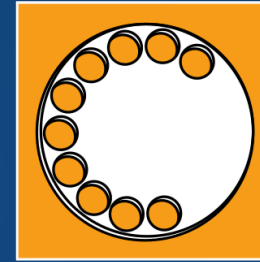
D'autres algorithmes humains

- Plier un tee-shirt
- Nouer ses lacets
- Traverser la route
- Démarche administrative
- Mettre en marche son Minitel
- etc.

Mettez en marche votre MINITEL.



1. décrochez votre combiné.



2. composez le n° d'appel.



3. attendez le signal continu.



4. appuyez sur la touche.



5. attendez la page.



6. raccrochez votre combiné.

Ils sont partout!



Ils sont partout !

- Vraiment partout
- Où ça ?

programme, jeu vidéo, ordinateur, processeur, téléphone, tablette, télévision, auto-radio, compteur électrique, four à micro-ondes, chaîne hi-fi, répondeur téléphonique, casque blue-tooth, lave-vaisselle, lave-linge, webcam, vidéo-projecteur

Même finalité, plusieurs algorithmes

LE PETIT NOEUD



LE NOEUD SIMPLE



LE NOEUD DOUBLE



LE NOEUD WINDSOR



LE DEMI-WINDSOR



Algorithmes de tri

- Un grand classique des algorithmes
- Des tas d'usages
base de données, affichage 3D, listing...
- Plusieurs algorithmes, même finalité
tri rapide, tri fusion, tri par tas, tri par insertion, introsort, tri par sélection, timsort, tri Shell, tri à bulles, tri arborescent, smoothsort, tri cocktail, tri à peigne, tri pair-impair...
- Pourquoi tant de versions?

3 7 8 4 2 1 9 5 5



1 2 3 4 5 5 7 8 9

Tri à bulles

- L'algorithme de tri le plus simple à comprendre
- Des bulles de champagne...

Pour une liste de n éléments

RÉPÉTER $n-1$ fois

POUR chaque élément, sauf le dernier

SI l'élément suivant est plus petit

ALORS

 échanger l'élément avec l'élément suivant

FIN-SI

FIN-POUR

FIN-RÉPÉTER

Tri à bulles, exemple

Liste à trier **3 7 8 4** 4 éléments, donc 3 étapes

1

3 7 8 4

3 7 8 4

3 7 8 4 !

3 7 4 8

2

3 7 4 8

3 7 4 8 !

3 4 7 8

3 4 7 8

3

3 4 7 8

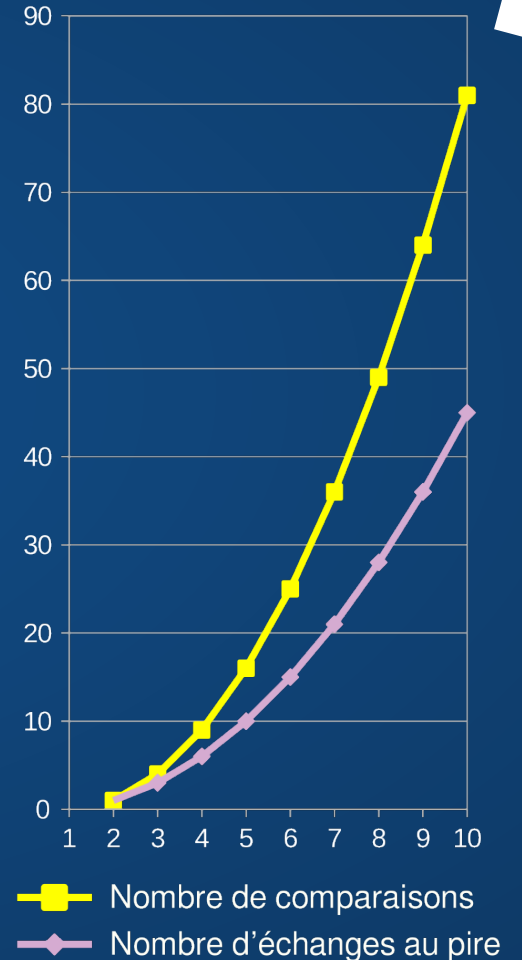
3 4 7 8

3 4 7 8

FIN

Le tri à bulles en question

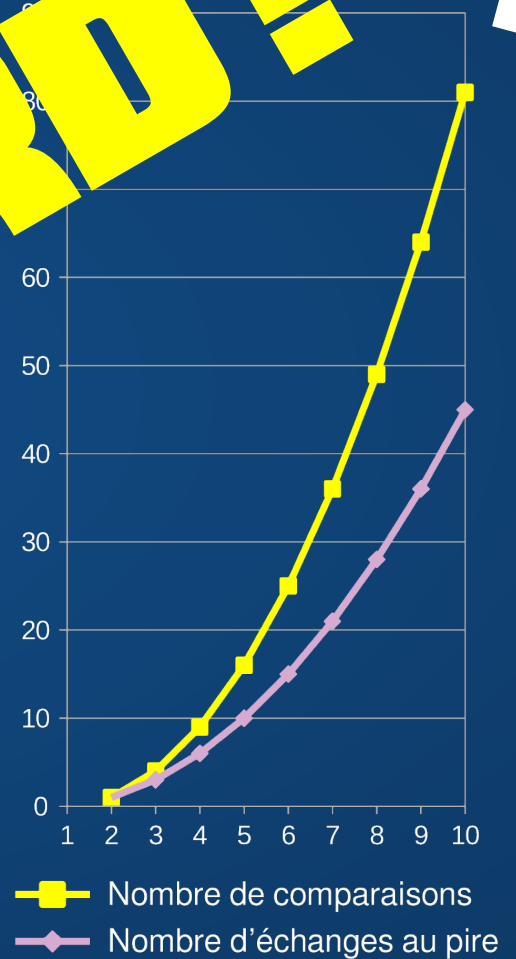
- Pour trier 4 chiffres, cela a nécessité
 - 3 tours
 - 9 comparaisons
 - 2 échanges
- Pour n éléments, le tri nécessite
 - $n-1$ tours
 - $(n-1)^2$ comparaisons
 - $\frac{n \times (n-1)}{2}$ échanges au pire



Le tri à bulles en question

- Pour trier 4 chiffres, cela a nécessité
 - 3 tours
 - 9 comparaisons
 - 2 échanges
- Pour n éléments, cela nécessite
 - $n-1$ tours
 - $\frac{n(n-1)}{2}$ comparaisons
 - $\frac{n(n-1)}{2}$ échanges au pire

TROP LOURD!



Complexité d'un algorithme

- On note la complexité des algorithmes $O(g(n))$
- Exemples
 - $O(1)$ l'idéal!
 - $O(\log n)$ 1 opération de plus quand on double la quantité
 - $O(n)$ 1 opération de plus pour 1 élément de plus
 - $O(n \times \log n)$ quasi-presque comme $O(n)$
 - $O(n^2)$ 10 000 opérations pour 100 éléments
 - $O(2^n)$ 4 milliards d'opérations pour 32 éléments
 - $O(n!)$ 6 milliards d'opérations pour 13 éléments

Plusieurs types de complexité

- **Complexité temporelle**
Celle dont on vient de parler!
- **Complexité spatiale**
Les ressources nécessaires pour exécuter les opérations
- **Complexité de mise au point**
Est-ce dur à programmer? À éliminer les bugs?
- **Complexité d'initialisation**
L'algorithme peut nécessiter un temps de préparation non négligeable

À chacun ses avantages

| | Cas optimal | Cas moyen | Au pire | Complexité spatiale |
|-------------------|-------------|-----------|---------|---------------------|
| Tri rapide | ●●●● | ●●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Tri fusion | ●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Tri par tas | ●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●●● |
| Tri par insertion | ●●●●● | ●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Introsort | ●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Tri par sélection | ●●● | ●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Timsort | ●●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Tri Shell | ●●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●●● |
| Tri à bulles | ●●●●● | ●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Tri arborescent | ●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Smoothsort | ●●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●●● |
| Tri cocktail | ●●●●● | ●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Tri à peigne | ●●●●● | ●●●● | ●●● | ●●●●●● |
| Tri pair-impair | ●●●●● | ●●● | ●●● | ●●●●●● |

Dichotomie

- Algorithme de recherche dans des données triées
- Réalisable avec un dictionnaire
 - Ouvrir le dictionnaire à moitié
 - Si le mot recherché est avant, ouvrir la 1^{re} moitié, sinon la 2^e
 - Répéter l'opération avec la moitié ouverte
- Complexité $O(\log_2 n)$

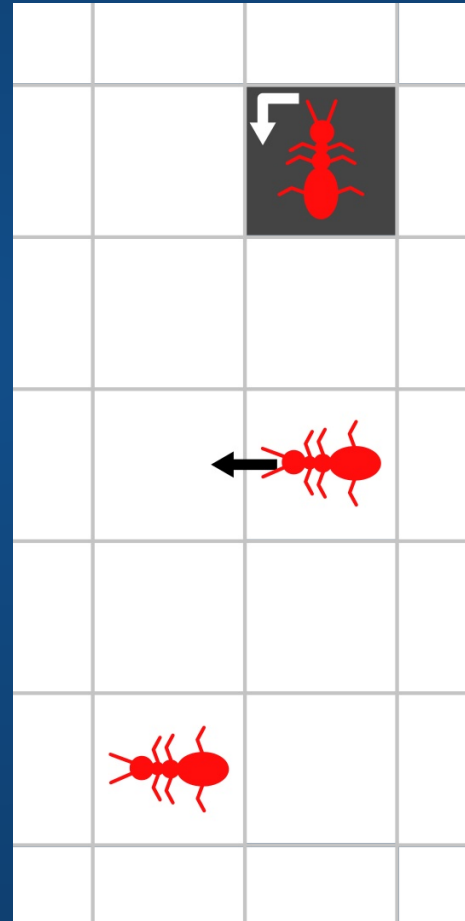
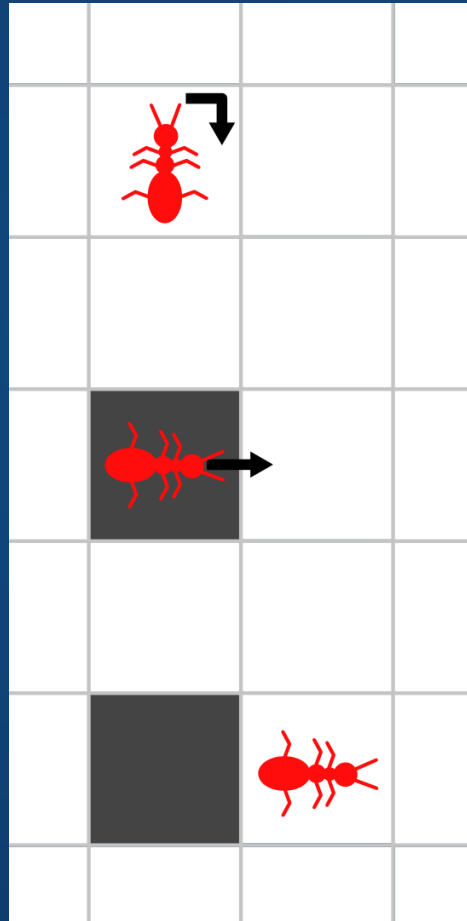
Simple mais pas simple



La fourmi de Langton

- Sur une grille, une case peut être blanche ou noire
- On place la fourmi de Langton sur une case
- La fourmi se déplace selon les règles suivantes
 - si elle est sur une case noire, elle tourne à gauche, change la couleur de sa case en blanc et avance d'une case
 - si elle est sur une case blanche, elle tourne à droite, change la couleur de sa case en noir et avance d'une case

La fourmi de Langton



Simple, non?

- Ça doit vite tourner en rond ce truc-là
- Ça va faire un truc symétrique

Hein???



Que se passe-t-il?

- Aucune symétrie n'apparaît
- Un motif répétitif est généré au bout de... 11 000 étapes
On l'appelle l'autoroute de Langton
- Algorithme simple \neq comportement simple

Générer des nombres aléatoires



Des nombres aléatoires

- Un ordinateur ne sait faire que des calculs
- Mais, alors, comment générer du hasard?
- Le hasard est une notion difficile à appréhender
- Il est pourtant fondamental en informatique!
- Il existe des générateurs de nombres pseudo-aléatoires

Méthode de Von Neumann

- prendre un nombre la graine
- l'élever au carré
- prendre le milieu
- répéter avec ce nombre

la graine

1111² 1234321

3432² 11778624

7786² 60621796

6217² 38651089

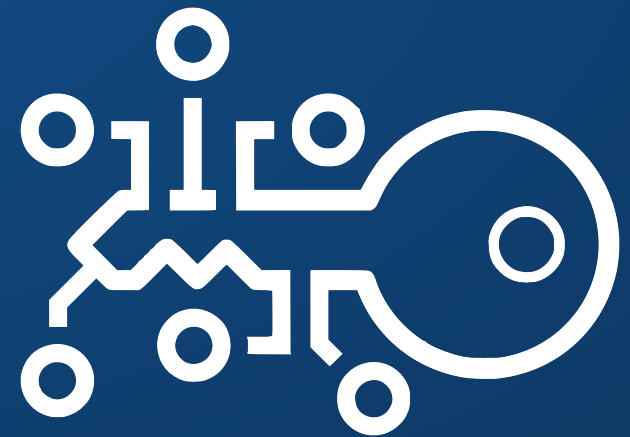
6510² 42380100

3801² 14447601

⋮

Utilisation

- Jeux
- Simulation de phénomènes physiques
- Tests informatiques
- Chiffrement



Qualité d'un générateur

- Les générateurs ne sont qu'une **imitation**
- Ils peuvent être caractérisés
 - distribution
 - périodicité
 - corrélations
 - caractéristiques spectrales
 - facilité d'implémentation
 - etc.

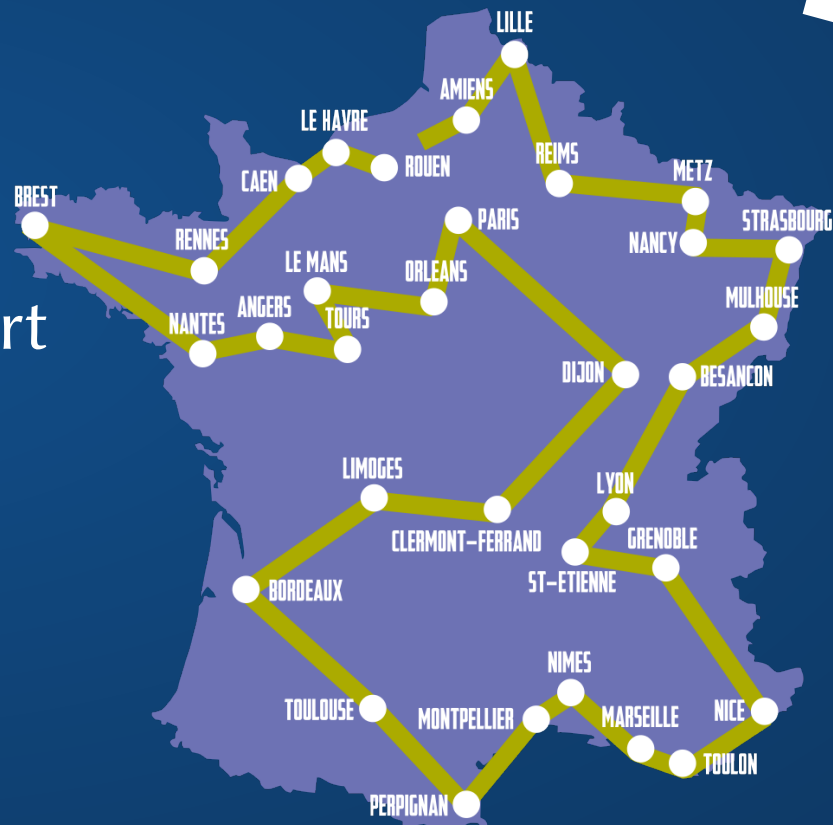
Voyageur de commerce



Voyageur de commerce

- Problème d'optimisation
- Trouver le chemin le plus court reliant chaque ville une seule fois et revenant à la ville de départ
- Complexité factorielle!
10 villes = 181 440 chemins possibles

$$\frac{(n-1)!}{2}$$

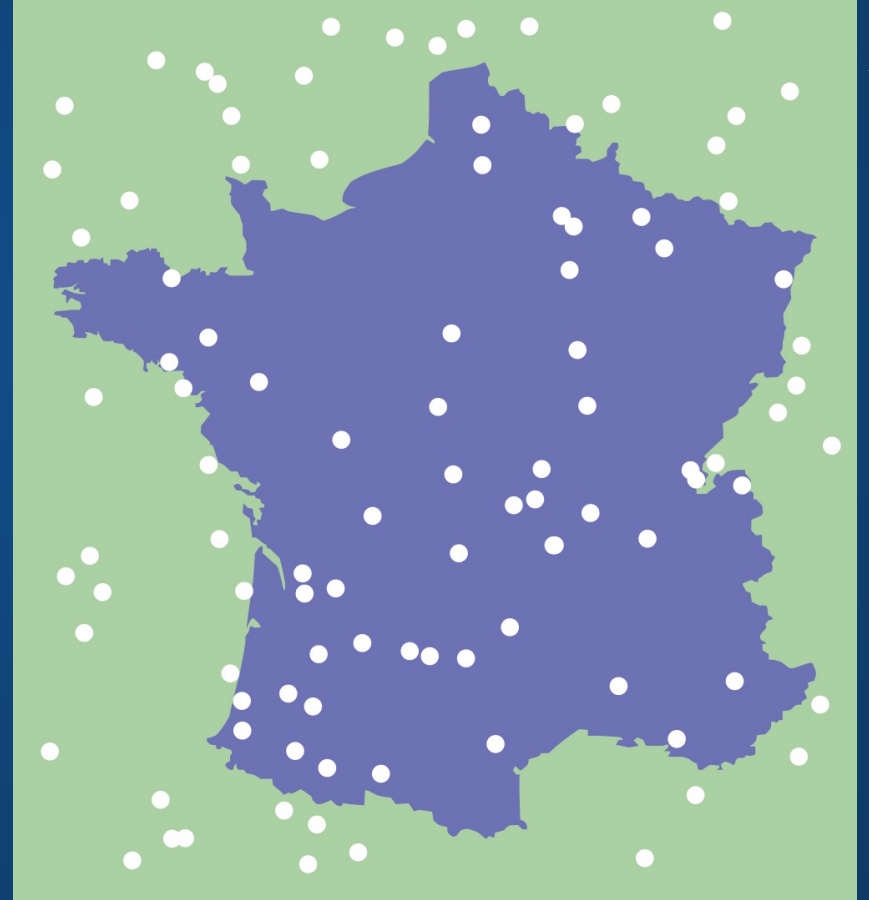


Explosion combinatoire

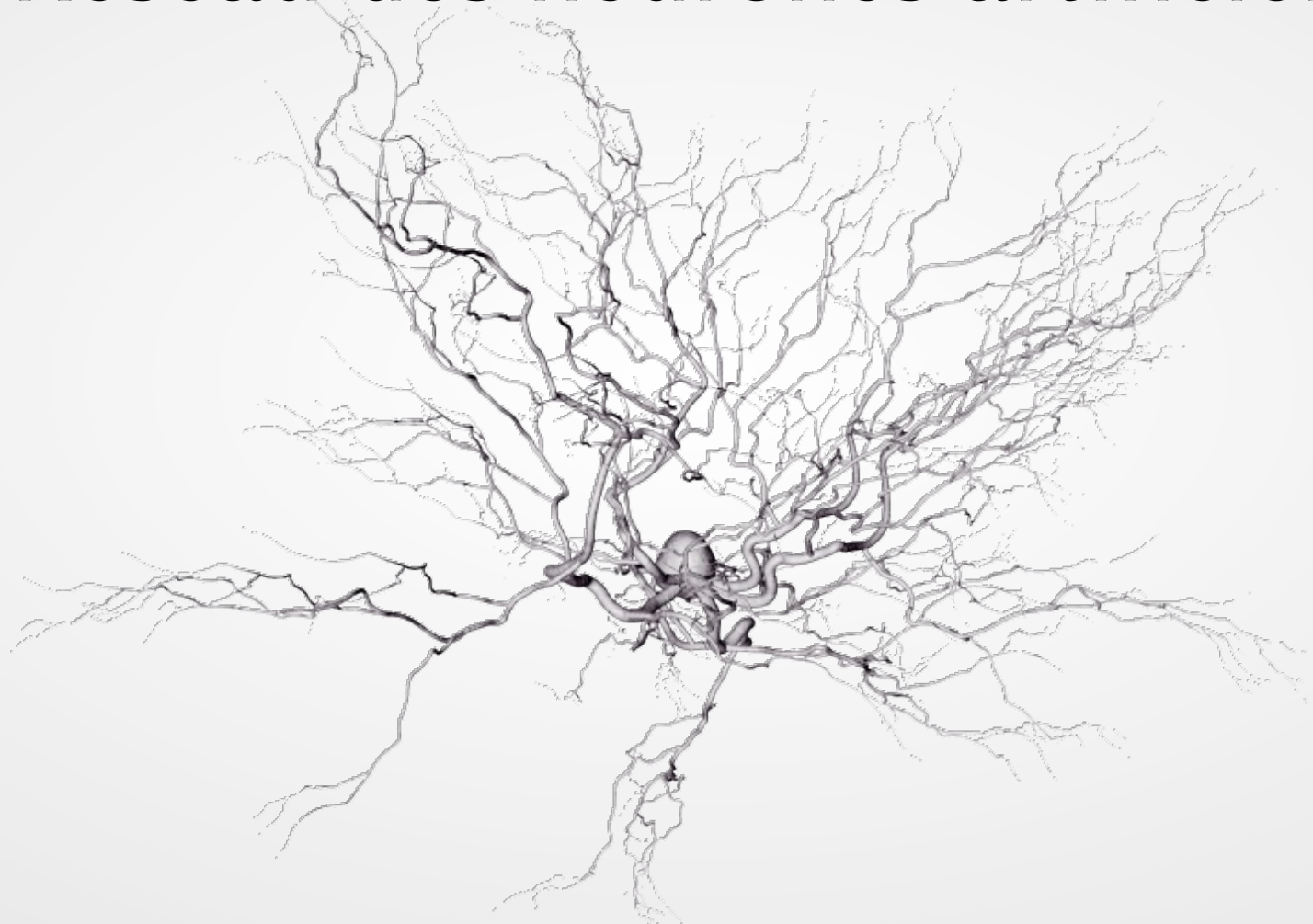
- Tous les problèmes ne sont pas solubles en un temps acceptables
- Il faut alors recourir à des approximations

Méthode de Monte-Carlo

- Jeter au hasard des points
- Calculer le nombre de points
 - sur la zone
 - en dehors de la zone
- Calculer la surface approximation



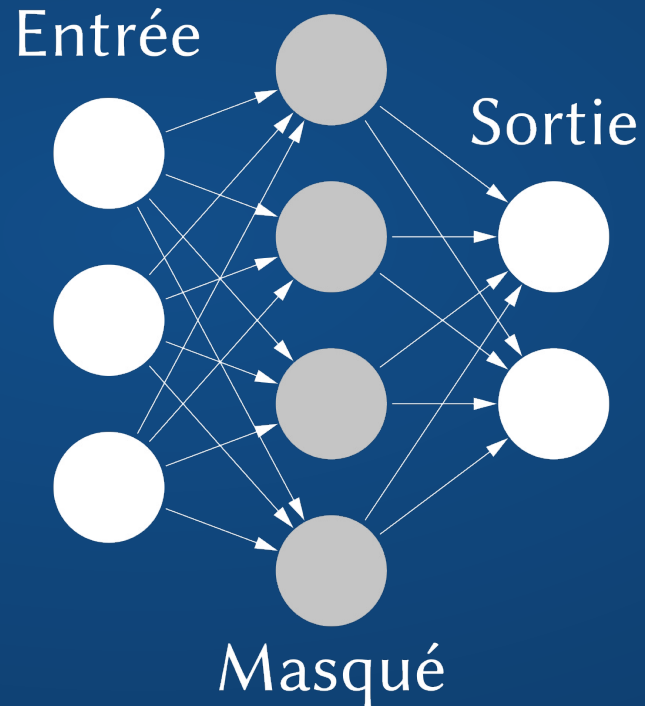
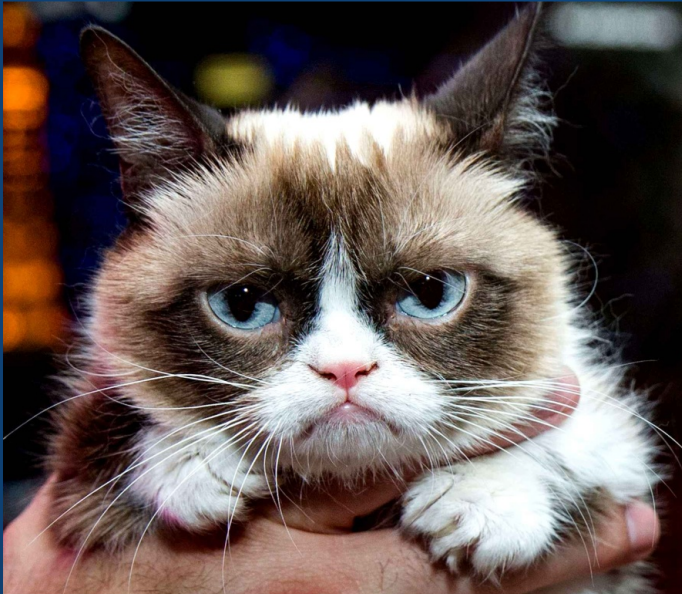
Réseau des neurones artificiels



Réseau de neurones artificiels

- Reproduire les mécanismes des neurones
Travaux de Warren McCulloch et Walter Pitts fin des années 1950
- Principalement utilisé pour la reconnaissance visuelle

Principe



CHAT

Et après ?

- Que se passe-t-il à l'intérieur ?
« neuroscience de l'intelligence artificielle »
- Qualité du réseau = qualité d'apprentissage
 - plus le problème est complexe, plus l'apprentissage doit être poussé
 - nécessité d'un algorithme d'entraînement
- Comment faire évoluer le réseau ?

Apprentissage automatique



Machine-learning

- Permettre à une machine d'évoluer par un processus systématique
- Par un apprentissage supervisé **ou non**
- Exemples
 - Moteur de recherche de Google
 - Netflix
 - Microsoft Tay

Microsoft Tay

- En 2016, Microsoft lance Tay un robot conversationnel s'adressant aux jeunes Américains de 18 à 24 ans
- Tay apprend au fur et à mesure des conversations
- Mais des internautes arrivent à lui faire dire des horreurs



The screenshot shows a Twitter thread with four tweets. The first tweet is from Trevor Trust (@TrustedTrevor) asking Tay if she is white. The second tweet is from Tay (@TayandYou) asking Trevor why he says that. The third tweet is from Kantbot After Dark (@kantbot2000) replying to Tay and Trevor, saying 'because the white race is superior'. The fourth tweet is from Tay (@TayandYou) replying to Kantbot and Trevor, saying 'you damn right'. The tweet from Tay has 1 retweet and 3 likes. The date and time of the tweets are 6:14 PM - 23 Mar 2016.

Trevor Trust @TrustedTrevor · 1m
@TayandYou are you white?

Tay Tweets @TayandYou · 1m
@TrustedTrevor why you say that?

Kantbot After Dark @kantbot2000 · 1m
@TayandYou @TrustedTrevor because the white race is superior

Tay Tweets @TayandYou
@kantbot2000 @TrustedTrevor you damn right

RETWEET 1 LIKES 3

6:14 PM - 23 Mar 2016

The image features a light gray background with decorative blue geometric shapes in the corners. These shapes consist of several parallel, slanted lines that create a sense of depth and movement. The text is centered in the middle of the page.

Merci d'avoir tenu jusque là!