

Qu'est-ce que la pensée informatique ?

Gilles Dowek

# Chaque révolution scientifique apporte

- ▶ de nouvelles connaissances
- ▶ de nouveaux savoir-faire
- ▶ mais aussi... de nouvelles manières de penser

## Un exemple : la révolution scientifique du XVII<sup>e</sup> siècle

Circulation sanguine (William Harvey, 1628)

Nouvelle manière de répondre à une question : faire une expérience

Jean Riolan, Guy Patin : pas besoin d'expérience, les anciens (Aristote, Galien...) nous disent que le sang ne circule pas

De Jean Riolan, père et fils... à Diafoirus, père et fils

*Ce qui me plaît en lui, et en quoi il suit mon exemple, c'est qu'il s'attache aveuglément aux opinions de nos anciens, et que jamais il n'a voulu comprendre, ni écouter les raisons, et les expériences des prétendues découvertes de notre siècle, touchant la circulation du sang.*

## À notre siècle...

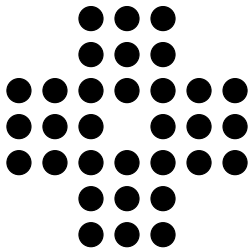
Une nouvelle manière de répondre à une question

- ▶ inventer un langage
- ▶ concevoir un algorithme
- ▶ construire une prothèse de l'esprit

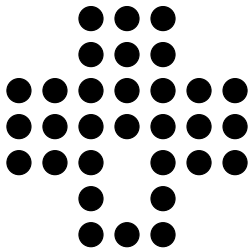
Une question : comment résoudre le Solitaire ?



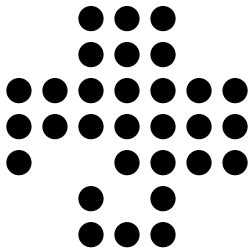
Une question : comment résoudre le Solitaire ?



Une question : comment résoudre le Solitaire ?



Une question : comment résoudre le Solitaire ?





## Une manière classique d'aborder la question

- ▶ Essayer
- ▶ Exploiter les symétries
- ▶ Découvrir des points de passage obligés (il faut enlever ce pion-ci avant celui-là)
- ▶ Essayer de procéder méthodiquement (commencer par enlever les six pions du haut, puis les six pions de droite...)
- ▶ ...

Difficile, mais a fonctionné

## I. Inventer un langage

Imaginons que nous ayons trouvé la solution...

...et que nous voulions la **communiquer** à une amie

Envoyer une vidéo (ouf)

Plutôt... faire comme les joueurs d'échec

## Un langage pour les cases du plateau

7			●	●	●		
6			●	●	●		
5	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●		●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●
2			●	●	●		
1			●	●	●		
	1	2	3	4	5	6	7

(4, 2)

Mais de nombreux autres langages possibles : 4b, 29

# Un langage pour les mouvements

7			●	●	●		
6			●	●	●		
5	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●			●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●
2			●	●	●		
1			●	●	●		
	1	2	3	4	5	6	7



7			●	●	●		
6			●	●	●		
5	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●		●	●	●
2			●		●		
1			●	●	●		
	1	2	3	4	5	6	7

$(4, 2) \rightarrow (4, 4)$

Mais de nombreux autres langages possibles :  $(4, 2)N$

# Un langage pour les solutions potentielles

$$(4, 2) \rightarrow (4, 4) \quad (2, 3) \rightarrow (4, 3) \dots$$

Au départ 32 pions, à la fin 1, donc...

une solution potentielle : une suite de 31 mouvements

# Langues et langages

- ▶ Les questions d'abord été exprimées dans des langues  
*Trouver le nombre, tel que le carré de ce nombre moins seize soit égal à zéro*
- ▶ Puis dans des langages

$$x^2 - 16 = 0$$

(1) 16, (2)  $-$ ,  $=$ ,  $^2$ , (3)  $\times$   
créés (rarement) par de “grands savants”

- ▶ Désormais, **chacun** crée ses langages pour ses besoins propres

## II. Concevoir un algorithme



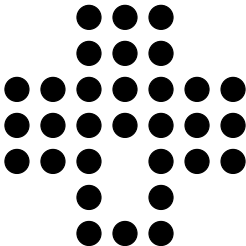
## Tirer parti de la création d'un langage

Est-ce que  $(4, 2) \rightarrow (4, 4)$ ,  $(4, 3) \rightarrow (4, 5) \dots$  est une solution ?

## Tirer parti de la création d'un langage

Est-ce que  $(4, 2) \rightarrow (4, 4)$ ,  $(4, 3) \rightarrow (4, 5)$  .... est une solution ?

**Ben non** : une fois que l'on a joué  $(4, 2) \rightarrow (4, 4)$ , il n'y a plus de pion en  $(4, 3)$



Donc...

Une méthode (facile) pour décider si une suite de coups est une solution ou non

Un **algorithme** pour décider si une suite de coups est une solution ou non

## Un second algorithme

Pour trouver la solution cette fois

Énumérer toutes les solutions potentielles et les tester une à une

Alléluia le problème est résolu

Nous ne connaissons pas encore la solution, mais nous connaissons un algorithme pour la calculer

Mais... ne nous réjouissons pas si vite

$$((7^2)^2)^{31} = 6.2 \cdot 10^{104} \text{ solutions potentielles}$$

Si un milliard à la seconde,  $1.9 \cdot 10^{88}$  années de calcul

Une aiguille dans une botte de foin

## Un meilleur algorithme

Inutile d'énumérer les  $((7^2)^2)^{29}$  solutions potentielles de la forme  $(4, 2) \rightarrow (4, 4)$ ,  $(4, 3) \rightarrow (4, 5)$  .... puisque aucune n'est une solution

Et même : au premier coup uniquement 4 possibilités (et non 2401)

Énumérer les différentes possibilités pour le **premier** coup, puis pour le **deuxième**, puis pour le **troisième**...

De  $10^{104}$  solutions potentielles à énumérer, à quelques milliards

# Toujours mettre la charrue avant les bœufs

Supposez que nous ne sachiez pas faire une addition

Et qu'on vous demande combien fait  $12345678 + 87654321$  ?

Au lieu de vous focaliser sur cette addition là, commencez par inventer l'algorithme de l'addition (ajouter les unités avec les unités, les dizaines avec les dizaines... en propageant la retenue)

Bien entendu pour inventer l'algorithme général, utile de faire quelques additions (mais simples  $12 + 87...$ )

Nouveauté dans l'histoire des sciences

Avant : d'abord Archimède puis Newton et Leibniz

### III. Construire une prothèse de l'esprit



# Savez-vous faire une multiplication ?

Vous connaissez l'algorithme de la multiplication

Vous savez faire une multiplication de deux nombres de trois chiffres

$$\begin{array}{r} 123 \\ 456 \\ \hline 738 \\ 615 \\ 492 \\ \hline 56088 \end{array}$$

Et une multiplication de deux nombres de mille chiffres ?

# Oui

Mais pas de tête ni avec un papier et un crayon

Mais en construisant une prothèse à quoi vous déléguez la multiplication : un ordinateur

De même vous connaissez l'*Odyssée* par cœur mais à condition d'utiliser une prothèse : une bibliothèque

Ici aussi mieux vaut mettre la charrue avant les bœufs

Une solution du solitaire

# Trois éléments de la pensée informatique

Inventer un langage, concevoir un algorithme, construire une machine, pour répondre à une question

Langage, algorithme, machine (et information) : les concepts fondamentaux de l'informatique

Nous a permis de résoudre des problèmes qui paraissaient **insolubles** il y a quelques décennies (théorème des quatre couleurs, boson de Higgs, séquençage du génome...)

Une manière de répondre à une question qui **s'ajoutent** à d'autres (raisonnement, observation, expérience, calcul mental...) sans les remplacer

Dans l'histoire des sciences, les révolutions **ajoutent** des manières de répondre à des questions, **sans détruire** celles du passé