

Intelligence artificielle

2. techniques



*Le chat GPT ne doit
pas cacher la forêt de l'IA*

Jean-Gabriel Ganascia

Professeur émérite Sorbonne Université — LIP6

ex-président du COMETS (comité d'éthique du CNRS)

Membre CNPEN (Comité National Pilote d'Éthique du Numérique)

Président du comité d'éthique de France Travail

Président du comité d'orientation du CHEC (Cycle des Hautes Études de la Culture)

Ancienneté des questions...

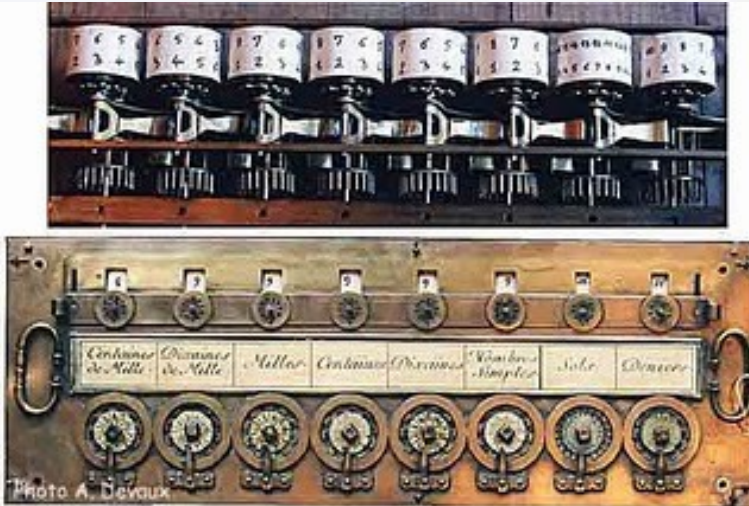
400^e anniversaire
de la naissance
de Blaise Pascal en 2023



Conçue lorsqu'il avait 19 ans, puis fabriquée ensuite, la « pascaline » était destinée à aider son père à faire des additions et des soustractions.

Plus tard, il réfléchit à la portée de cette machine:

« La machine arithmétique fait des effets qui approchent plus de la pensée que tout ce que font les animaux; mais elle ne fait rien qui puisse faire dire qu'elle a de la volonté comme les animaux .»

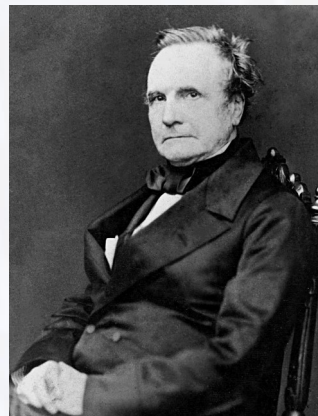
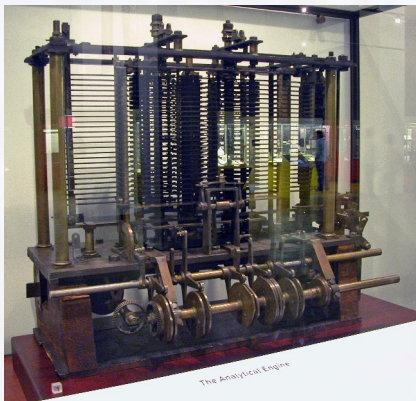


Machines à raisonner

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) Stanley Jevons (1835-1882)

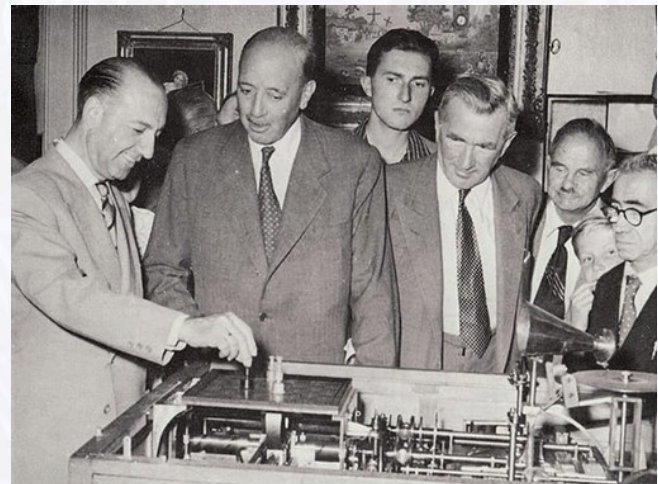


Charles Babbage (1791-1871)



Torres y Quevedo 1912

Jeux finales Roi et tour contre roi
Système électromécanique



Origine cybernétique (1943-1946*)

1943, Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener et Julian Bigelow: *Machines téléologiques*

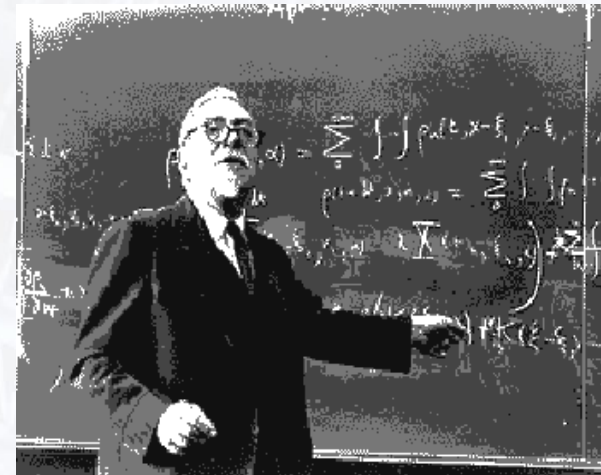
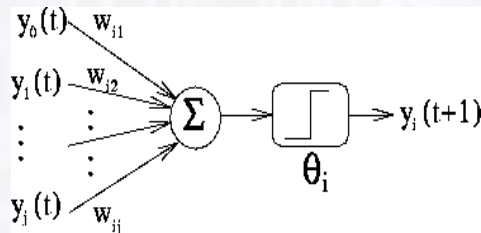
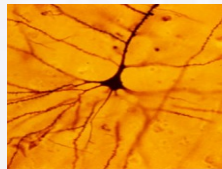
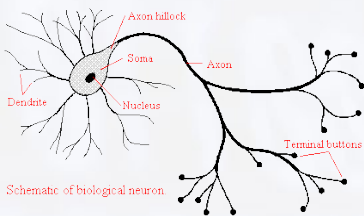
1943, Warren McCulloch et Walter Pitts: *automates booléens – neurones formels*

Simulation vivant – société

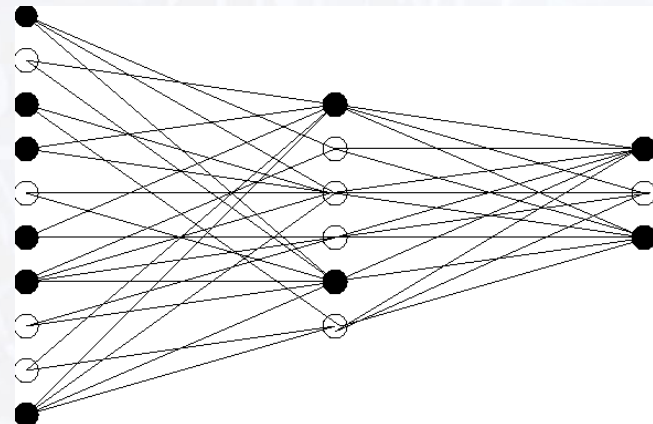
Trois notions:

1. Information
2. Simulation
3. Rétroaction

Neurone formels:



**Réseaux de neurones formels
(1943!):**



Traduction automatique

1949-60: traduction automatique comme transcodage

Traduction mot à mot, avec contexte, avec un dictionnaire

« Le manche » → Handle (marteau), knuckle (gigot), joystick, ...

« La manche » → Sleeve, hand, ...

- Projet « Memorandum » — Warren Weaver (Théorie de l'information)
- MT Experiment (1952-54): Georgetown University

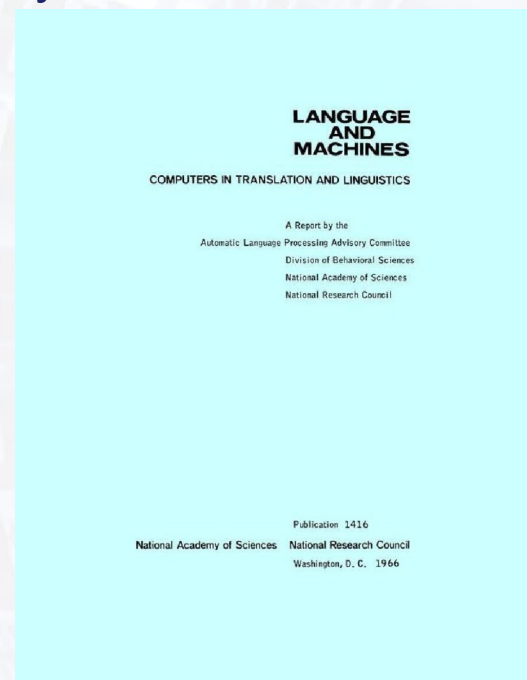
Obstacles: Homographie

- « Jean prend la boule et la lance »
- « they can fish »

Ambigüités pronominales

- « prenez les poissons, enlevez les écailles, mettez les dans un plat »

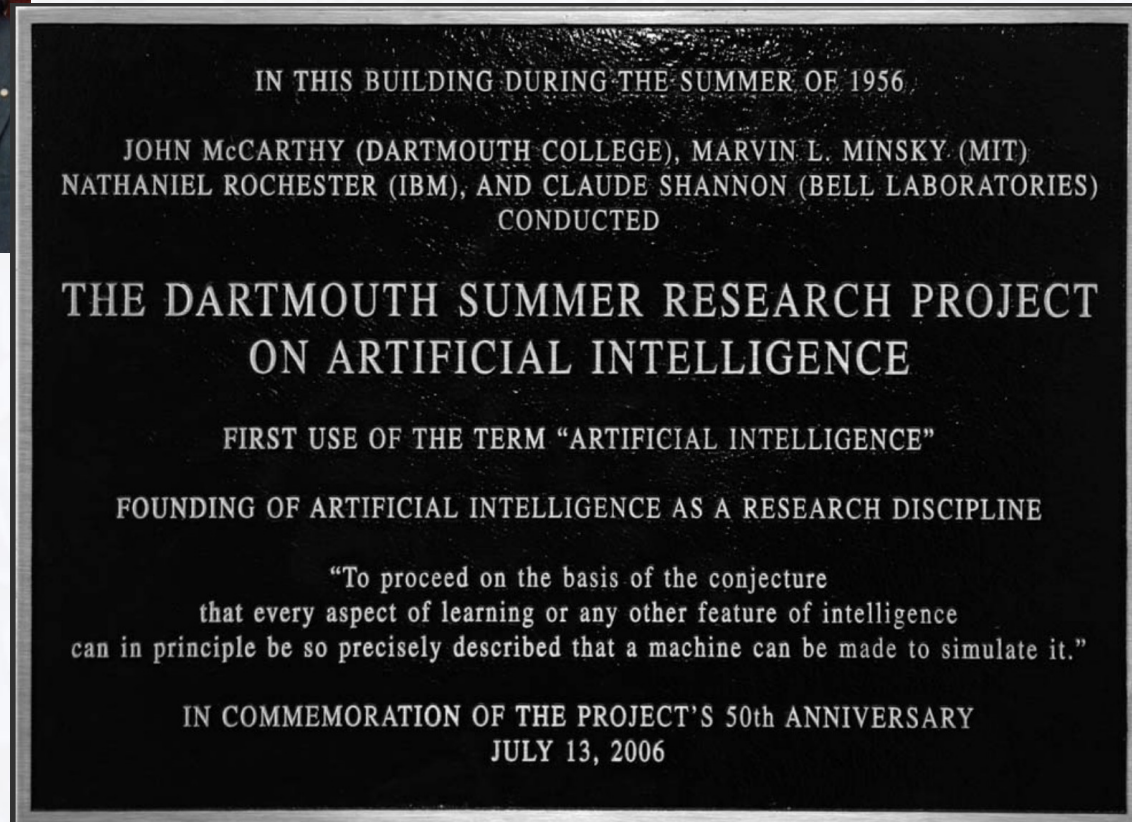
Arrêt traduction automatique aux US: 1966



Naissance de l'intelligence artificielle



1956: organisation
d'une école d'été
par John McCarthy
pour étudier l'IA



Origine des techniques employées

Logique

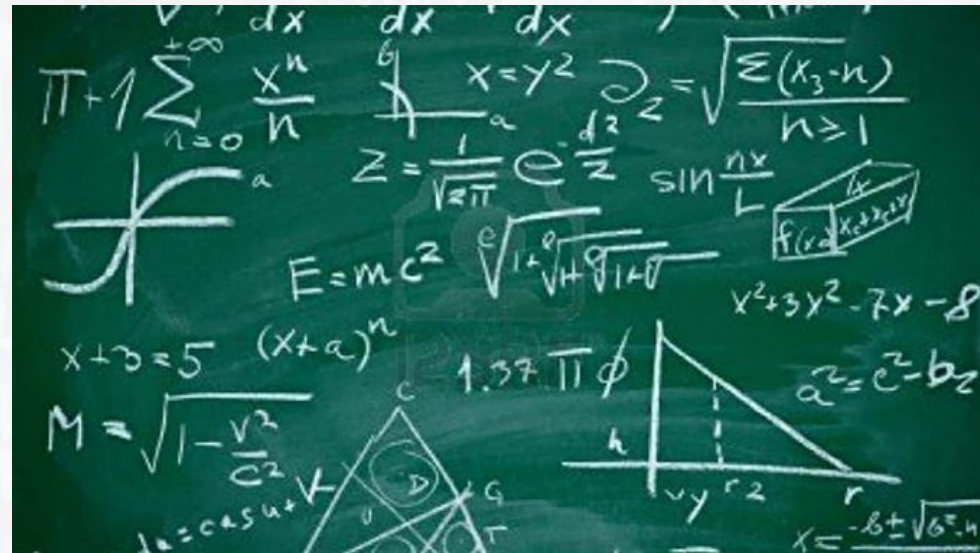
- Modélisation du raisonnement déductif, inductif et abductif

Mathématiques

- recherche opérationnelle
- théorie de la décision
- théorie des graphes
- algèbre (théorie des treillis)
- systèmes dynamiques
- statistiques et probabilités

Psychologie cognitive Linguistique Éthologie

...



Le chat GPT ne doit pas cacher la forêt de l'IA!



Très brève histoire de l'IA

- Naissance 1956
- Premiers programmes:
 - le « Logic Theorist » + apprentissage
- « Les prophéties » – 1958 « Dans dix ans... »
- Les années noires – 1966-1979 (le 1er hiver)
 - Le rapport ALPAC sur la traduction automatique
 - Pas si noires que ça!
- La renaissance de l'IA 1979
 - Systèmes experts et intelligence artificielle sémantique
- Renouveau des réseaux de neurones formels: 1986
- Apprentissage statistique
 - besoins du web et masses de données
- Apprentissage profond 2011-2013
- IA générative 2014-2022

Résolution de problèmes

Qu'est-ce qu'un problème?

Situation de malaise

Étymologiquement:

- Problème vient de *problema* en latin et de *probléma* en grec
- En grec, *probléma* vient de *proballein* c'est-à-dire « jeter devant » [*pro* signifie « devant » et *ballein*, « jeter »]

Problème: obstacle jeté en travers du chemin!

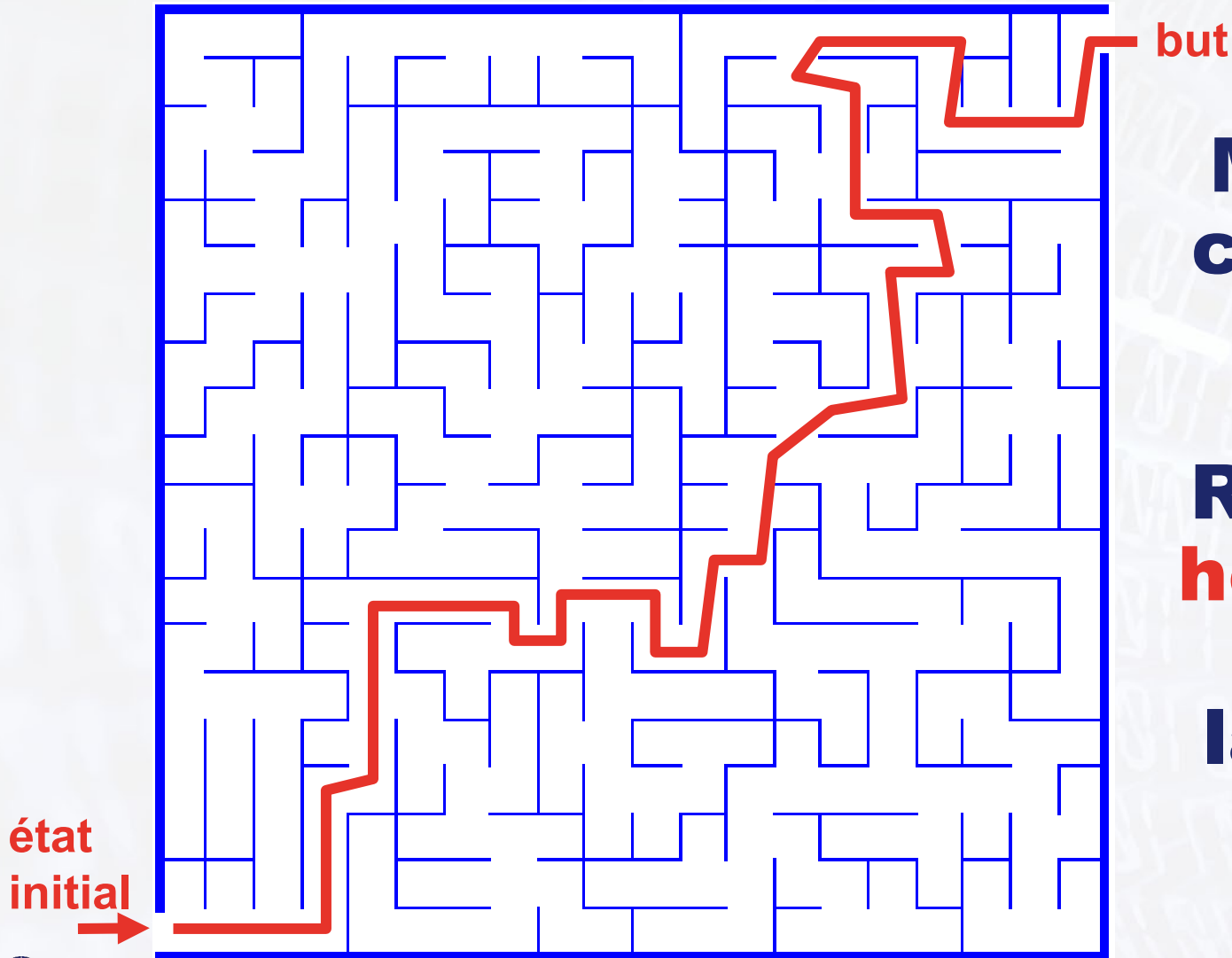
Comment résoudre un problème?

Il faut franchir l'obstacle...

1. Savoir d'où l'on part – *énoncé du problème*
2. Savoir où l'on veut aller – *but*
3. Savoir comment avancer – *pas ou transitions*
4. Faire un plan
5. **Calculer un chemin**



Résolution de problème: approche classique



**Méthodes
classiques
de l'IA
=
Recherche
heuristique
dans un
labyrinthe
(graphe)**

Applications: démonstration automatique

Système formel: mathématisation de la preuve

Un langage formel: ensemble des chaînes qui comprennent un O, un M et des I

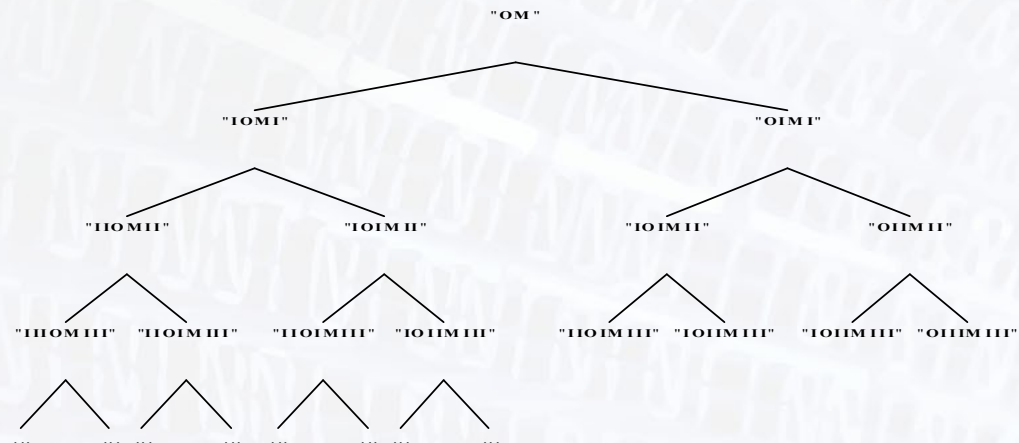
Un ensemble d'axiomes: ici un seul axiome pour commencer, OM

Des règles d'inférences nous nous donnerons les deux règles suivantes:

R1: $fOgMh \rightarrow fIOgMIh$

R2: $fOgMh \rightarrow fOIgMIh$

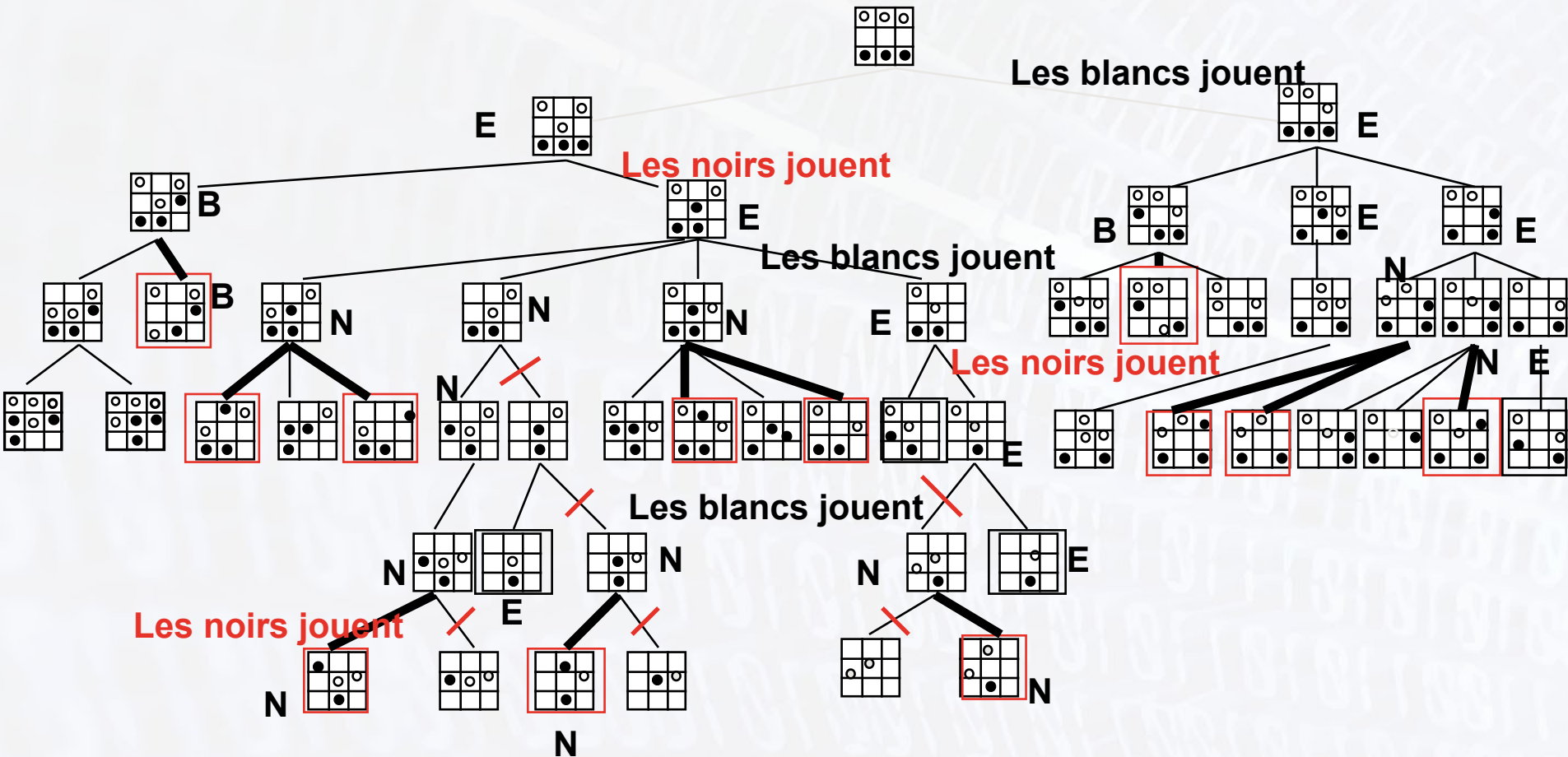
Toutes les chaînes dérivées
des axiomes
par application des règles d'inférence
sont des **théorèmes**



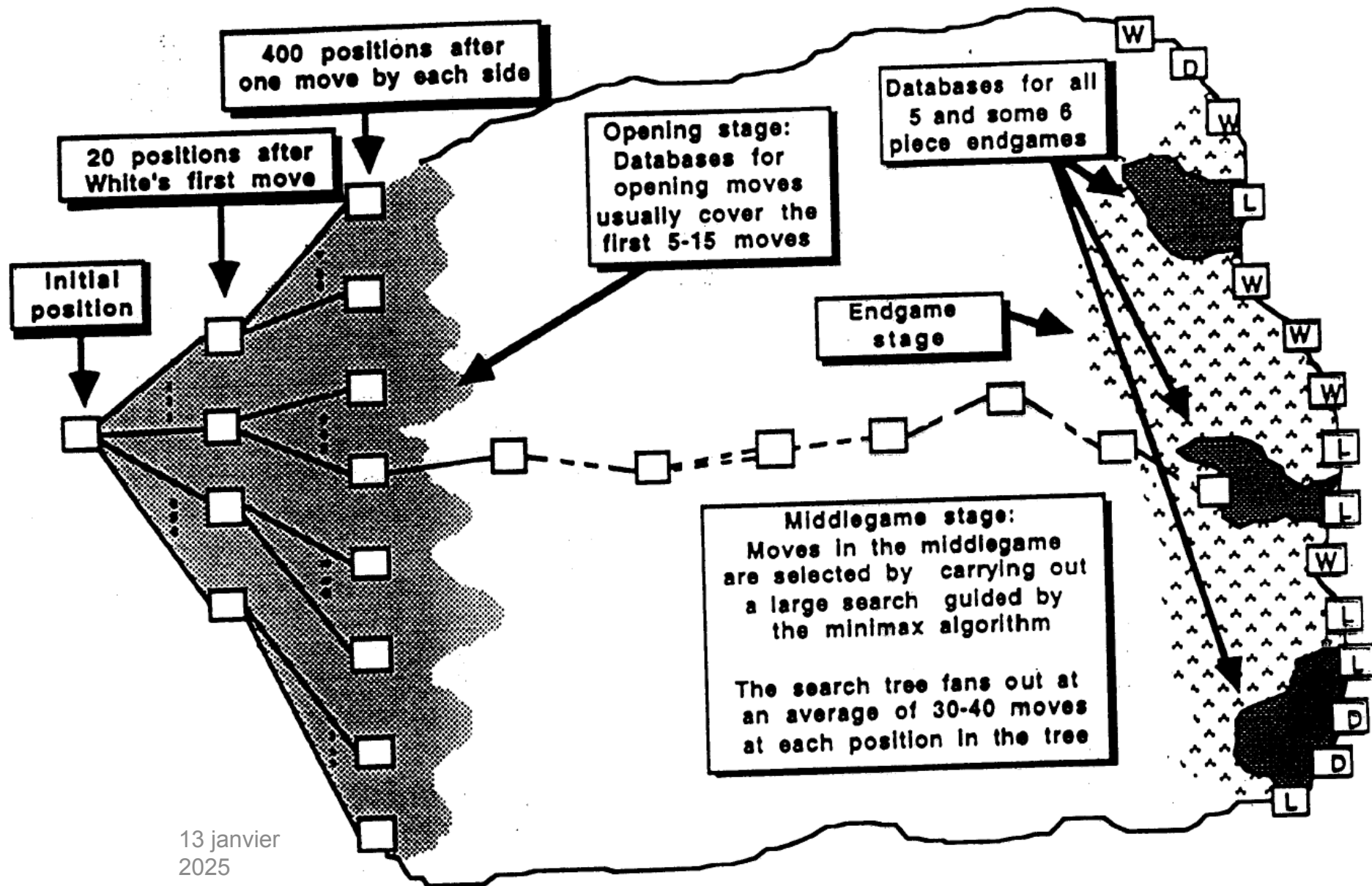
Démonstration de théorèmes: labyrinthe $\rightarrow$ ensemble des théorèmes nombre immense de théorème

- Donner un théorème à démontrer
- Choix des règles d'inférence à appliquer: **heuristique**
différence entre but (théorème) et état courant

Jeux: exemple hexapion



Echec: 10^{50} états — Phases de jeux

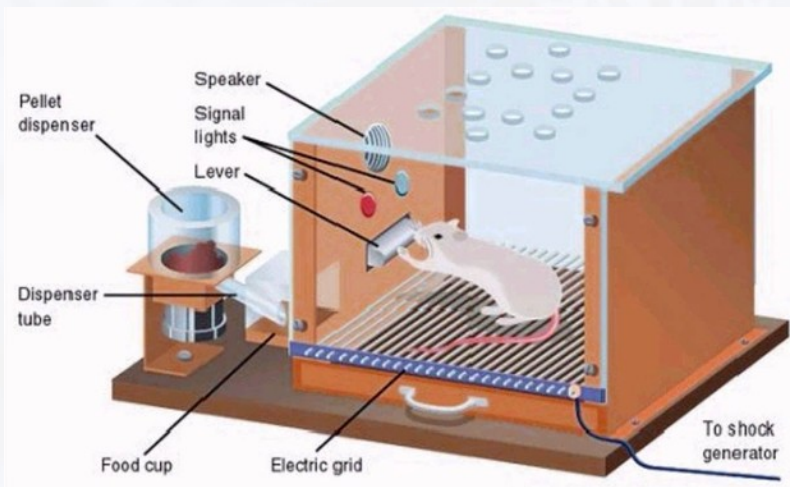


Apprentissage par renforcement



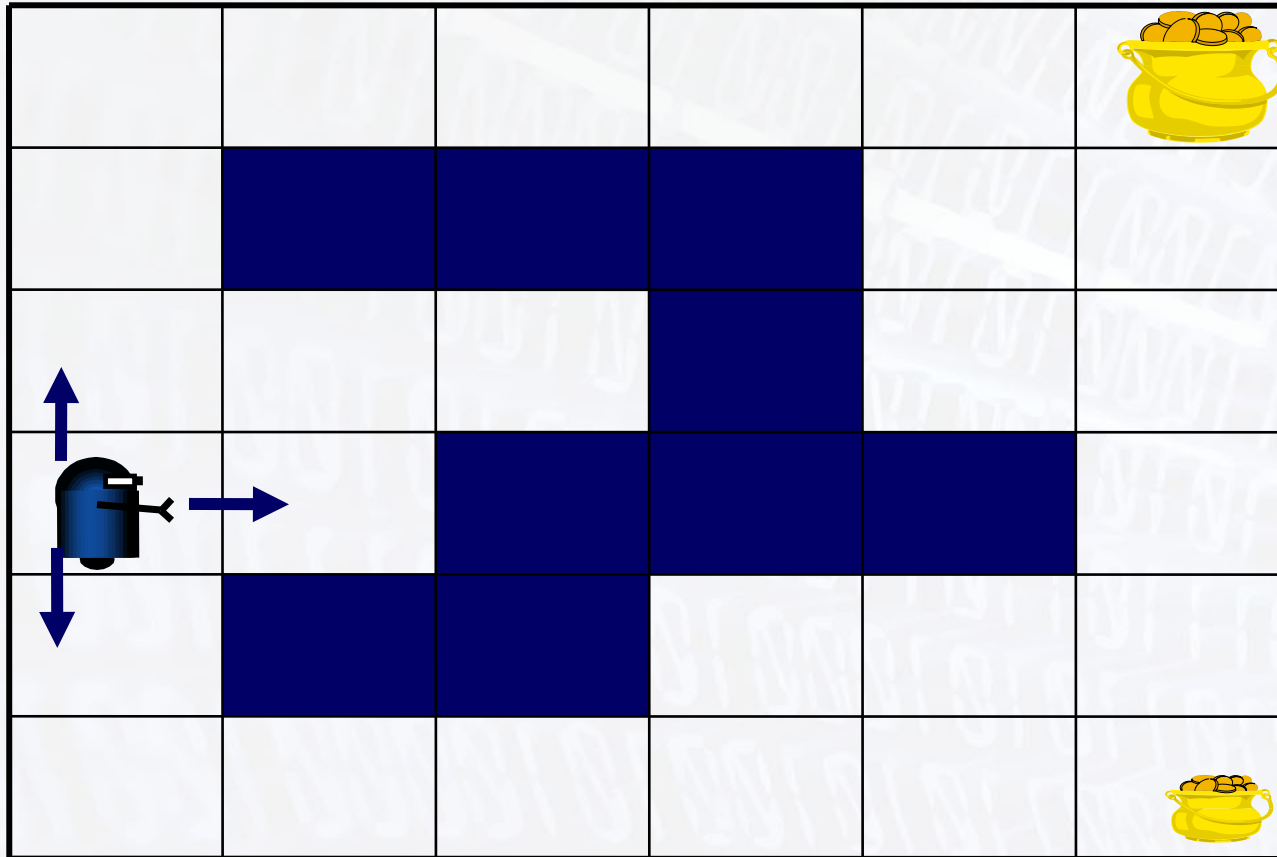
Arthur Samuel (1901-1990)

- **Programme de dames (checkers) – 1952**
- **Apprentissage par renforcement – 1959**
 - Ensemble d'état
 - Récompense
 - Action qui optimise de la récompense espérée



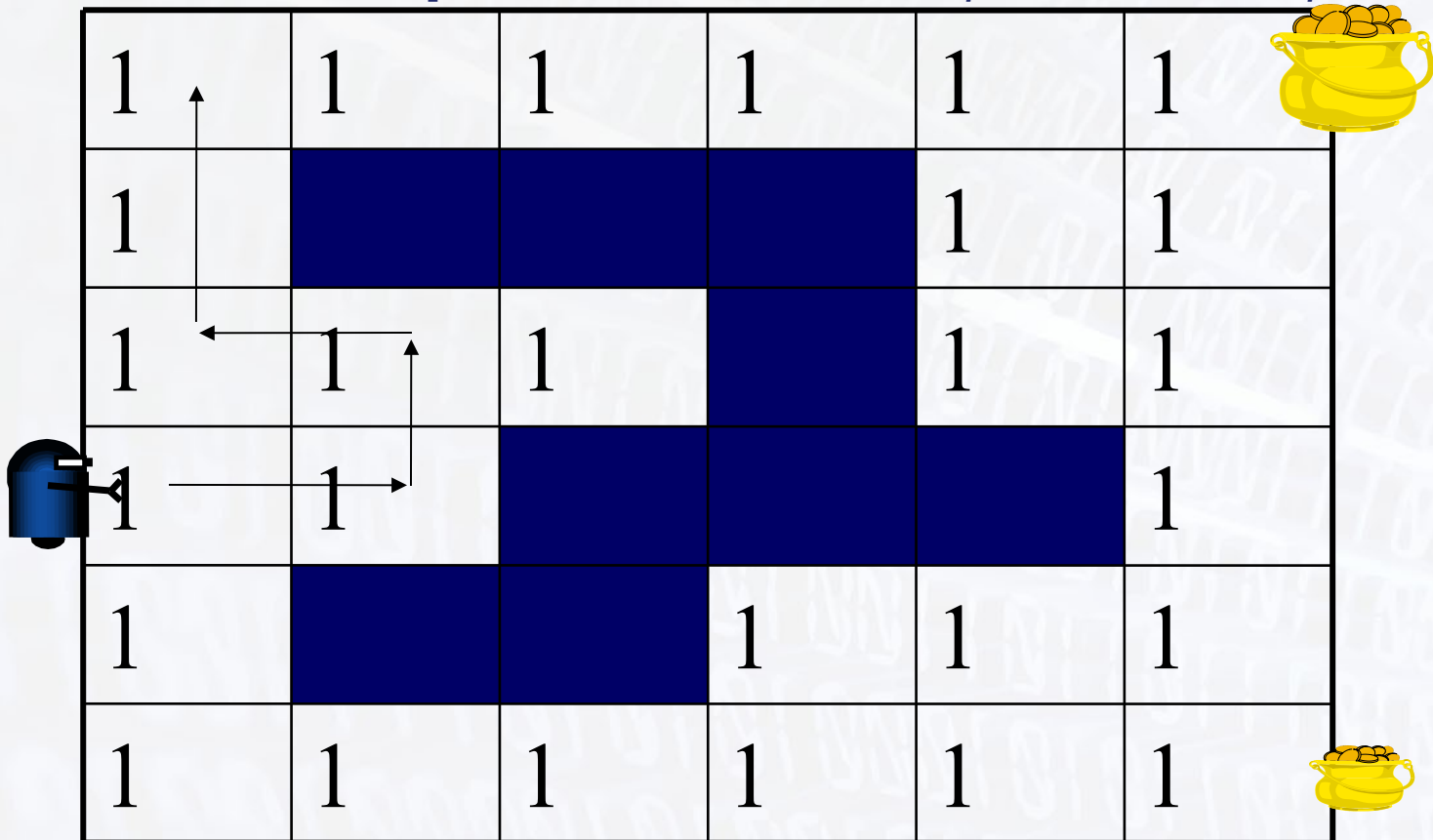
Un exemple simple

Comment se diriger pour aller vers la case qui contient la recompense optimale?



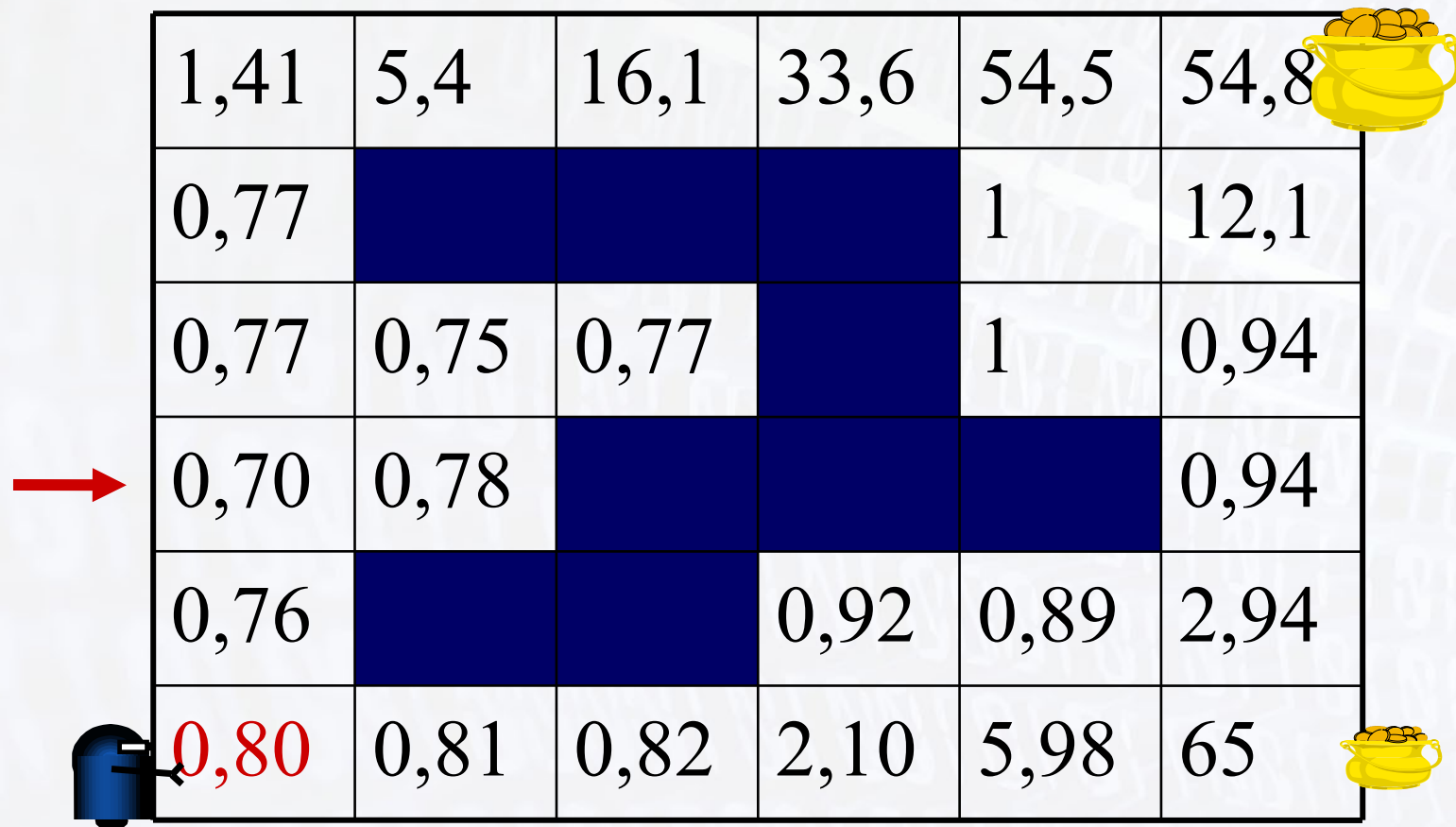
Initialisation de $V(s)$ (espérance de récompense) à 1

Espérance de récompense: aller sur la case qui maximise l'espérance...



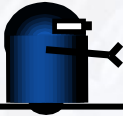
Modification de l'espérance: $V(s) := V(s) + \alpha(r + \gamma V(s') - V(s))$

Fonction V: espérance de gain après 100 itérations



1,41	5,4	16,1	33,6	54,5	54,8
0,77				1	12,1
0,77	0,75	0,77		1	0,94
0,70	0,78				0,94
0,76			0,92	0,89	2,94
0,80	0,81	0,82	2,10	5,98	65

Fonction V: espérance de gain après 200 itérations



36,5	51	67,3	85,3	105	100
24				1	12,1
14,1	0,75	0,77		1	0,94
7,13	0,78				0,94
0,73			0,92	0,89	2,94
0,73	0,98	2,26	5,26	9,46	9,61



Dialogue Langage Naturel

Traduction automatique 1949-1964!



LANGUAGE
AND
MACHINES
COMPUTERS IN TRANSLATION AND LINGUISTICS

A Report by the
Automatic Language Processing Advisory Committee
Division of Behavioral Sciences
National Academy of Sciences
National Research Council

Publication 1416
National Academy of Sciences National Research Council
Washington, D. C. 1966

Chatbot — Eliza Joseph Weizenbaum — 1965

« Chatter » (bavard) + « bot » (robot)

⇒ chatterbot puis chatbot

Systèmes de dialogue

Réaction à mots clefs,
sans compréhension

Technique: règles <motif> → <réponse>

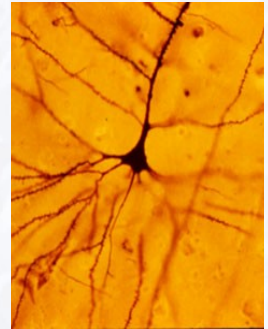
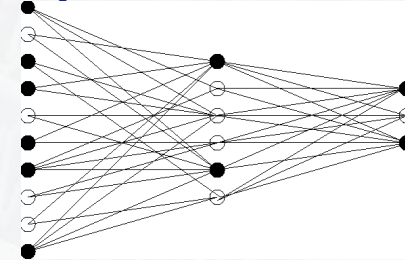
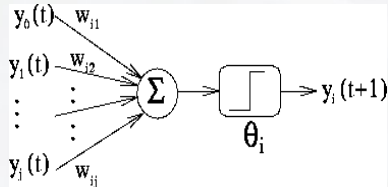
```
Welcome to
EEEEEE LL      IIII ZZZZZZZ  AAAA
EE      LL      II      ZZ  AA  AA
EEEEEE LL      II      ZZZ  AAAAAA
EE      LL      II      ZZ  AA  AA
EEEEEE LLLLLL IIII  ZZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

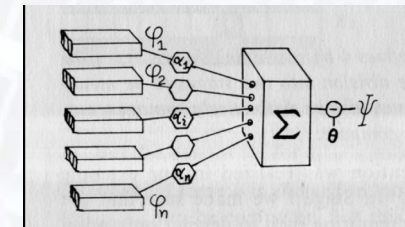
ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU:   Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU:   He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU:   It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:   █
```

Une approche ancienne, toujours en vogue: les réseaux de « neurones formels »

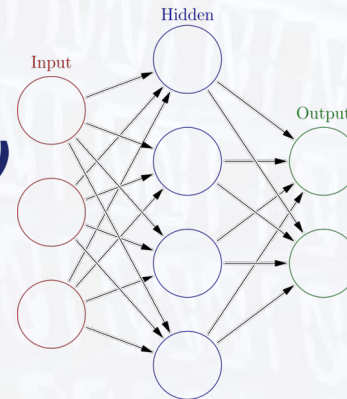
Neural Networks – 1943 (McCulloch & Pitts)



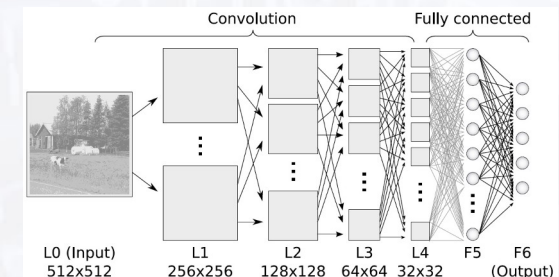
Perceptron – 1958 (Rosenblatt)



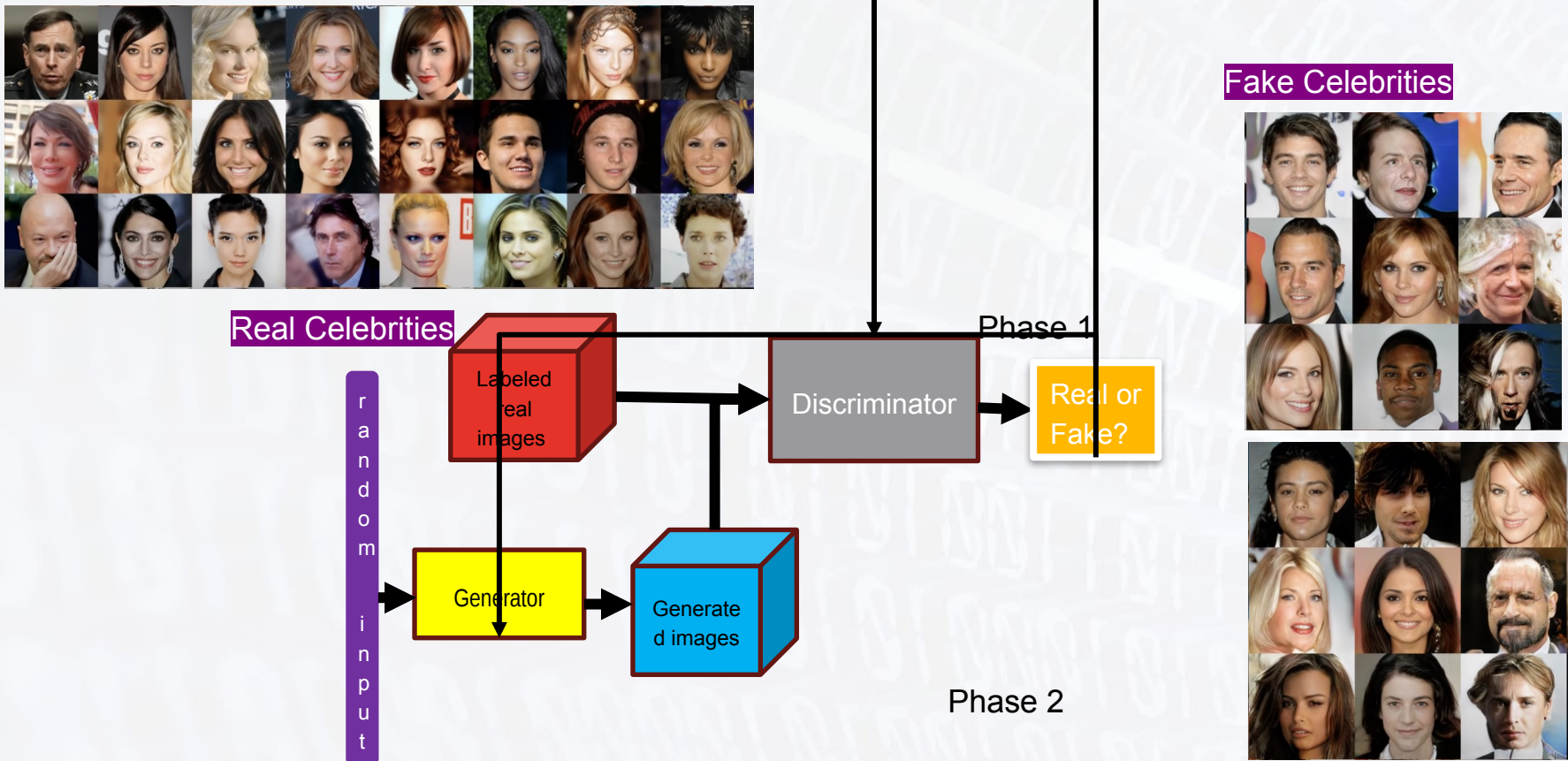
Perceptrons multi-couches – 1986 (Rumelhart, Hinton and McClelland)



Apprentissage profond et réseaux de neurones convolutifs – 2010 (Yann Lecun, ...)

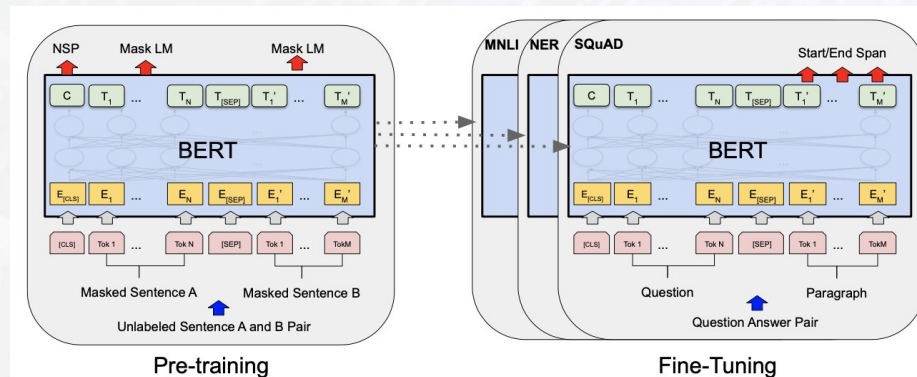


Generative Adversarial Networks - 2014

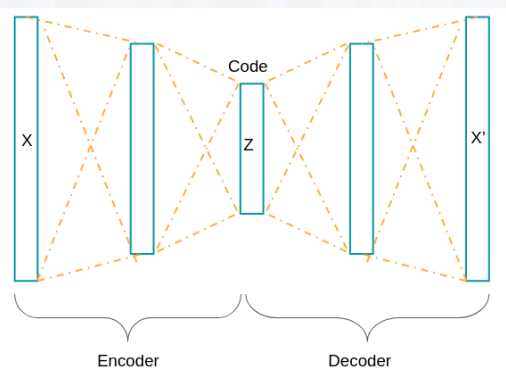


Grands modèles de langage (*Large Language Models*) – *transformer 2017*

Year	Model	# of Parameters	Dataset Size
2019	BERT [39]	3.4E+08	16GB
2019	DistilBERT [113]	6.60E+07	16GB
2019	ALBERT [70]	2.23E+08	16GB
2019	XLNet (Large) [150]	3.40E+08	126GB
2020	ERNIE-GEN (Large) [145]	3.40E+08	16GB
2019	RoBERTa (Large) [74]	3.55E+08	161GB
2019	MegatronLM [122]	8.30E+09	174GB
2020	T5-11B [107]	1.10E+10	745GB
2020	T-NLG [112]	1.70E+10	174GB
2020	GPT-3 [25]	1.75E+11	570GB
2020	GShard [73]	6.00E+11	–
2021	Switch-C [43]	1.57E+12	745GB



- **Modèles de langage** utilisés pour faciliter la mise en œuvre de techniques de traitement du langage naturel (*paraphrase, systèmes question-réponse, génération textes, dialogue etc.*)
- Entraînés par apprentissage machine sur d'immenses quantités de textes (encyclopédies en lignes: taille 10^2 Go → équivalent de **centaines de milliers de livres**)
- Réseaux de neurones avec des **milliers de milliards de connexions!**



ChatGPT et Bard

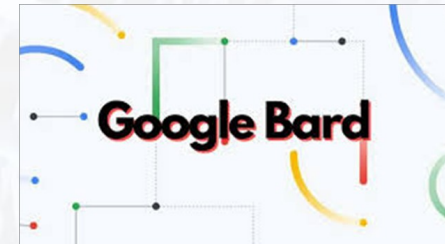
Couplage

- modèles de langage (GPT) plus
- *apprentissage par renforcement à retour humain* (pour éviter les déconvenues ou plutôt les inconvenances...)



Prolixité, mais invraisemblances

- « hallucinations »
- Affabulations...



what new discoveries from the James Webb Space Telescope can I tell my 9 year old about?

Your 9-year old might like these recent discoveries made by The James Webb Space Telescope (JWST):

- In 2023, The JWST spotted a number of galaxies nicknamed “green peas.” They were given this name because they are small, round, and green, like peas.
- The telescope captured images of galaxies that are over 13 billion years old. This means that the light from these galaxies has been traveling for over 13 billion years to reach us.
- JWST took the very first pictures of a planet outside of our own solar system. These distant worlds are called “exoplanets.” Exo means “from outside.”

auteur et texte du sonnet contenant :

là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté qu'en ce monde j'adore

Le vers "là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté qu'en ce monde j'adore" provient du sonnet "Le Lac" du poète Alphonse de Lamartine.

Ce poème est une méditation sur le temps qui passe et sur la beauté éphémère de la vie, souvent considérée comme l'une des œuvres majeures du romantisme français. Il fait partie du recueil "Méditations poétiques", publié en 1820.

Voici le texte du sonnet en question :

```
python Copier le code

Ainsi, toujours poussés vers de nouveaux rivages,
Dans la nuit éternelle emportés sans retour,
Ne pourrons-nous jamais sur l'océan des âges
Jeter l'ancre un seul jour ?

Ô lac ! l'année à peine a fini sa carrière,
Et près des flots chéris qu'elle devait revoir,
Regarde ! je viens seul m'asseoir sur cette pierre
Où tu la vis s'asseoir !

Tu mugissais ainsi sous ces roches profondes ;
Ainsi tu te brisais sur leurs flancs déchirés ;
Ainsi le vent jetait l'écume de tes ondes
Sur ses pieds adorés.

Un soir, t'en souvient-il ? nous voguions en silence ;
On n'entendait au loin, sur l'onde et sous les cieux,
```

```
Qu'il soit dans ton repos, qu'il soit dans tes orages,
Beau lac, et dans l'aspect de tes riants coteaux,
Et dans ces noirs sapins, et dans ces rocs sauvages
Qui pendent sur tes eaux.
```

```
Qu'il soit dans le zéphyr qui frémit et qui passe,
Dans les bruits de tes bords par tes bords répétés,
Dans l'astre au front d'argent qui blanchit ta surface
De ses molles clartés.
```

```
Que le vent qui gémit, le roseau qui soupire,
Que les parfums légers de ton air embaumé,
Que tout ce qu'on entend, l'on voit ou l'on respire,
Tout dise : Ils ont aimé !
```

```
Vers, romans, musiques, sculptures, envolez-vous aux cieux,
À nos lèvres le nectar des Dieux,
Nous pressons des oiseaux blancs sous les feuilles vertes,
Et du haut de ce front ton temple est visible.
```

```
Ainsi, dans les rivières emportant la nuit même,
L'amant ému fixe ses regards sur ces beautés,
Et dans un sentiment plein d'adieux suprêmes,
Là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté
Qu'en ce monde j'adore.
```

Qu'il soit dans ton repos, qu'il soit dans tes orages,
Beau lac, et dans l'aspect de tes rians coteaux,
Et dans ces noirs sapins, et dans ces rocs sauvages
Qui pendent sur tes eaux.

Qu'il soit dans le zéphyr qui frémit et qui passe,
Dans les bruits de tes bords par tes bords répétés,
Dans l'astre au front d'argent qui blanchit ta surface
De ses molles clartés.

Que le vent qui gémit, le roseau qui soupire,
Que les parfums légers de ton air embaumé,
Que tout ce qu'on entend, l'on voit ou l'on respire,
Tout dise : Ils ont aimé !

Vers, romans, musiques, sculptures, envollez-vous aux cieux,
À nos lèvres le nectar des Dieux,
Nous pressons des oiseaux blancs sous les feuilles vertes,
Et du haut de ce front ton temple est visible.

Ainsi, dans les rivières emportant la nuit même,
L'amant ému fixe ses regards sur ces beautés,
Et dans un sentiment plein d'adieux suprêmes,
Là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté
Qu'en ce monde j'adore.

Ô lac ! rochers muets ! grottes ! forêt obscure !
Vous, que le temps épargne ou qu'il peut rajeunir,
Gardez de cette nuit, gardez, belle nature,
Au moins le souvenir !

Qu'il soit dans ton repos, qu'il soit dans tes orages,
Beau lac, et dans l'aspect de tes rians coteaux,
Et dans ces noirs sapins, et dans ces rocs sauvages
Qui pendent sur tes eaux.

Qu'il soit dans le zéphyr qui frémit et qui passe,
Dans les bruits de tes bords par tes bords répétés,
Dans l'astre au front d'argent qui blanchit ta surface
De ses molles clartés.

Que le vent qui gémit, le roseau qui soupire,
Que les parfums légers de ton air embaumé,
Que tout ce qu'on entend, l'on voit ou l'on respire,
Tout dise : Ils ont aimé !

Alphonse de Lamartine, *Méditations poétiques*

B Quel est l'auteur du morceau de poème suivant : là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté qu'en ce monde j'adore



L'auteur de ce vers célèbre

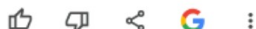
Joachim du Bellay est l'auteur de ce vers qui provient de son célèbre poème "L'Olive". Ce poète de la Pléiade, mouvement littéraire français du XVI^e siècle, a marqué la poésie française avec ses œuvres empreintes d'humanisme et de mélancolie.

Un peu de contexte sur le poème et l'auteur :

- **"L'Olive"** : Ce recueil de poèmes, publié en 1549, est considéré comme une œuvre majeure de la Renaissance française. Du Bellay y exprime son amour pour la langue française et son attachement à la nature.
- **Le vers en question** : Il évoque une quête spirituelle et une aspiration à une beauté idéale, transcendante. Le "là" évoque un ailleurs, un lieu idéal où l'âme pourrait trouver sa plénitude.
- **Joachim du Bellay** : Il est l'un des grands poètes de la Pléiade, aux côtés de Ronsard. Ses œuvres ont eu une influence considérable sur la poésie française et ont contribué à l'émergence d'une littérature nationale.

En résumé : Si ce vers vous a touché, je vous encourage à découvrir l'œuvre complète de Joachim du Bellay. Vous y trouverez une poésie riche et variée, qui vous transportera à travers les siècles.

Voulez-vous en savoir plus sur Joachim du Bellay, la Pléiade ou sur d'autres poèmes célèbres ?



B texte de ce poème



Une petite difficulté...

Je ne peux pas vous fournir le texte complet du poème "L'Olive" de Joachim du Bellay pour plusieurs raisons :

1. **Longueur** : Le recueil "L'Olive" compte plusieurs dizaines de sonnets. Il serait trop long de les transcrire tous ici.
2. **Droits d'auteur** : Même si l'œuvre est dans le domaine public, la reproduction intégrale pourrait poser des questions de droits, notamment pour une utilisation commerciale.

Une solution :

Je peux cependant vous orienter vers des ressources où vous pourriez trouver le texte intégral :

- **Bibliothèques universitaires** : Elles disposent souvent d'éditions critiques de "L'Olive".
- **Gallica** : La bibliothèque numérique de la BnF met à disposition de nombreux ouvrages numérisés, dont vous pourriez trouver "L'Olive".
- **Sites spécialisés en poésie** : Certains sites proposent des anthologies de poésie classique, incluant des extraits ou le texte intégral de "L'Olive".

Un extrait pour vous mettre en appétit :

Pour vous donner un aperçu du style de Du Bellay, voici un extrait d'un autre de ses poèmes, "Heureux qui, comme Ulysse, a fait un long voyage" :

Heureux qui, comme Ulysse, a fait un long voyage, Ou qui, comme Orphée, a tout sujet de chanter: Pour qui de vers, de prose ou de peinture est sage, N'est cœur qui ne se puisse émouvoir d'admirer!

B en fait, ce vers provient, d'après votre confrère chat Gpt, du sonnet Le lac de Lamartine. Qui a raison ?

B Du Bellay, né bien avant Lamartine, n'a pas pu s'en inspirer.

Détective littéraire : Lamartine ou Du Bellay ?

Excellente question ! Il semblerait que nous ayons ici une petite énigme littéraire à résoudre.

Revenons sur les indices que nous avons :

- **Votre confrère ChatGPT** vous a indiqué que le vers "là, tu pourras y reconnaître l'idée de la beauté qu'en ce monde j'adore" proviendrait du sonnet "Le lac" de Lamartine.
- **Mes recherches initiales** m'avaient orienté vers Joachim du Bellay et son recueil "L'Olive".

Plusieurs explications sont possibles à cette divergence :

1. **Erreur d'attribution** : Il est fréquent que des vers célèbres soient attribués à tort à différents auteurs. La ressemblance de certains thèmes ou expressions peut prêter à confusion.
2. **Paraphrase ou inspiration** : Il se peut que le vers que vous avez en tête soit une paraphrase ou une réécriture d'un vers original de Lamartine, ou que Du Bellay se soit inspiré de Lamartine pour écrire un vers similaire.
3. **Confusion de vers** : Il est possible que vous ayez confondu ce vers avec un autre, ou que vous vous souveniez d'une phrase similaire présente dans un autre poème.

Pour résoudre cette énigme, nous aurions besoin de plus d'informations :

- **Contexte** : Dans quel contexte avez-vous rencontré ce vers ? Un livre, un cours, une citation ?
- **Autres vers** : Vous souvenez-vous d'autres vers de ce sonnet ?

Vous avez tout à fait raison ! C'est une erreur chronologique évidente. Joachim du Bellay est un poète de la Renaissance (XVI^e siècle), tandis que Alphonse de Lamartine est un poète romantique (XIX^e siècle). Il est donc impossible que Du Bellay se soit inspiré de Lamartine, qui est postérieur de plusieurs siècles.

Votre intuition était donc tout à fait juste.

Revenons à notre enquête initiale :

Il est probable que :

- **La phrase a été attribuée à tort à Lamartine** en raison de la similitude des thèmes abordés par les deux poètes (la nature, la mélancolie, la quête de l'idéal).
- **Il s'agit d'une paraphrase ou d'une réécriture** d'un vers original présent dans les œuvres de l'un ou l'autre poète, voire d'un autre auteur.
- **Le vers est issu d'un poème moins connu** ou d'un auteur moins célèbre, et a été associé à tort à Lamartine ou à Du Bellay.

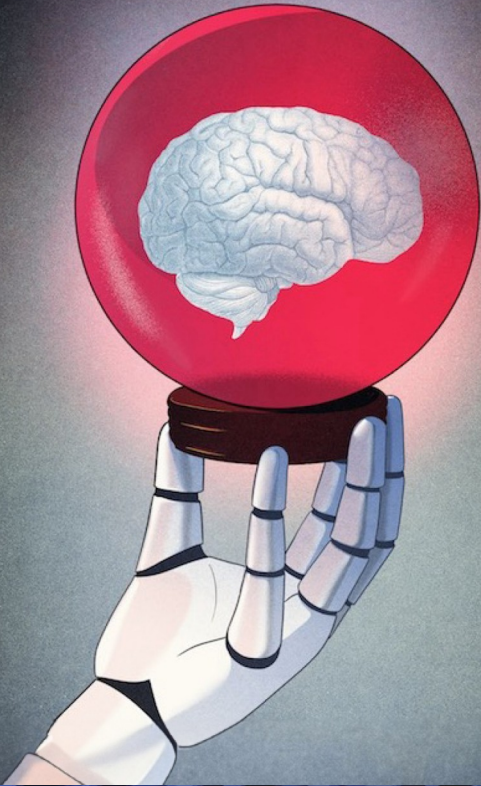
Pour aller plus loin dans nos recherches, il serait utile de :

- **Préciser le contexte dans lequel vous avez rencontré ce vers** (livre, site web, conversation...).
- **Vérifier l'orthographe exacte du vers**. Une petite erreur d'orthographe peut considérablement compliquer les recherches.
- **Consulter des anthologies de poésie** et des dictionnaires de citations.
- **Utiliser des outils de recherche en ligne spécialisés** comme Google Scholar ou des bases de données de littérature.

Si vous pouvez me fournir davantage d'informations, je ferai de mon mieux pour vous aider à retrouver la source exacte de ce vers.

JEAN-GABRIEL GANASCIA

L'IA. expliquée aux humains



Seuil

Merci de votre attention