

# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

au service de la santé et de la sécurité  
au travail, enjeux et perspectives  
à l'horizon 2035



## Définitions et perspectives

Jennifer Clerté, Bertrand Braunschweig, Nazim Fates

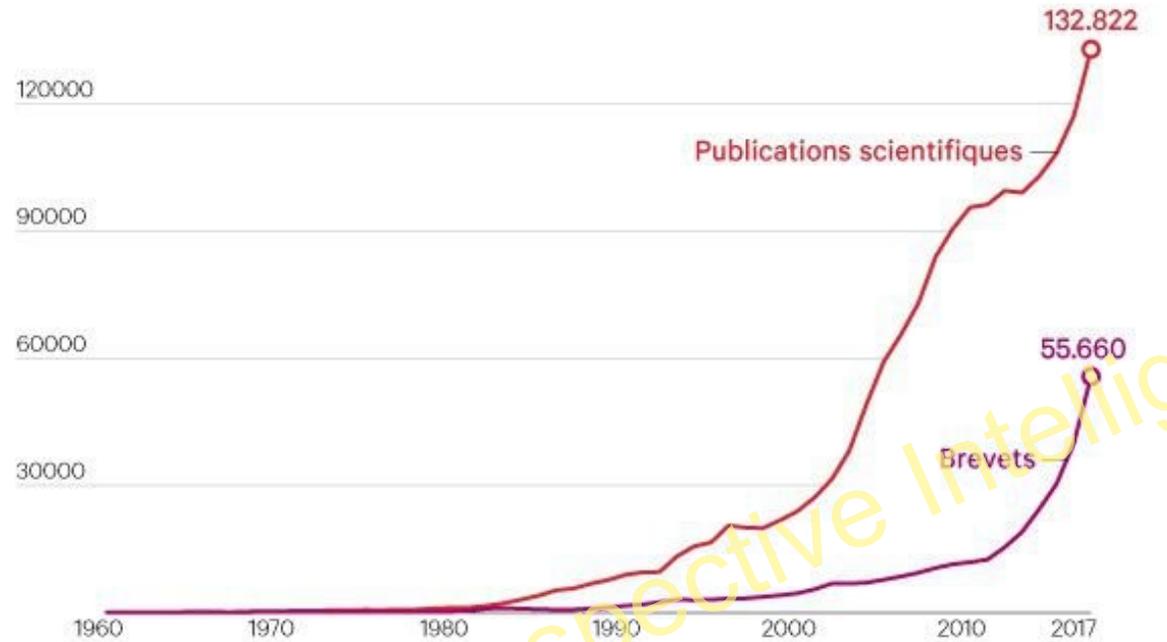
**18 novembre 2022**

Maison de la RATP - Paris

# Un développement du recours à l'IA exponentiel

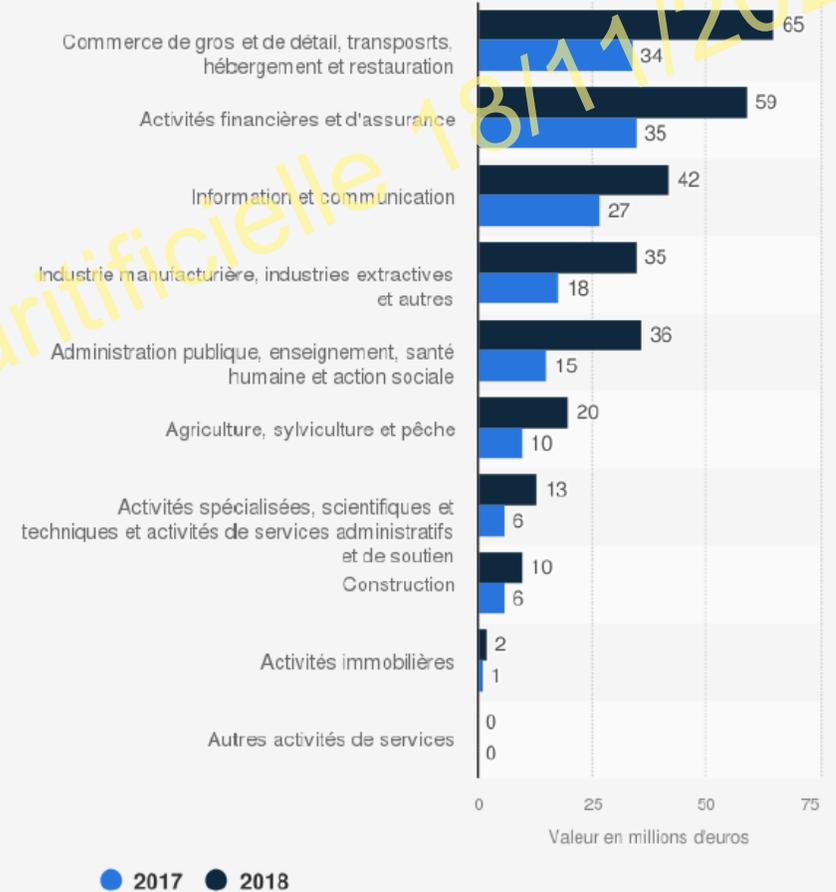
## Brevets et publications scientifiques

Depuis 1962



[Explosion du nombre de brevets en intelligence artificielle | Les Echos 4/02/2019](#)

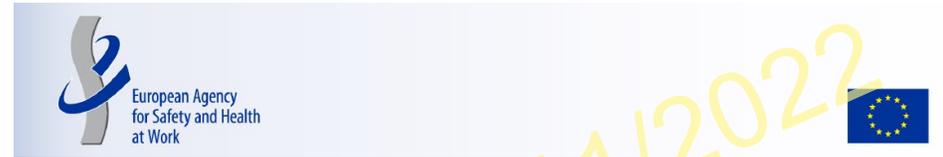
statista



Valeur du marché de l'intelligence artificielle en France entre 2017 et 2018, par secteur d'activité (en millions d'euros)



# Les acteurs institutionnels s'emparent du sujet



Advanced robotics, artificial intelligence and the automation of tasks: definitions, uses, policies and strategies and Occupational Safety and Health

Report

Artificial intelligence for worker management: an overview

Report

Cognitive automation: implications for occupational safety and health

Report



Cfdt:



# Intérêt de l'IA en matière de S&ST

Review

## REDECA: A Novel Framework to Review Artificial Intelligence and Its Applications in Occupational Safety and Health

Maryam Pishgar<sup>1</sup>, Salah Fuad Issa<sup>2</sup>, Margaret Sietsema<sup>3</sup>, Preethi Pratap<sup>3</sup> and Houshang Darabi<sup>1,\*</sup>

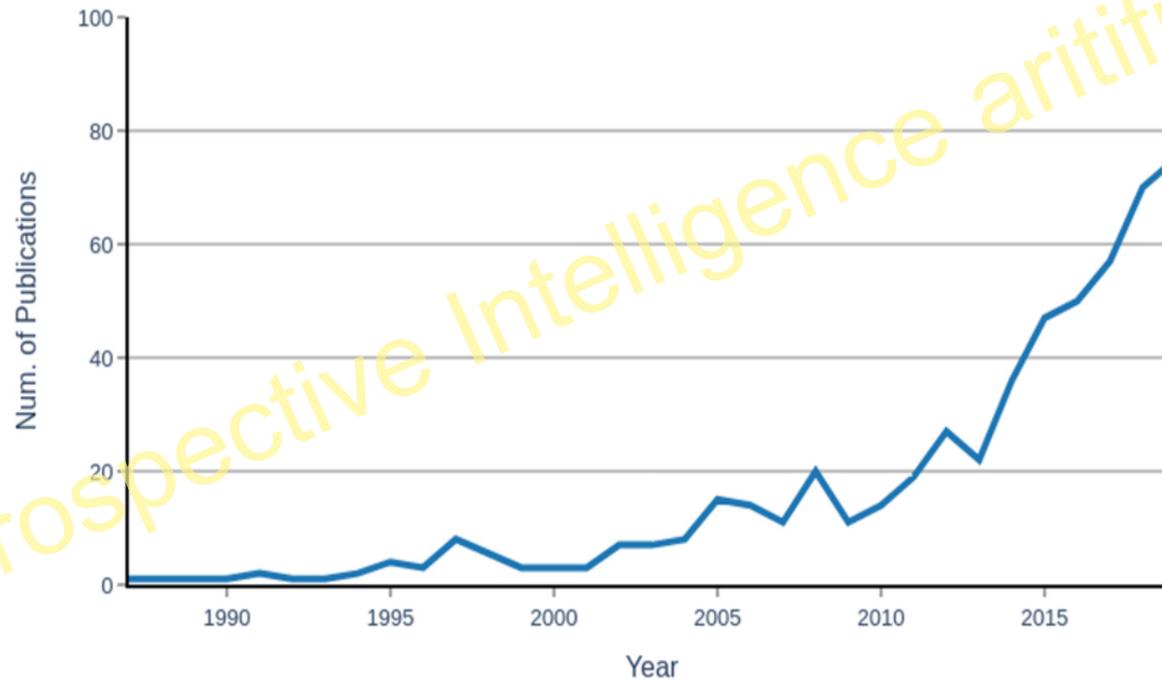


Figure 2. The number of publications demonstrating the use of AI in the OSH field from 1986 to 2019. The x-axis is the year



## Dartmouth, 1956

The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can be so precisely described that a machine can be made to simulate it

Le projet est d'avancer sur la conjecture que tous les aspects de l'apprentissage ou d'autres caractéristiques de l'intelligence peuvent être décrits si précisément que l'on puisse fabriquer une machine capable de les simuler.



# Académie des Technologies, 2018

La définition **intentionnelle** précise de l'Intelligence artificielle n'est pas une chose simple et si l'on prend une approche large, elle couvre une très grande partie de l'informatique .

Il est plus facile de décrire l'Intelligence artificielle comme un ensemble d'approches, ayant chacune des objectifs plus précis que le « raisonnement intelligent ». La plupart des ouvrages sur l'Intelligence artificielle la définissent comme **un ensemble de disciplines**. Cette approche **en extension** est plus pragmatique, et en fait assez stable dans le temps



# Académie des Technologies, 2018

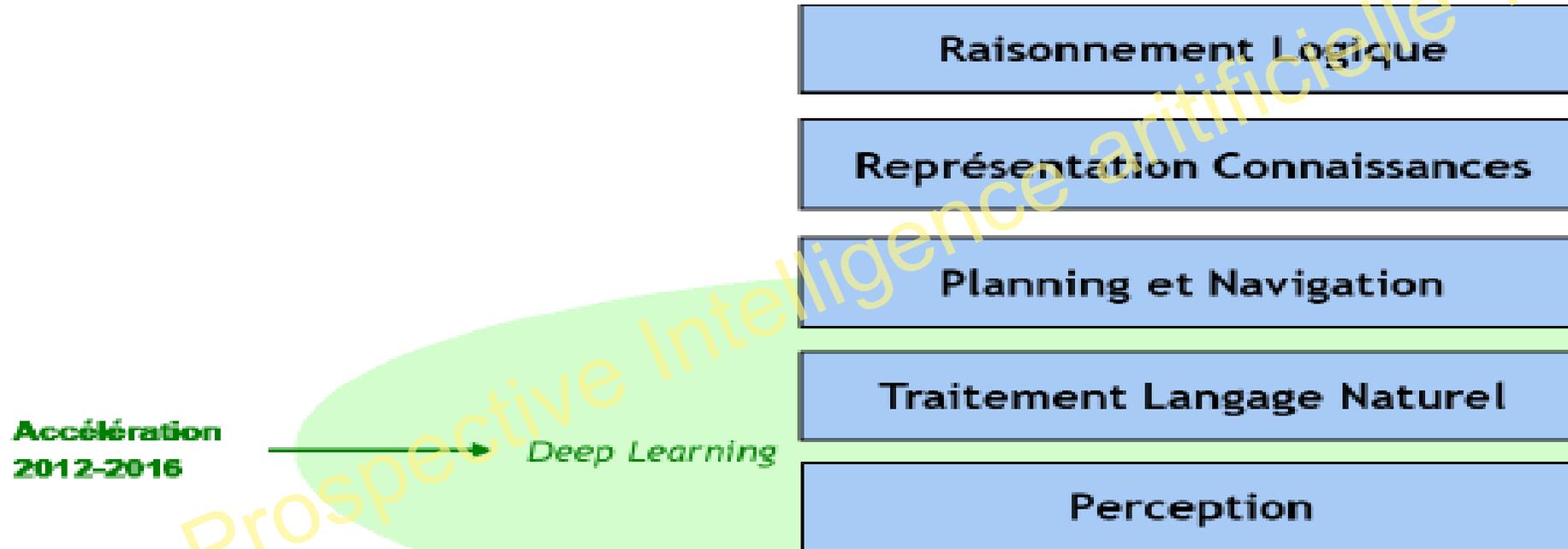


Figure 3 : *Différentes formes d'Intelligence artificielle*



# Diversité de méthodes

**Modèles « faits à la main », IA Symbolique, expliquables mais coûteux**

- Règles, Arbres, réseaux, graphes
- Modèles logiques
- Ontologies, Web sémantique
- Raisonnement par cas

**Apprentissage automatique, IA numérique, mais boîtes noires**

- Réseaux neuronaux - *Deep Learning*
- Apprentissage par Renforcement plaisir/douleur
- Algorithmes évolutionnaires
- Systèmes auto-immunes
- Chaînes de Markov Cachées
- Systèmes distribués : colonies de fourmis, bancs de poissons ...



# Une brève histoire de l'IA

- Avant 1956: Alan Turing, neurone formel, robots ...
- 1956: congrès de Dartmouth, définition de l'IA
- Années 60: résolution de problèmes, langage naturel, jeux
- 1968: 2001, l'Odyssée de l'Espace, HAL
- 1969: « Perceptrons », arrêt des réseaux neuronaux
- 1973: Lighthill Report, arrêt de l'IA au Royaume-Uni, premier hiver
- Années 80: systèmes experts, et Chinook (dames)
- Années 90: Deuxième hiver, mais Deep Blue (échecs) et premiers réseaux convolutifs
- 2000: premières applications pour le web
- 2012: Apprentissage profond
- 2022: pas encore le troisième hiver!



# Qu'est-ce donc que cela l'intelligence artificielle?

L'intelligence artificielle désigne (...) moins un champ de recherches bien défini qu'un **programme**, fondé autour d'un objectif ambitieux :

comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire ;

créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain.

rapport Villani, 2018 (p. 9)

- intelligence :
  - dic. CNRTL : attesté dès 1175 comme « faculté de comprendre »
  - + relation (entre personnes)
- artificiel :
  - art, ars
  - τέχνη (technè)
  - φύσις (phusis)



# Intelligence?

*intelligere* provient de *inter-leger*  
signifie étymologiquement  
« **choisir entre** »

En ce *legere*, il est impossible de  
demeurer sourd à l'écho du λέγειν  
grec qui signifie à la  
fois « cueillir », « trier », « dire »,  
« rassembler », « recueillir ».

Ingrid Auriol, *Intelligence du corps*, ed. du Cerf, 2013, p. 25.

- légende, légion, élégance, florilège, sacrilège, sortilège
- diligence, éligible, **intelligence**,
- lecture, collecte, **collection**, intellect, intellectuel, prédilection, **sélection**,...
- négligence



<http://prettypoun.centerblog.net/rub-creations-tu-des-bouquets-f-te-des-meres--2.html>



# Prop.1: L'intelligence artificielle repose sur la possibilité de substituer un modèle à un autre

## thèse fondatrice de l'IA ?

tout « algorithme » peut être effectué par une machine séquentielle programmable à ruban infini

→ **universalité d'une machine particulière**

→ **substitution à T O U T E machine donnée**

**L'homme est-il une machine comme les autres?**

1936 : On Computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem

démonstration mathématique

Il existe des problèmes définis sans ambiguïté et pour lesquels il ne peut y avoir de réponse systématique sans entraîner de contradiction logique

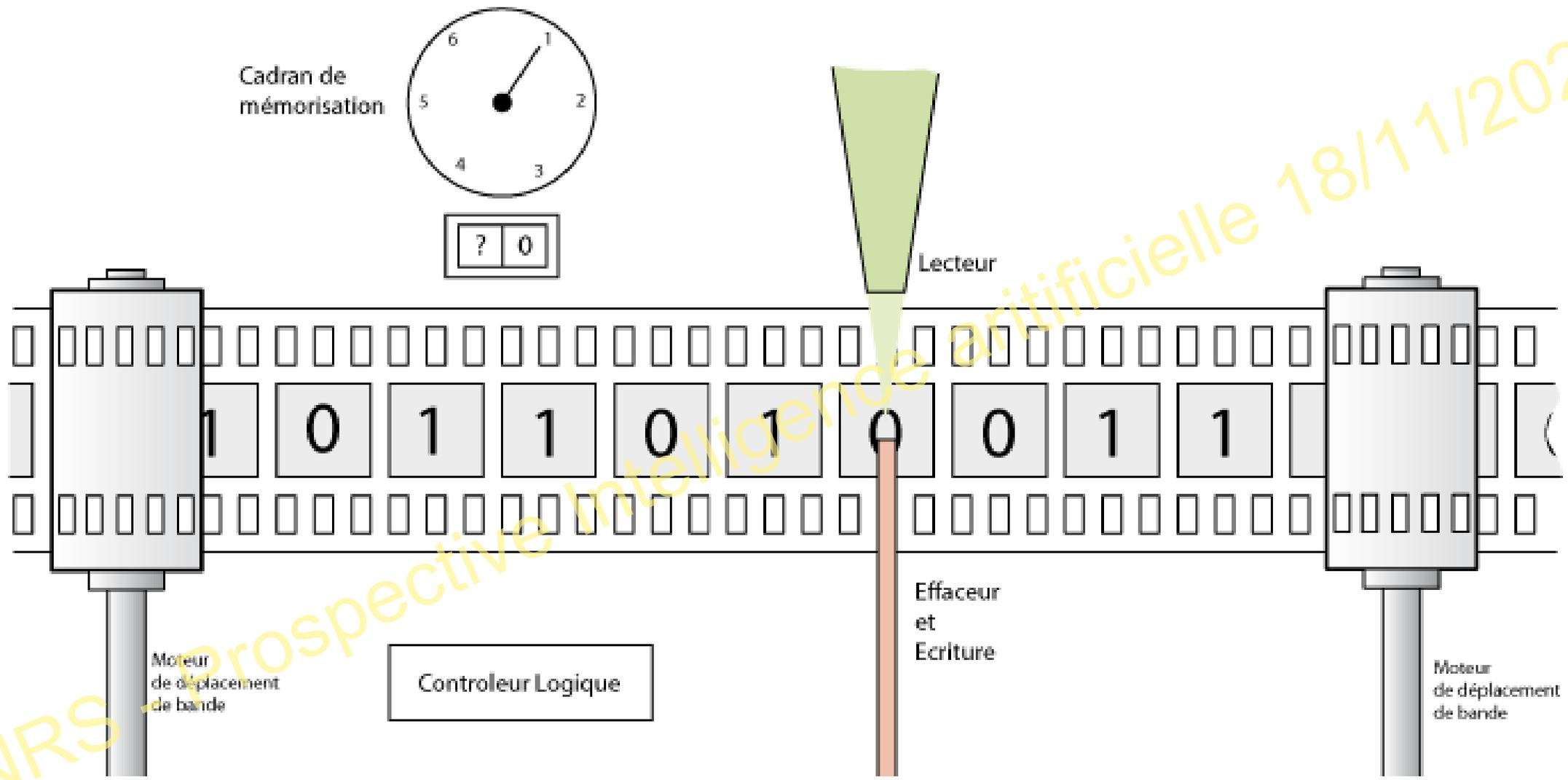
→ il existe donc un « horizon » du calcul



métier à tisser Jacquard (1801)

<https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article12487>



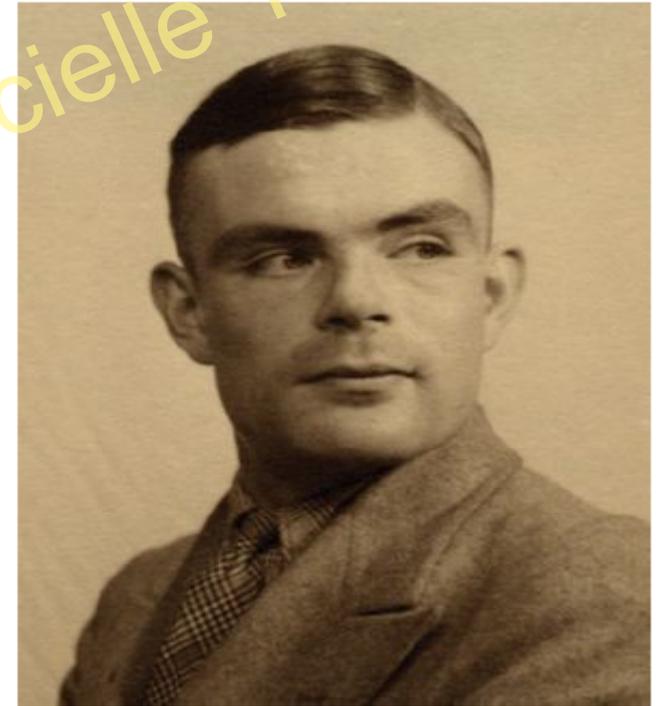


INRS Prospective Intelligence Artificielle 18/11/2022



# Penser l'algorithme avec A. TURING

- 1936 : On Computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem
- 1939-1945 : Enigma
- 1950 : **jeu de l'imitation**
- 1952 : Les bases chimiques de la morphogenèse
- 1954 : Problèmes solubles et insolubles



Alan Turing (1912-1954)



# Turing 1936

ON COMPUTABLE NUMBERS, WITH AN APPLICATION TO  
THE ENTSCHEIDUNGSPROBLEM

By A. M. TURING.

[Received 28 May, 1936.—Read 12 November, 1936.]

The “computable” numbers may be described briefly as the real numbers whose expressions as a decimal are calculable by finite means. Although the subject of this paper is ostensibly the computable *numbers*, it is almost equally easy to define and investigate computable functions of an integral variable or a real or computable variable, computable predicates, and so forth. The fundamental problems involved are, however, the same in each case, and I have chosen the computable numbers for explicit treatment as involving the least cumbersome technique. I hope shortly to give an account of the relations of the computable numbers, functions, and so forth to one another. This will include a development of the theory of functions of a real variable expressed in terms of computable numbers. According to my definition, a number is computable if its decimal can be written down by a machine.

## Prop. 2

Informatique et intelligence artificielle sont orientés « archéologiquement » vers des problèmes de décision

Quelle est l'importance de l'existence d'une limite au calcul ?



# Définir l'intelligence: Le jeu de l'imitation

un interrogateur face à :  
une femme, honnête, et  
un homme qui cherche à tromper l'interrogateur  
en imitant la femme,  
il s'agit de **décider** qui est qui.

ordinateur qui joue à être un homme qui fait  
semblant d'être une femme

Si l'ordinateur peut tromper l'interrogateur assez  
longtemps, il peut être déclaré... intelligent

Que penser d'un tel critère ?

I believe that in about fifty years' time it will be possible to programme computers, with a storage capacity of about  $10^9$ , to make them play the imitation game so well that an average interrogator will not have more than 70 percent chance of making the right identification after five minutes of questioning.

I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that **one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted.**



statuette fang hermaphrodite

→ tout se ramène-t-il au calcul (de la langue) ?



# Des progrès remarquables

- Reconnaissance d'images
- Traitement de la parole (Siri, Alexa, Soundhound, ...)
- Langue naturelle (traduction, synthèse, résumés, Q&A, ...)
- Jeux (dames, échecs, bricks, go, poker, starcraft, ...)
- Aide à la décision (banque, finance, santé, ...)
- Recommandations, publicités personnalisées, ...
- Science (AlphaFold, astrophysique, ...)





Accorder un crédit

Recommander une vidéo

Décider un investissement

Identifier une attaque informatique

Aider une personne malvoyante

Personnaliser une publicité

Etc.

INRS - Prospective Intelligence artificielle 18/11/2022



# AI Index 2022: par domaines

## PRIVATE INVESTMENT in AI by FOCUS AREA, 2017–21

Source: NetBase Quid, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

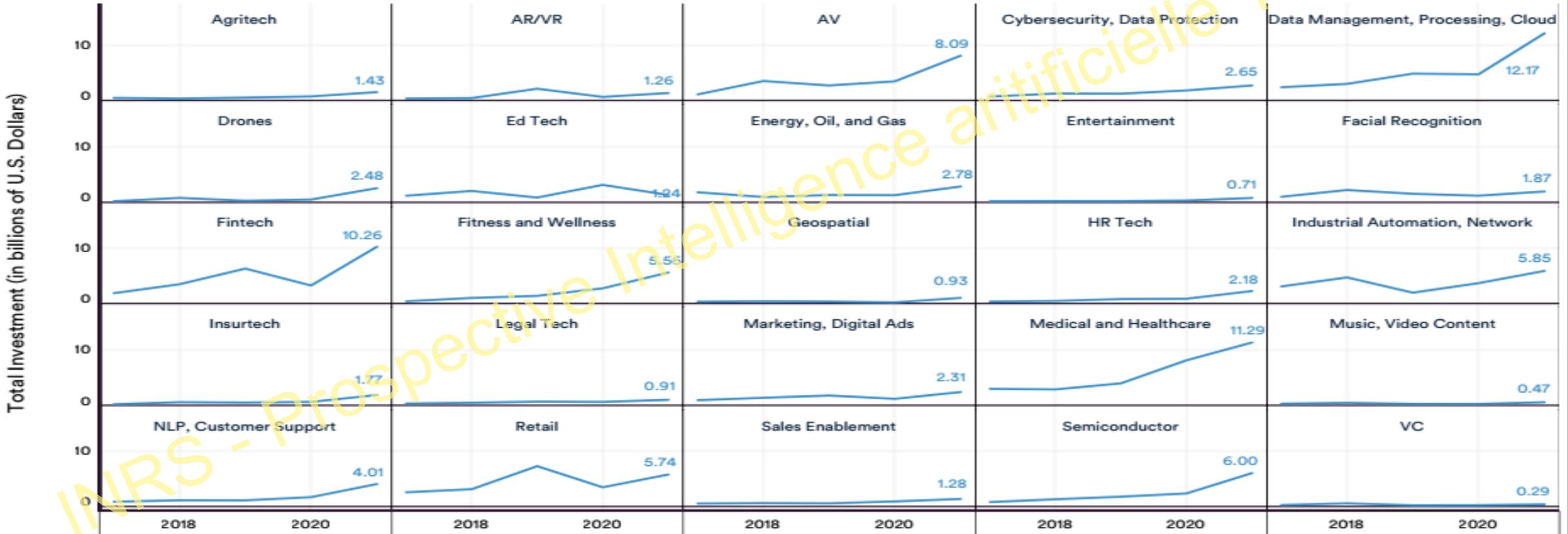


Figure 4.2.12

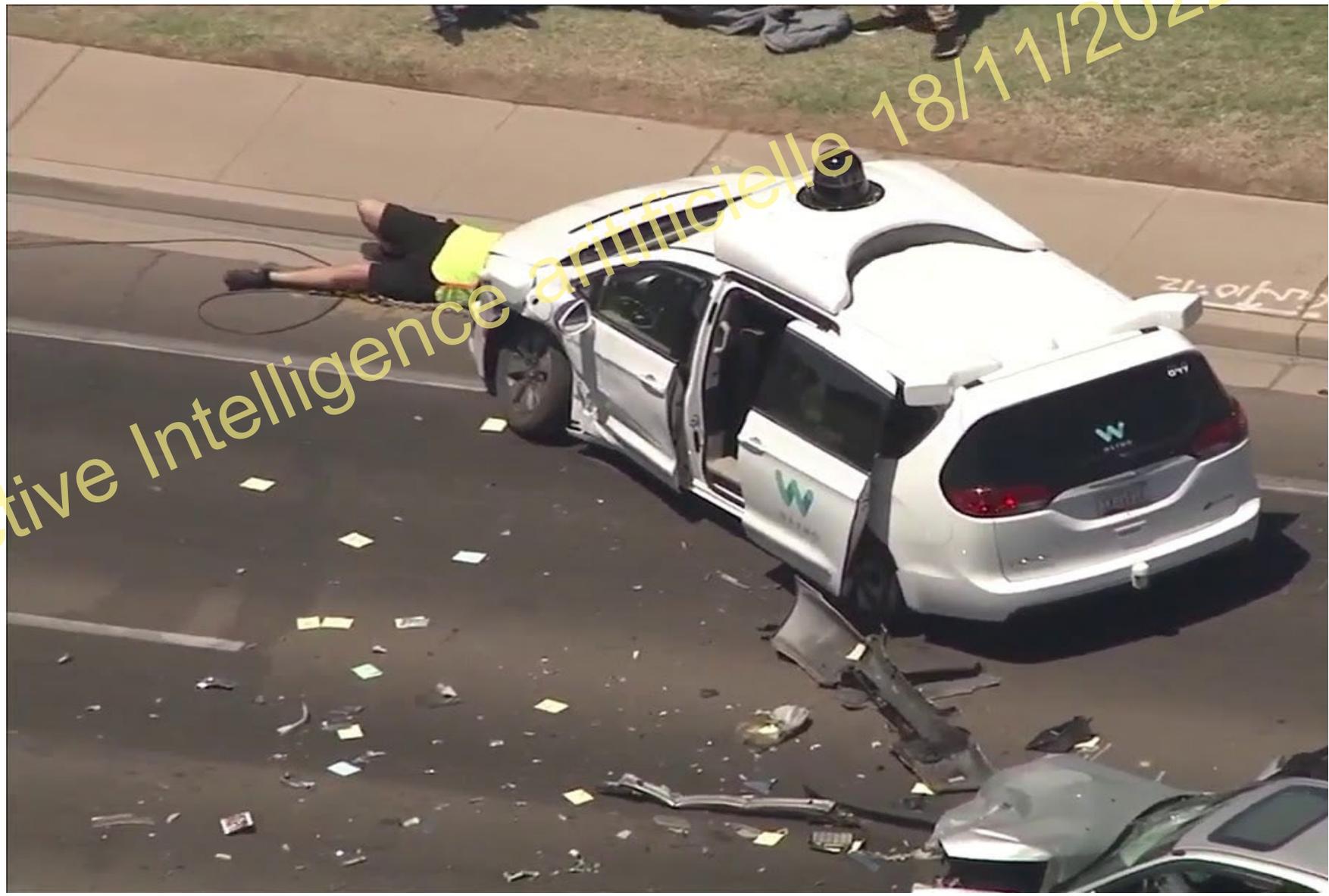


## Les cinq murs

- La confiance
- L'énergie
- La sécurité
- Les interactions humain-machine
- L'inhumanité

INRS - Prospective Intelligence Critique 18/11/2022

# La confiance



INRS - Prospective Intelligence artificielle 18/11/2022

# Les trois dimensions de la confiance

## Techno

Fiabilité  
Robustesse  
Conformité  
Précision  
Sécurité  
Sûreté

## Interactions

Transparence  
Explicabilité  
Responsabilité  
Surveillance  
et contrôle

## Social

Equité  
Respect de la  
vie privée  
Diversité &  
inclusion  
Soutenabilité



# L'énergie

<b>Consumption</b>	<b>CO<sub>2</sub>e (lbs)</b>
Air travel, 1 passenger, NY↔SF	1984
Human life, avg, 1 year	11,023
American life, avg, 1 year	36,156
Car, avg incl. fuel, 1 lifetime	126,000

## **Training one model (GPU)**

NLP pipeline (parsing, SRL)	39
w/ tuning & experimentation	78,468
Transformer (big)	192
w/ neural architecture search	626,155

Table 1: Estimated CO<sub>2</sub> emissions from training common NLP models, compared to familiar consumption.<sup>1</sup>



INRS - Prospective Intelligence artificielle 18/11/2022

# La sécurité



“panda”

57.7% confidence

+ .007 ×



noise

=



“gibbon”

99.3% confidence



2014



2015



2016



2017



2018



2020



INRS - Prospective Intelligence artificielle 18/11/2022

# Les interactions humain-machine

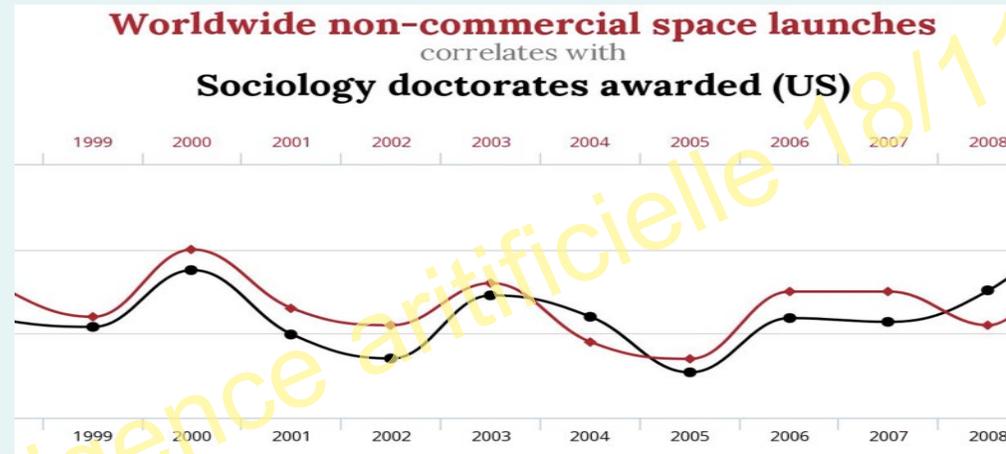


- Dialogue (*chatbots*)
- Résolution partagée de problèmes et de prise de décision
- Partage d'un espace et de ressources (cohabitation avec des robots qu'on ignore ou à qui on donne des ordres);
- [SEP] - partage de tâches (robot coéquipier).

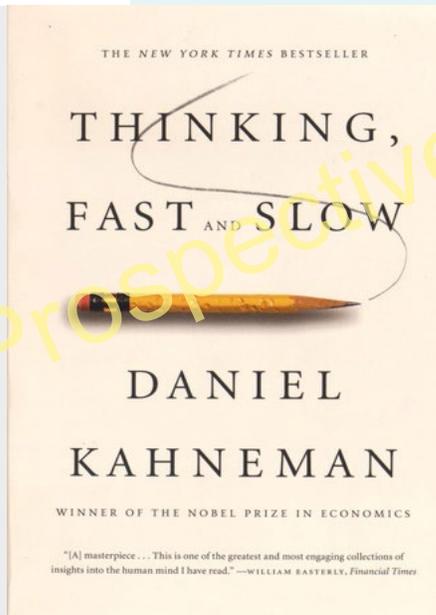
INRS - Prospective Intelligence Artificielle 18/11/2022

# L'inhumanité

Causalité-corrélations



Système1 –  
Système2



Sens Commun

**Alexa a dit à une enfant de mettre ses doigts dans la prise**

« Le challenge est simple » 😊

🕒 Temps de lecture : 2 min



Marie Turcan



# L'intérêt de l'INRS pour le sujet n'est pas nouveau

- **L'IA comme outil de travail :**

- Analyse de données de polyexpositions (étude en cours)
- Recours à la chémo-informatique pour prédire le potentiel sensibilisant des substances chimiques sur la base de leur structure (Travaux du laboratoire TIPC)

- **L'IA comme objet d'études :**

- Prévention des risques professionnels liés à l'émergence des intelligences artificielles dans les machines : éclairer les enjeux



# Objectifs de l'exercice

Projection à une douzaine (2035) d'années afin :

- d'explorer les usages des systèmes d'IA spécifiquement dédiés à la prévention des risques professionnels,
- d'envisager les atouts et les points de vigilance liés à son développement,
- de proposer une liste de pistes d'actions pour permettre que ce développement soit bénéfique à tous les acteurs de la prévention,



# Périmètre de l'exercice

## Identification 3 cas d'usage principaux :

- Traitement intelligent de données massives,
- Technologies de sécurisation des environnements de travail,
- Robotique avancée recourant à l'IA.

## Exclusion des développements motivés par des objectifs autres que la préservation de la santé au travail

ex : dispositifs visant principalement la substitution de l'humain par la machine mais pouvant entraîner des conséquences possibles (positives ou négatives) en S&ST

