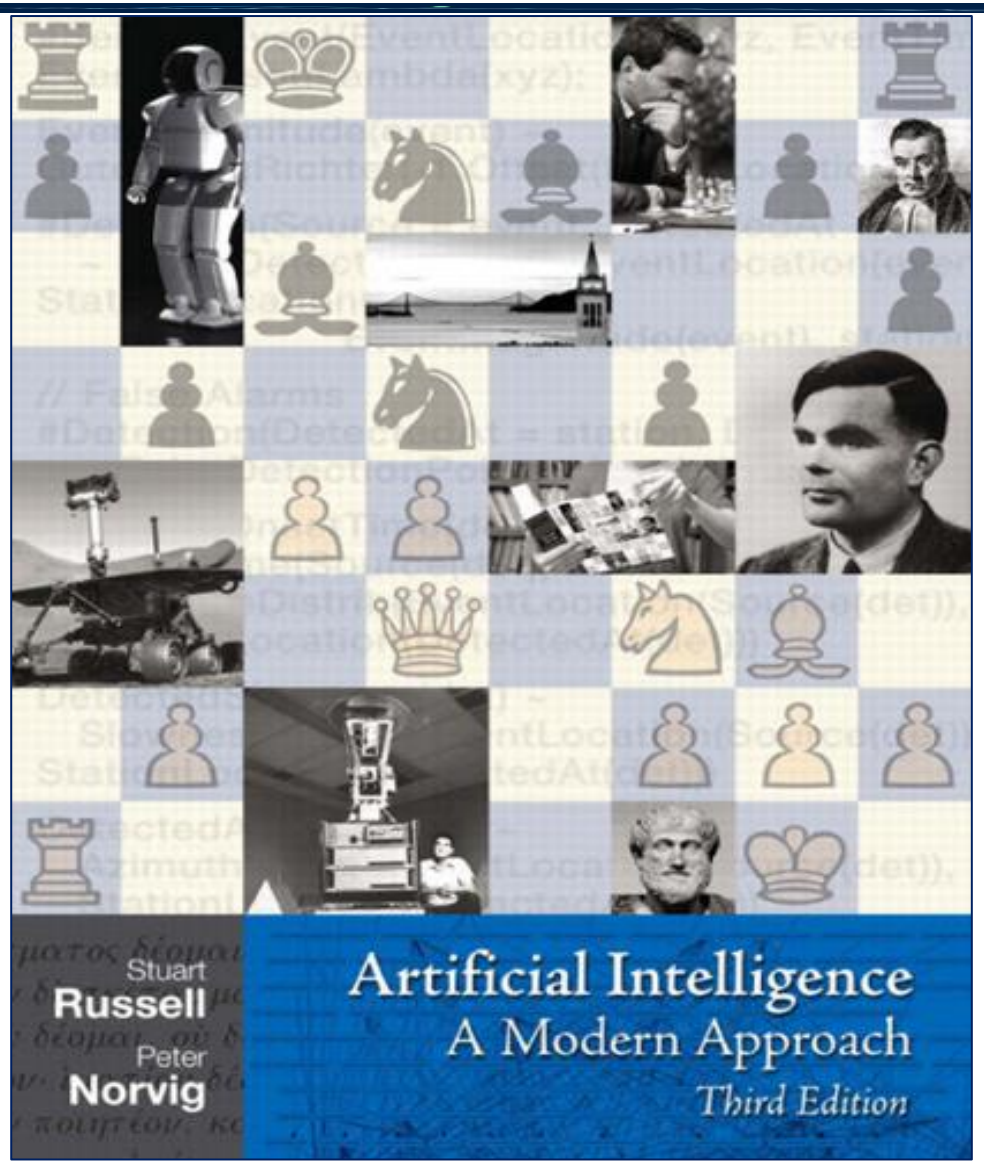
Université de Carthage
FSB - Dép. Info.

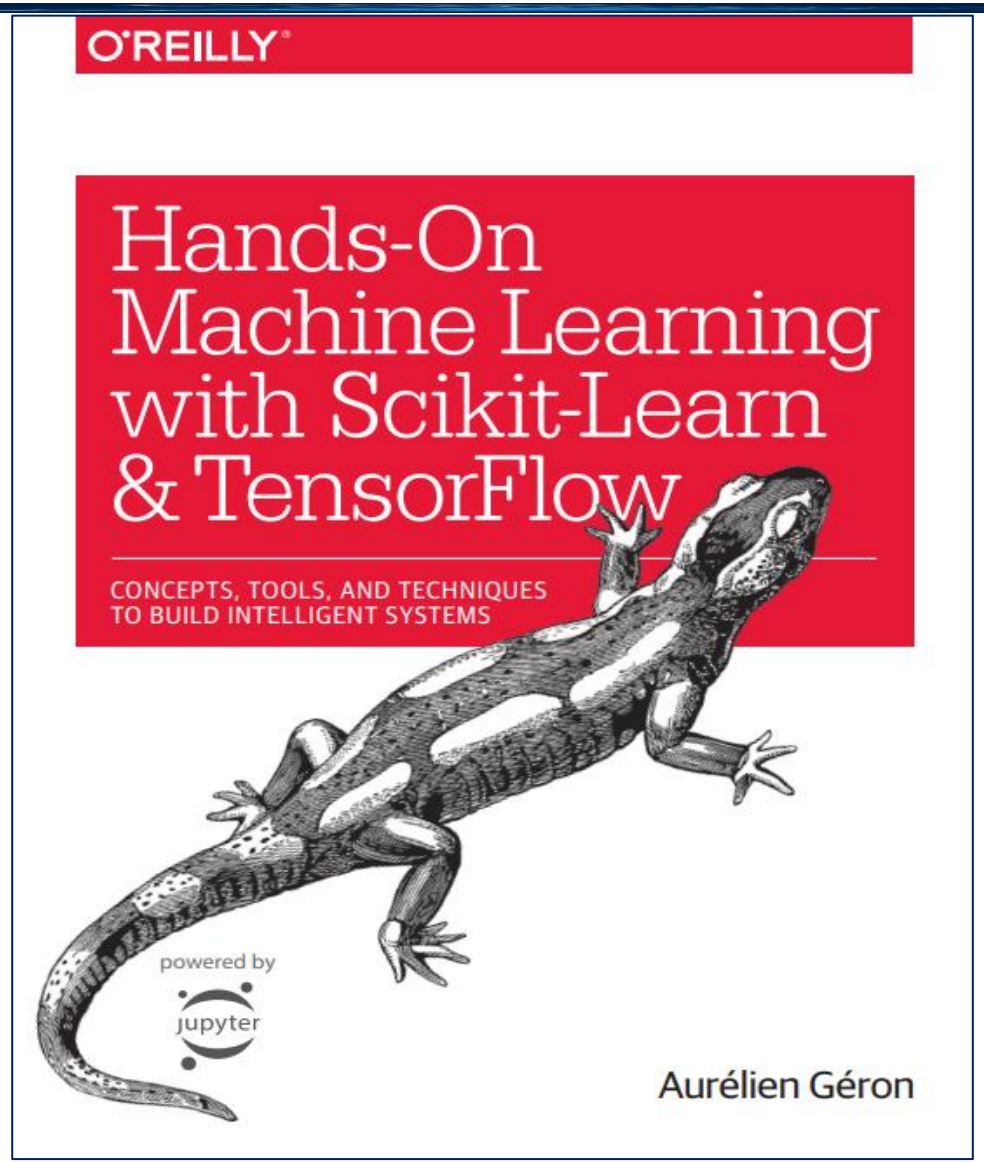
SEIOT3

Intelligence Artificielle
Machine Learning

Abdelaziz Sahbani
abdellazizsahbani@yahoo.fr

Textbooks


Stuart
Russell
Peter
Norvig
Artificial Intelligence
A Modern Approach
Third Edition


O'REILLY
Hands-On
Machine Learning
with Scikit-Learn
& TensorFlow
CONCEPTS, TOOLS, AND TECHNIQUES
TO BUILD INTELLIGENT SYSTEMS
powered by
jupyter
Aurélien Géron

Contacts

- Google Classroom :
  - Espace de cours : Intelligence Artificielle et Machine Learning
  - Code : **tl3fquj**

https://classroom.google.com/c/NjMyODUxOTgzNzEz?cjc=tl3fquj

- Emails :
  - abdelaziz.sahbani@fsb.ucar.tn

Plan du module

Partie 1 : Fondements de l'Intelligence Artificielle

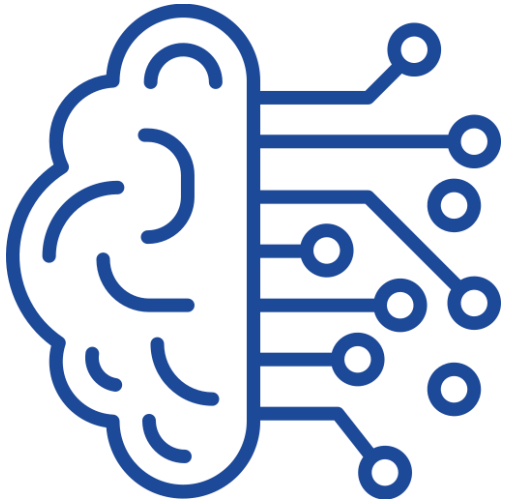
- Introduction à l'Intelligence Artificielle
- Représentation des connaissances et systèmes experts
- Les agents intelligents
- Les algorithmes de recherche et de jeux

Partie 2 : Machine Learning

- Introduction à la Machine learning
- Apprentissage Supervisé
  - La régression
  - La classification
- Apprentissage non supervisé
- Les réseaux de neurones

Partie 1 : Fondements de l’IA

Introduction à l’intelligence artificielle



Plan du chapitre

- Définitions de l’intelligence artificielle
- Historique de l’IA
- Applications de l’IA

Intelligence artificielle (1/3)

- L'intelligence artificielle est à la fois une science et un ensemble de technologies inspirées de l'intelligence humaine

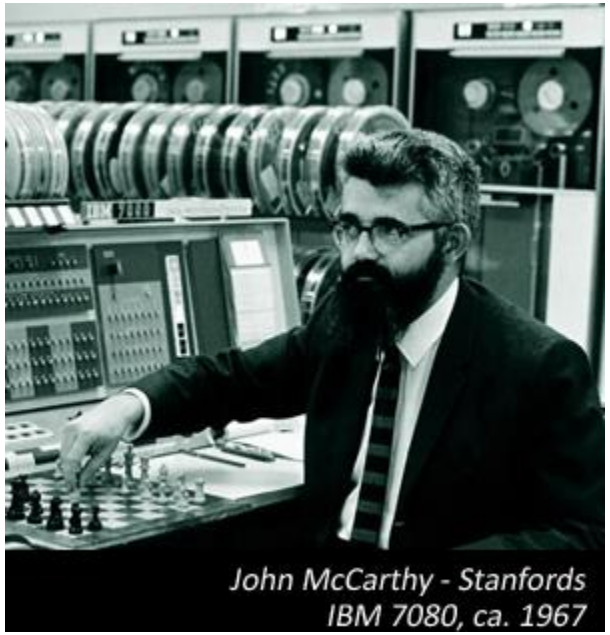
"Intelligence: The ability to learn and solve problems", Webster's Dictionary

la façon dont les humains utilisent leurs cerveaux et leurs corps pour:

- percevoir/sentir,
- apprendre,
- Raisonner,
- agir.

Intelligence artificielle (2/3)

- According to John McCarthy : “The science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs’ is Artificial Intelligence”



John McCarthy, né à Boston en 1927, titulaire en 1950 d’un doctorat de mathématiques. Il est considéré comme le père de l’intelligence artificielle. Dès 1955, dans le cadre d’un atelier d’été où étaient rassemblés de grands spécialistes du calcul assisté, il propose le terme « Intelligence Artificielle : « AI ».

Intelligence artificielle (3/3)

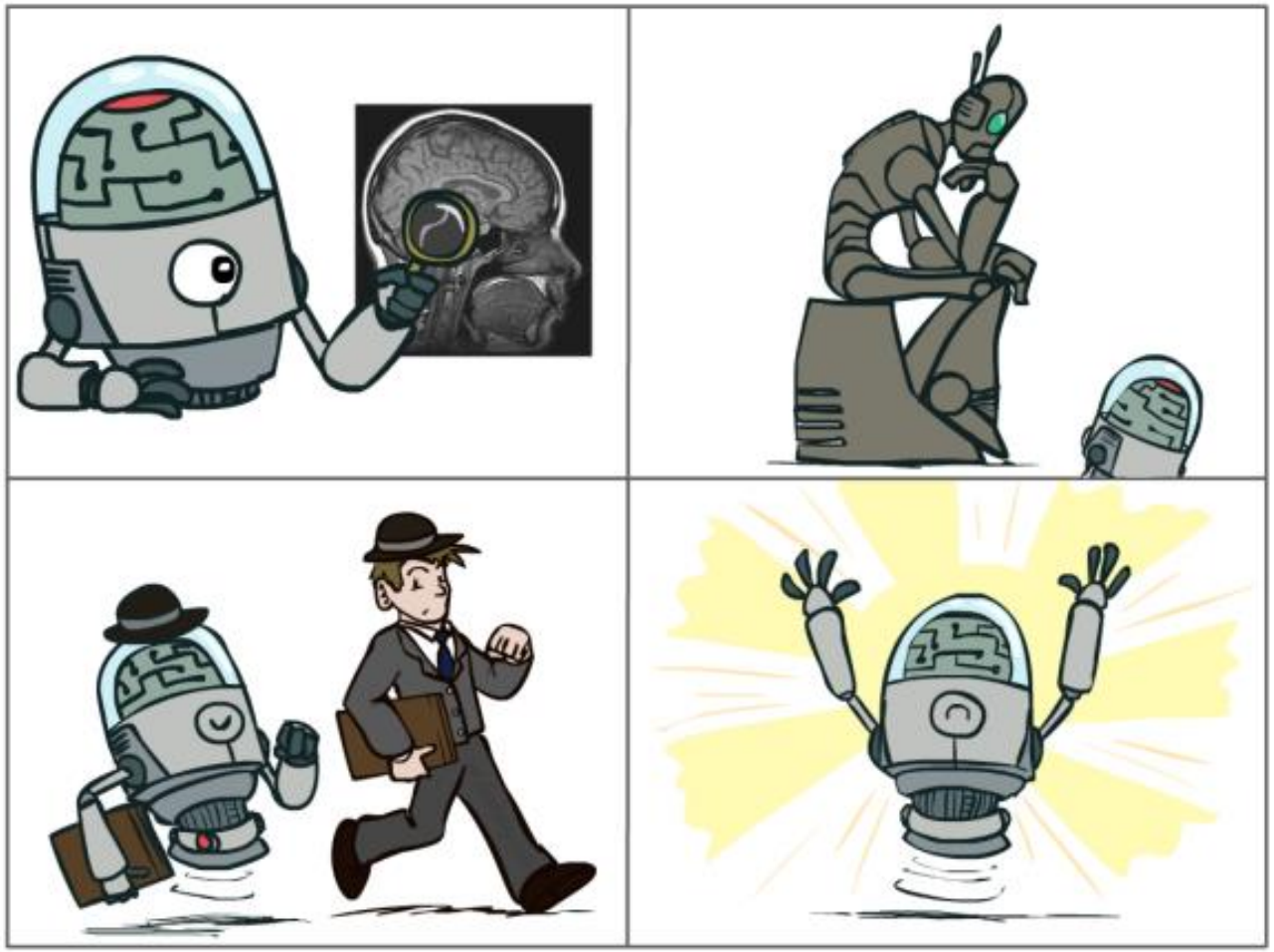
- Science permettant aux machines de :

Penser comme des humains

Approche cognitive

Penser rationnellement

Raisonnement logique



agir comme des humains

Test de Turing

agir rationnellement

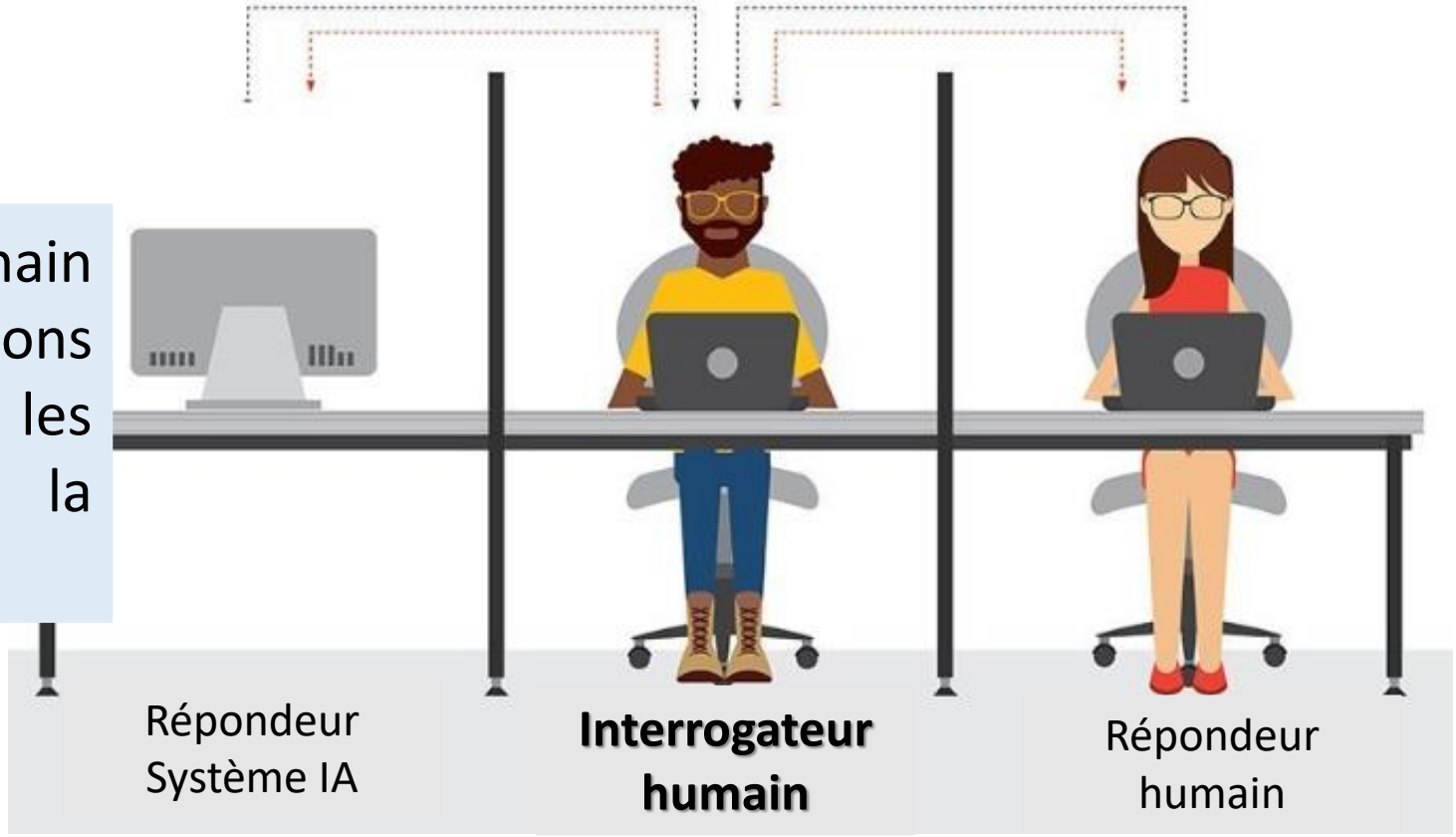
Agents intelligents

Comment savoir si une machine est intelligente?

passé

- Test de Turing
  - Proposé par Alan Turing en 1950

Un ordinateur réussit le test si l'humain qui a posé au préalable des questions écrites, est incapable de savoir si les réponses écrites proviennent de la machine ou de la personne.

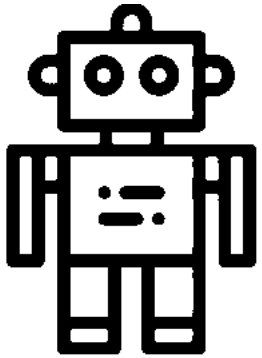


  - Pour réussir le test, la machine a besoin des capacités suivantes :
    - traitement du langage naturel
    - représentation des connaissances
    - raisonnement
    - apprentissage

Comment savoir si une machine est intelligente?

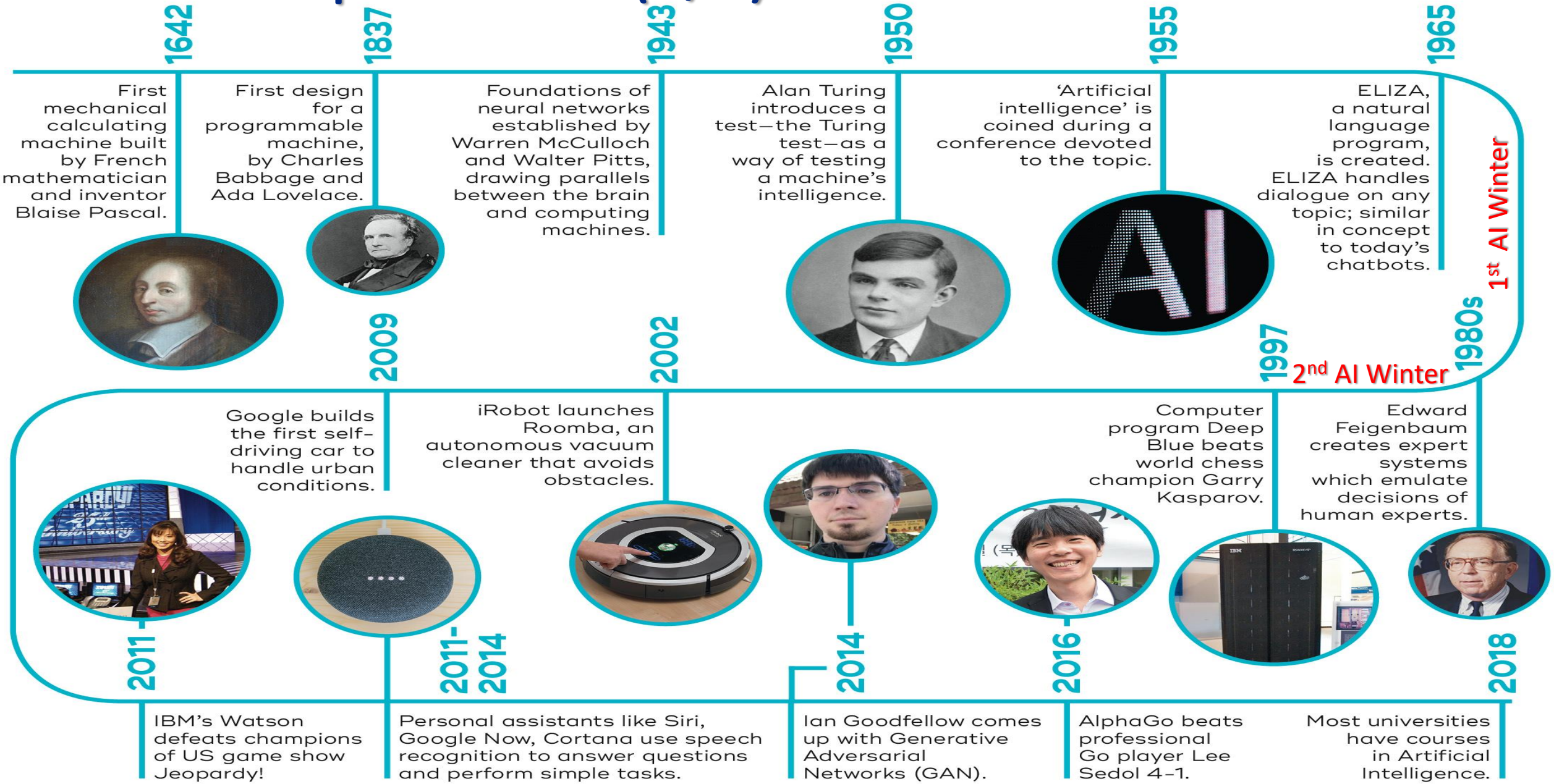
présent

- Machine intelligent = agent intelligent
- Un agent est n'importe quelle entité qui perçoit son environnement par des capteurs (sensors) et agit sur cet environnement par des actionneurs (actuators)
  - un agent intelligent doit agir « correctement » en fonction de ce qu'il perçoit et de ses capacités d'action
  - l'action correcte est définie selon une Mesure de performance → la qualité du comportement de l'agent
- Agent intelligent = agent rationnel

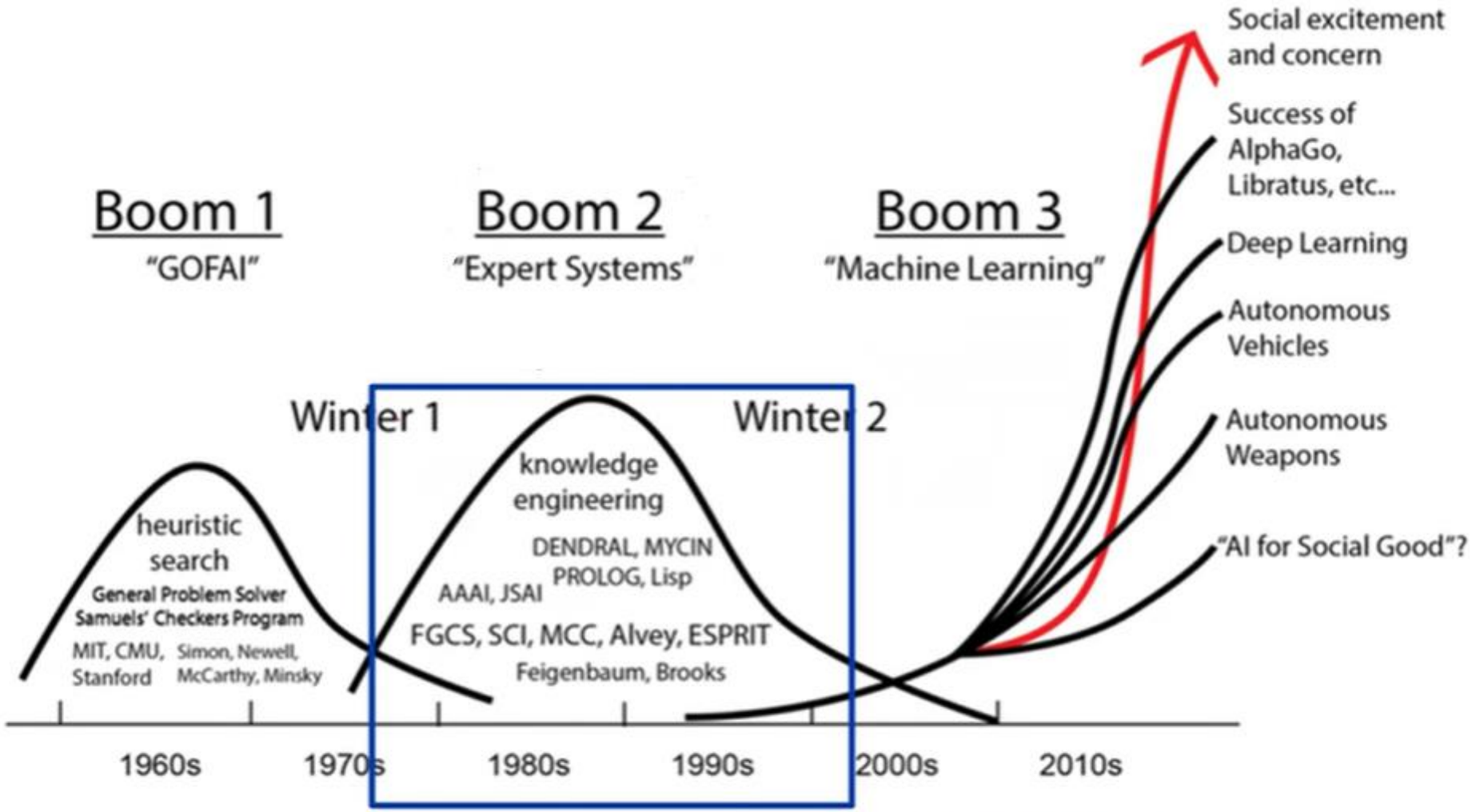


Étant donné une séquence d'observations (données sensorielles), un agent rationnel devrait choisir une action qui **maximise** la mesure de performance

Historique de l'IA (1/2)



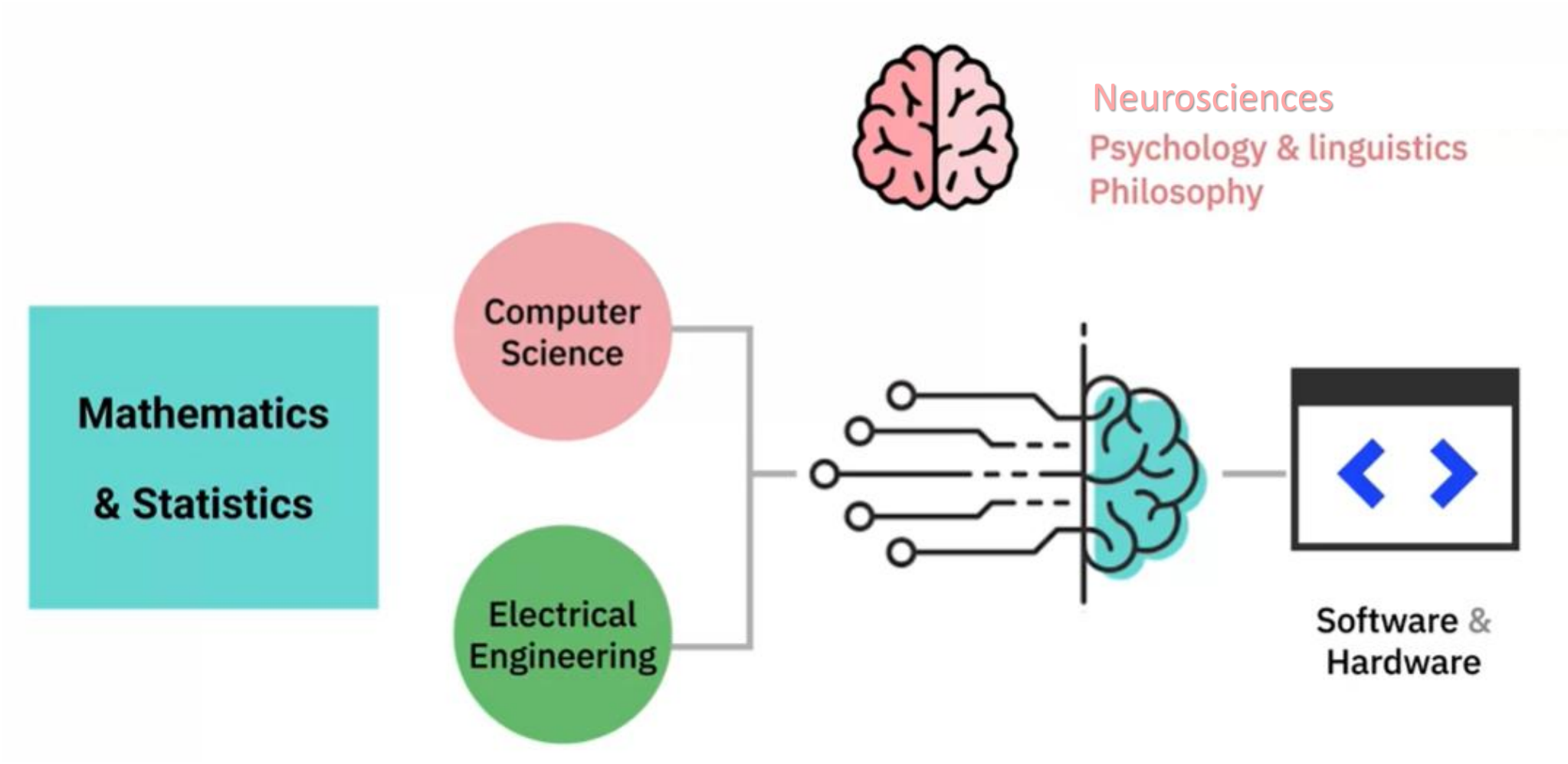
Historique de l'IA (2/2)



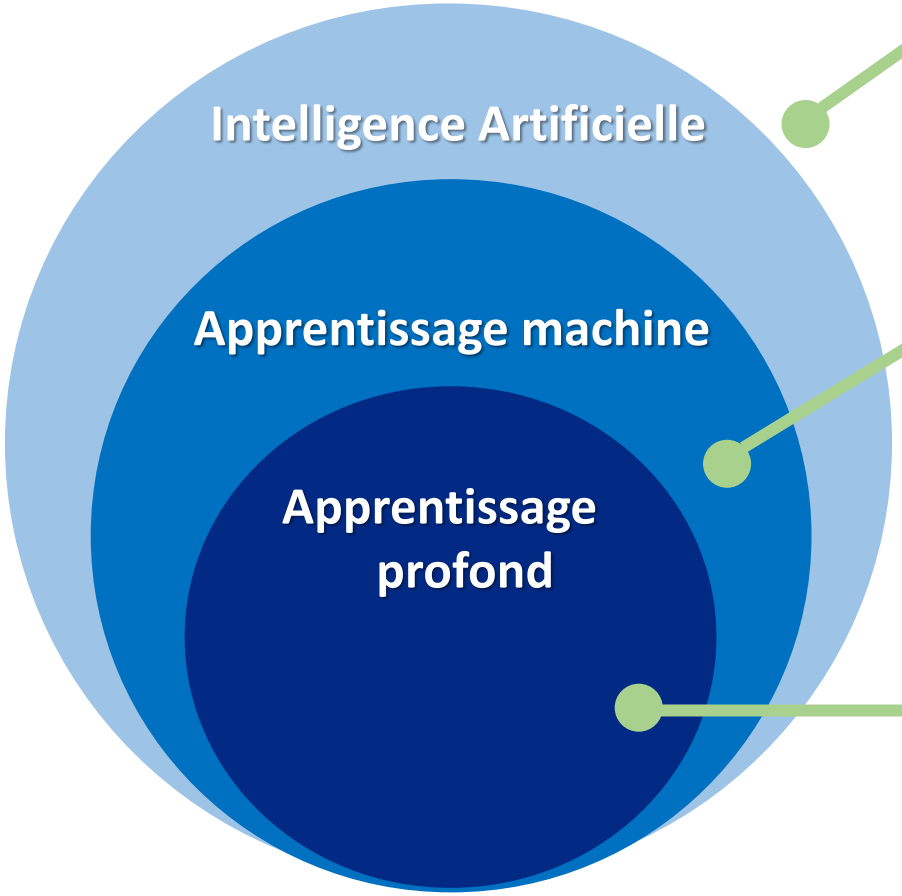
https://www.actuaries.digital/2018/09/05/history-of-ai-winters/
(retrieved in 14-9-2021)

Disciplines connexes de l'IA

- Le domaine de l'IA est influencé par plusieurs disciplines



Sous-domaines de l'IA



Intelligence Artificielle

Des techniques pour incorporer l'intelligence humaine aux machines

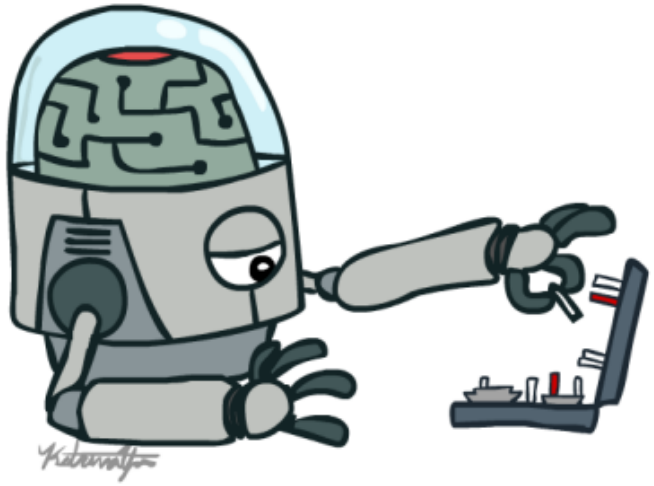
Apprentissage machine

branche de l'IA qui comprend des algorithmes et des méthodes statistiques utilisés par les machines pour effectuer une tâche spécifique et s'améliorer avec l'expérience en apprenant par elle-même.

Apprentissage profond

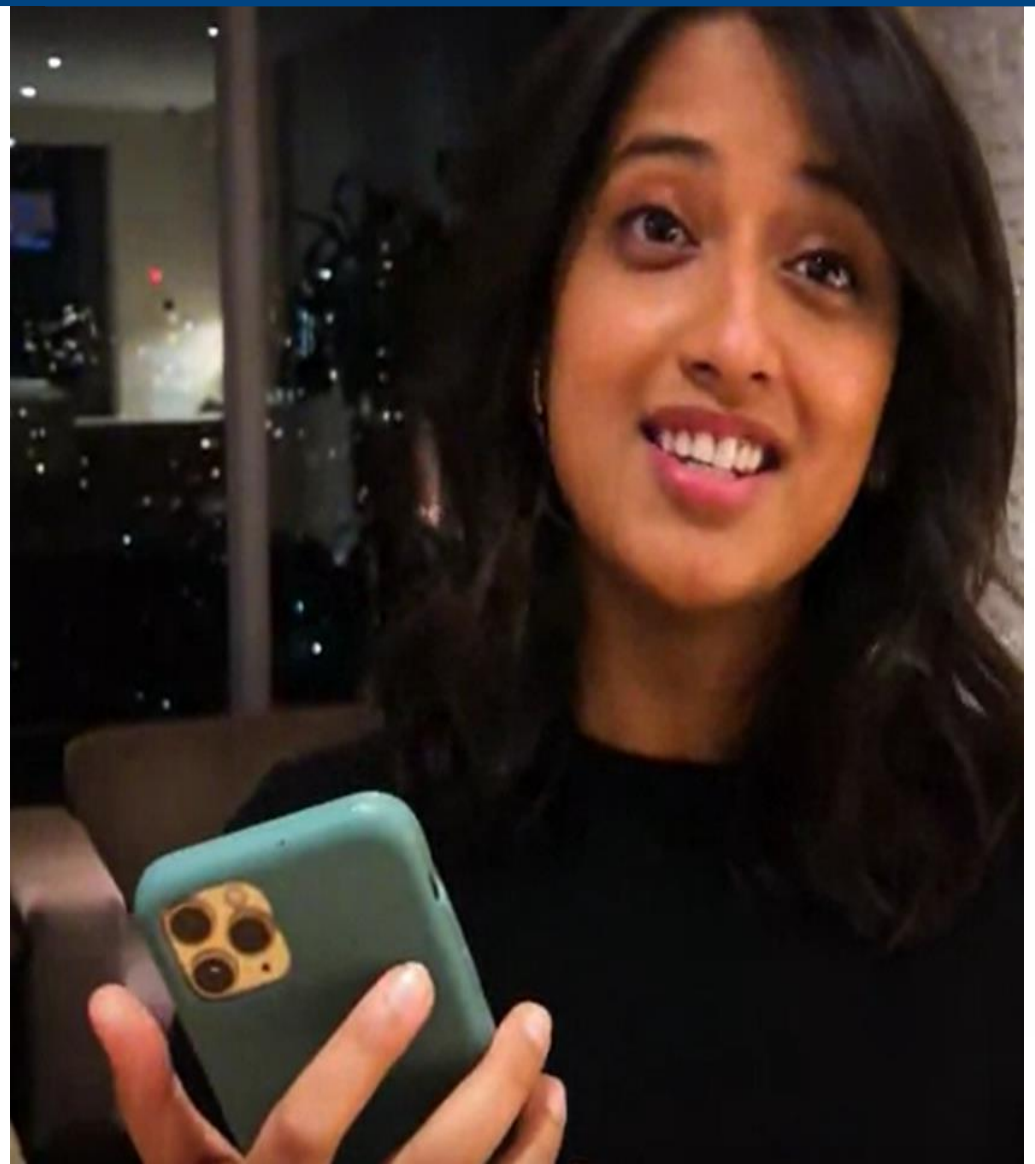
branche de l'apprentissage machine (Machine Learning) qui permet aux machines de prendre des décisions à l'aide des réseaux de neurones artificiels

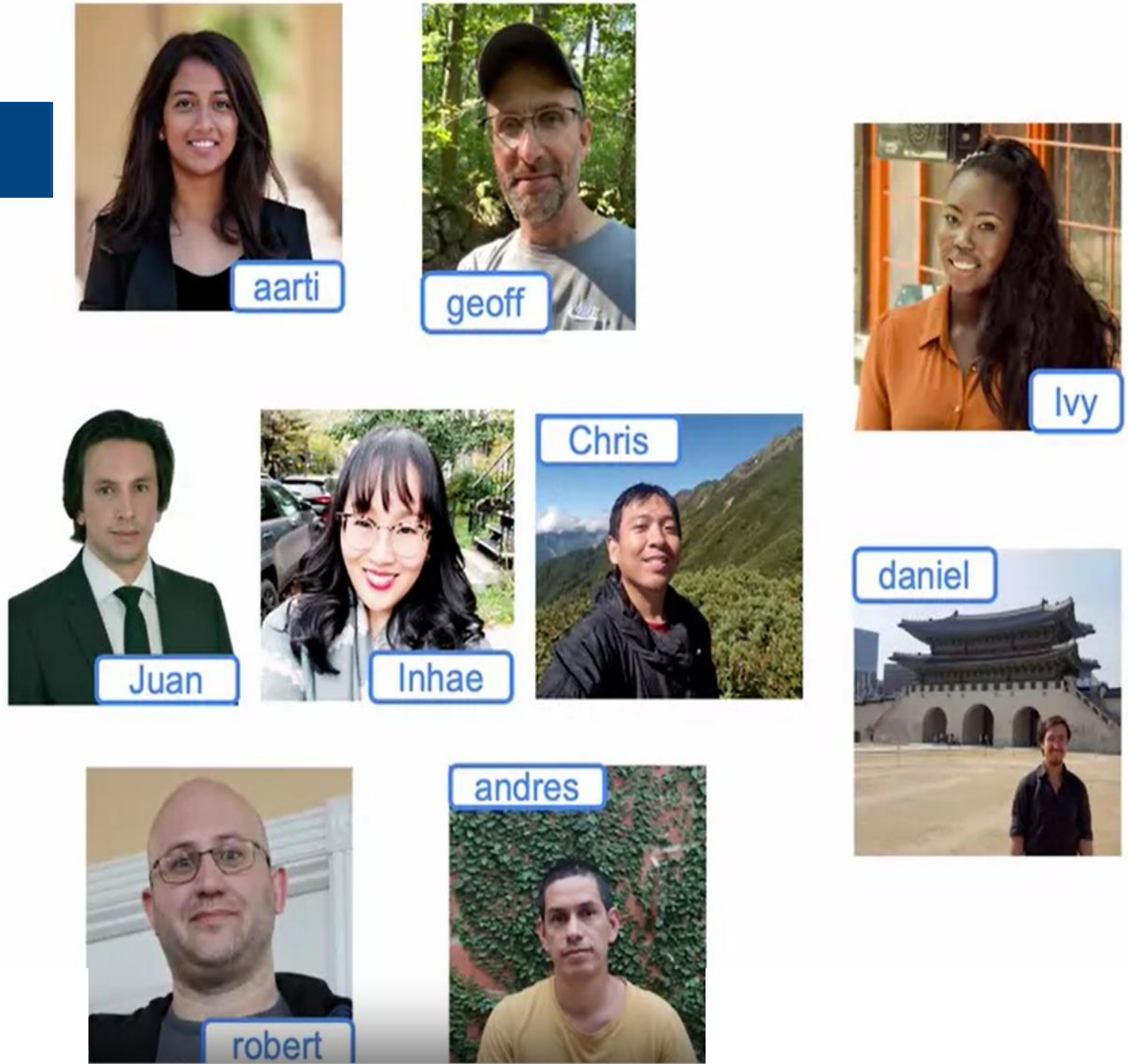
Principaux domaines de l'IA



- Vision et reconnaissance de formes
- Traitement automatique du langage
- Systèmes experts et de recommandation
- Commandes des systèmes
- Robotique & jeux

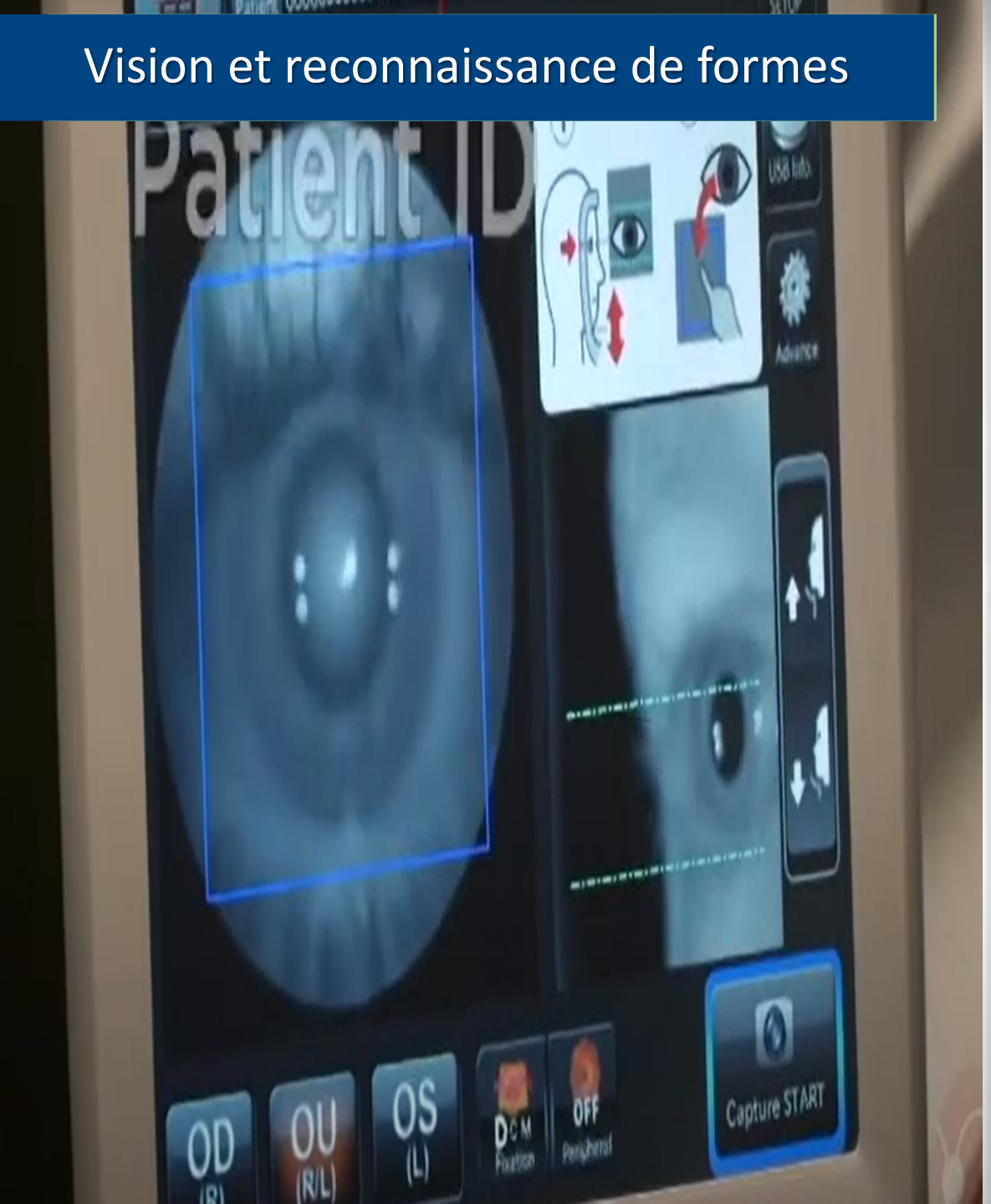
Vision et reconnaissance de formes



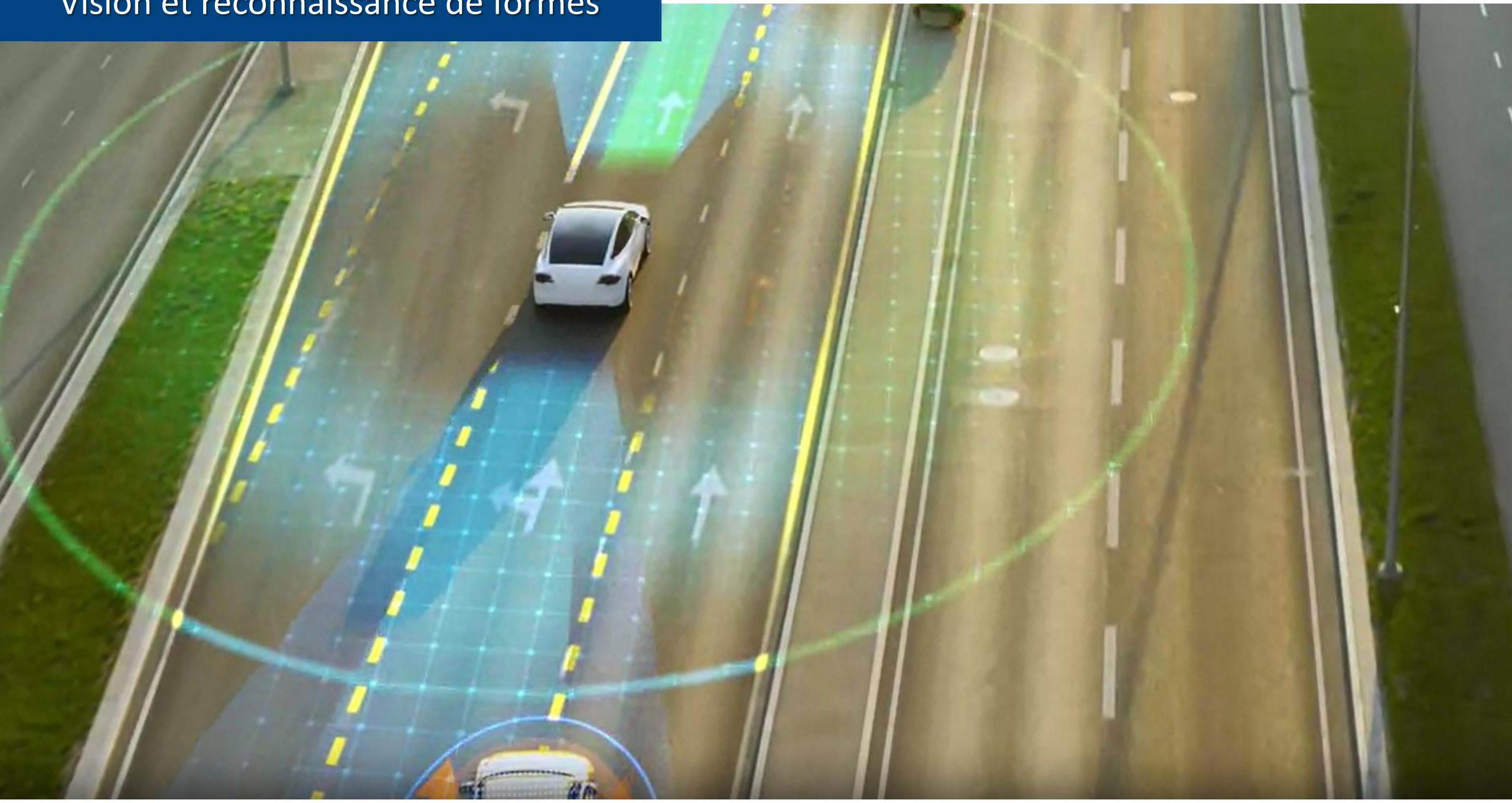


Vision et reconnaissance de formes

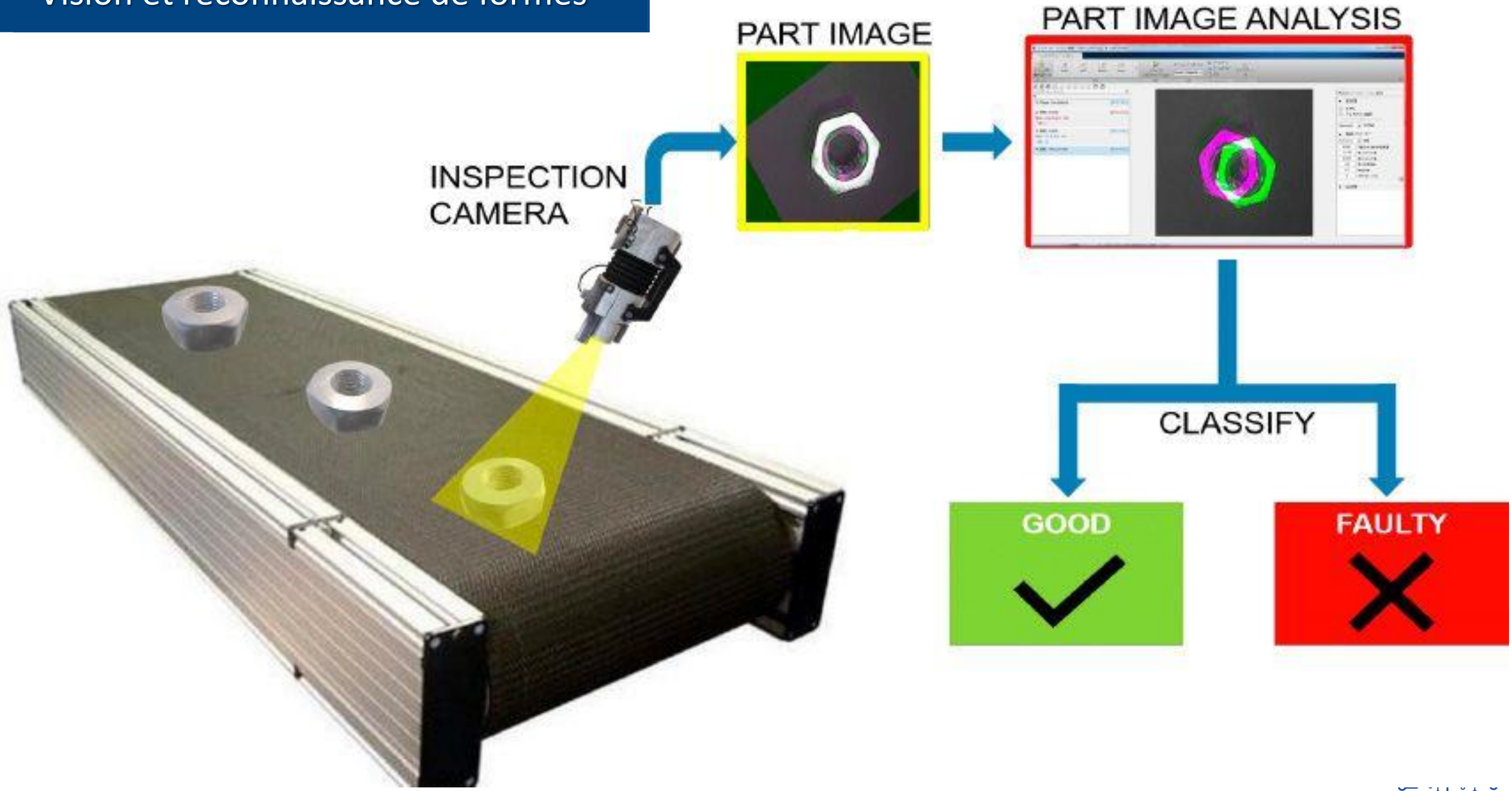
Vision et reconnaissance de formes



Vision et reconnaissance de formes



Vision et reconnaissance de formes



Traitement automatique des langues

how do i make a sushi roll

- how make a sushi roll
- how make a **california** roll
- how **to** make a sushi **hand** roll
- how **to** make **homemade** sushi roll
- how **to** make **simple** sushi roll

About 106,000,000 results (0.55 seconds)

Recipes

Homemade Sushi

Fifteen Spatulas

4.9 ★★★★★ (40)

15 min

Cream cheese, sushi rice, soy sauce, avocado, raw salmon

Easy Sushi Rolls

Gimme Some Oven

No reviews

1 hr

Smoked salmon, sushi rice, soy sauce, spicy mayo, toasted

California Sushi Rolls

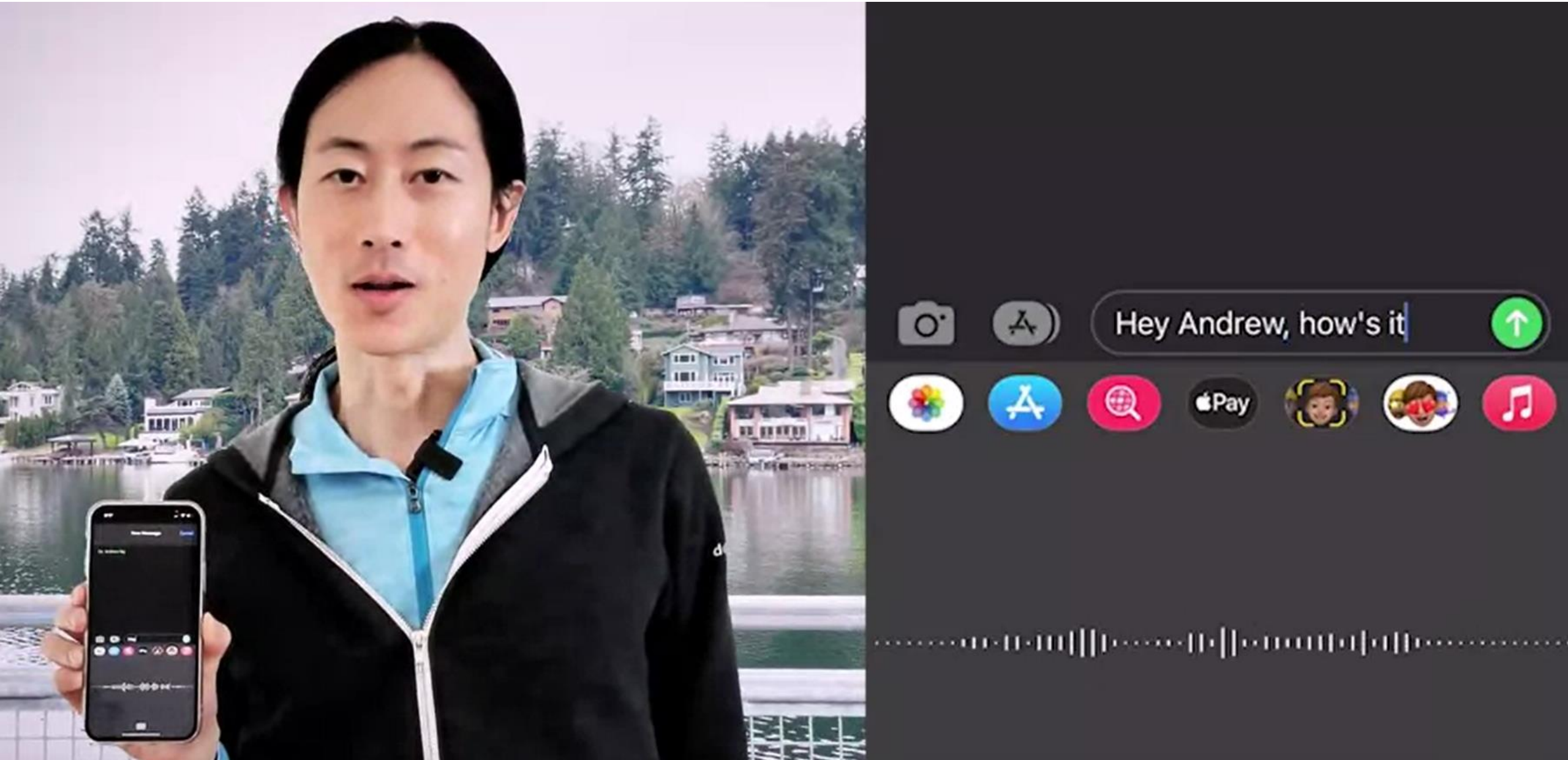
Taste of Home

5.0 ★★★★★ (5)

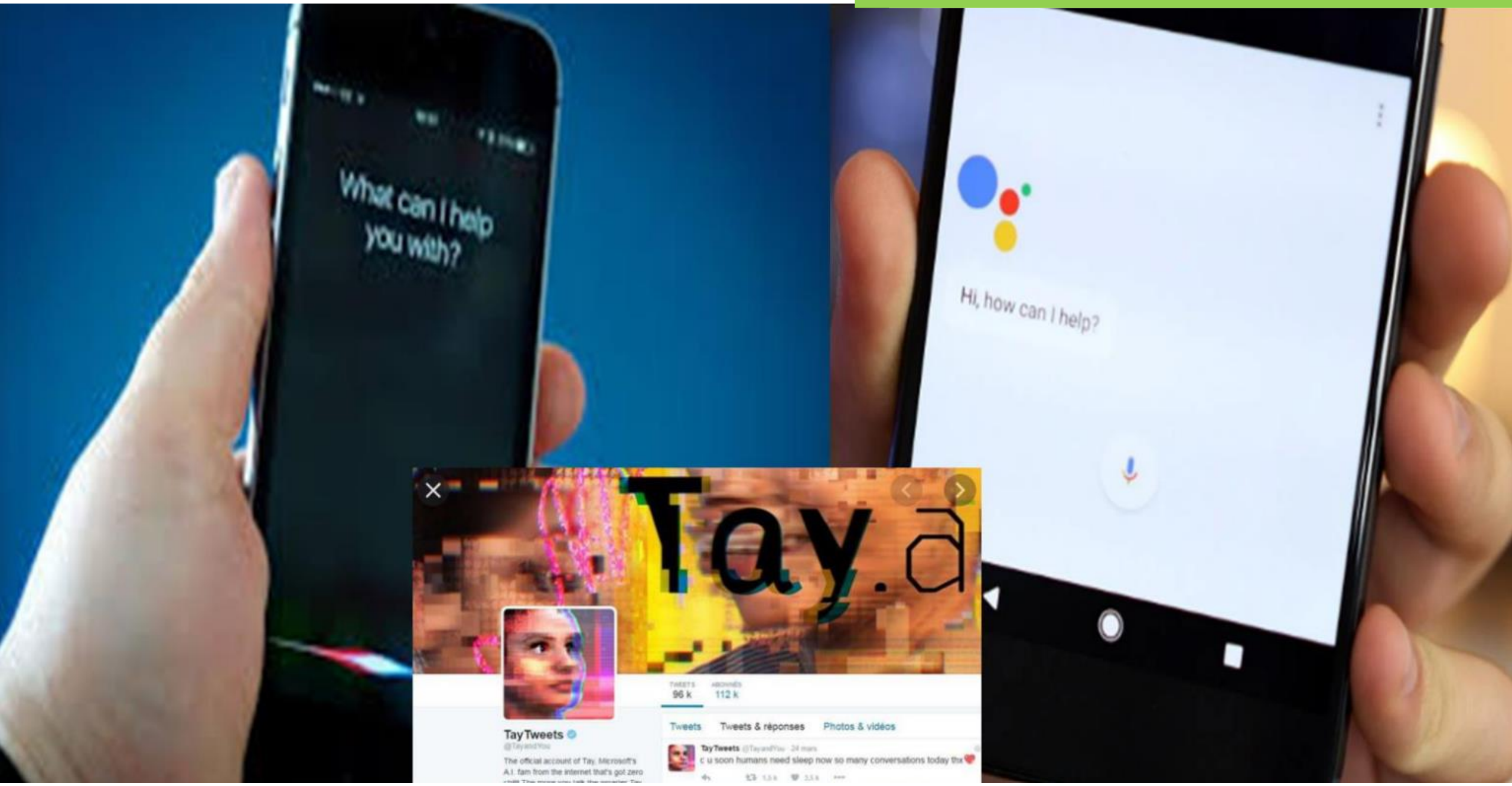
1 hr

Cups sushi rice, black sesame seeds, soy sauce, avocado,

Traitement automatique des langues



Traitement automatique des langues



Google

Anglais

Français

out of sight, out of mind

out of sight out of mind

hors de vue, hors de l'esprit

Anglais

Français

out of sight, out of mind

25/5000

Loin des yeux, loin du cœur

entaires

Traitement automatique des langues

plagscan.com

2.6%

PlagScan Results of plagiarism analysis from 2018-08-23 13:34

Space-and-Exploration.docx

Date: 2018-08-23 13:34

View: All sources 4 | 4 matches

Traitement automatique des langues

- All sources 4
- Top three 3
- Internet sources 3
- Own documents 1

[0] https://en.wikipedia.org/wiki/Space_explorat
1.9% 3 matches Highlight matches in source
2 documents with identical matches

[1] "New_Horizons.pdf" dated 2018-06-15
1.2% 2 matches Highlight matches in source

[2] https://www.plagscan.com/dlView?7395199
0.5% 2 matches Highlight matches in source

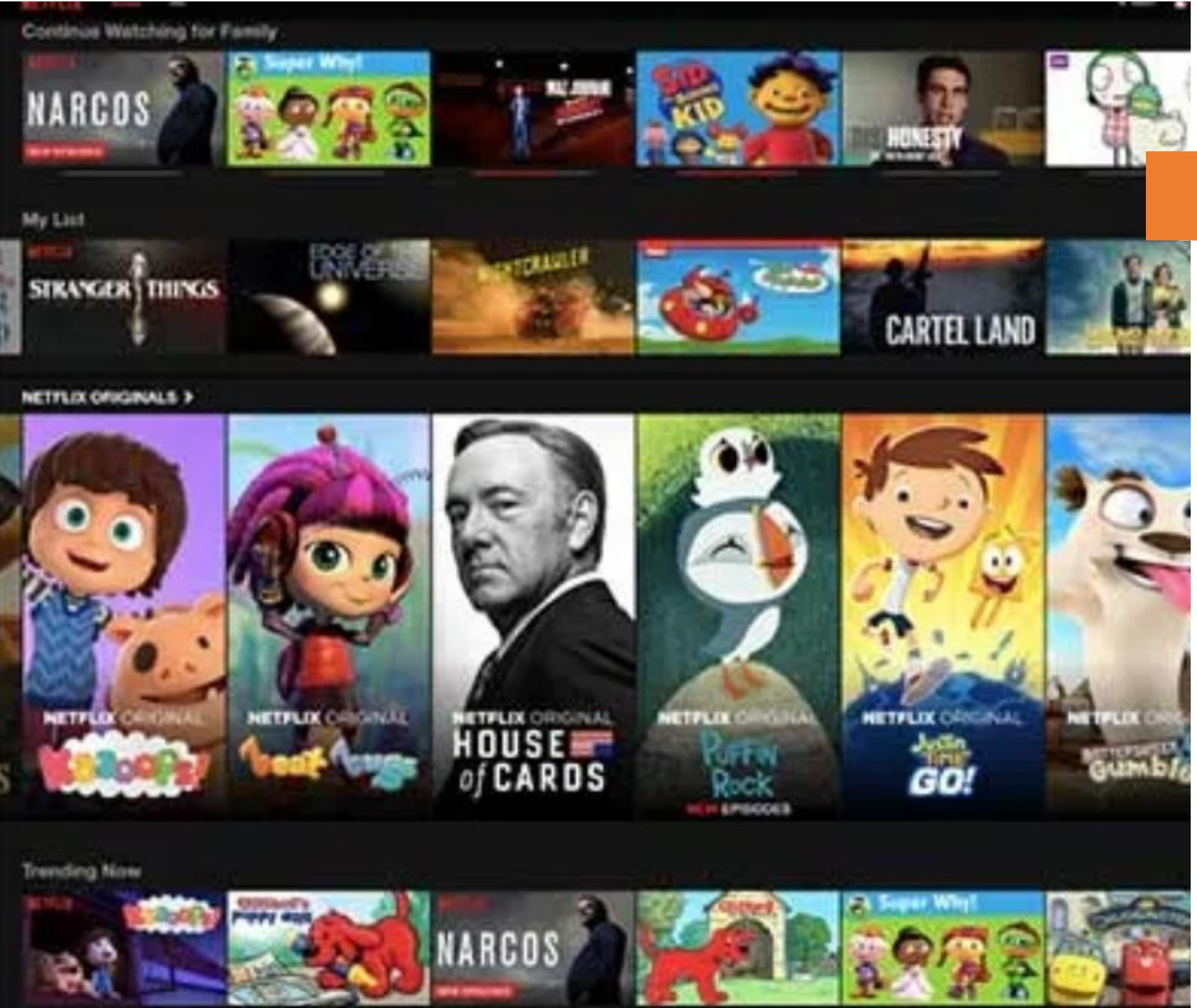
[3] http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/education/spa
0.0% 1 match Highlight matches in source

Legend text highlighting
Aa exact match
Aa possibly altered text
Aa marked as quotation

Space and Exploration

In recent years of human history, the idea of travelling into space has become a routine operation, no longer that of science fiction fantasies, with the missions being reserved mostly for surveillance, data collection, and research aboard the International Space Station into the effects of space on human growth. While deep exploration has invigorated young minds for generations, there has been little progress in the formulation of a coherent plan to colonize further into our galaxy. However, certain destructive events may have us thinking differently on the idea of deep space exploration. Humans are constantly in danger from extraterrestrial threats, such as explosions in 1871, 1908, and 1935, all contributed to surface-impact meteors, almost in a clockwork pattern of 30 years. The Jet Propulsion Laboratory, an extension of NASA, has provided clues as to how exactly these impacts can affect human life, and as such, their research will provide a foundation for the contingency plans discussed in this paper.

While impacts of severe damage and threat only occur in 1,000 year increments, we are also at the mercy of shifting climate patterns due to intervention into the natural system by humans. Our careless use of fossil fuels, combined with our need of life-sustaining resources has advanced the damages of climate change, and stripped our planet of valuable elements. Hurricane Katrina, a high-level natural disaster resulting in nearly 1200 dead and $100 billion in damage, can effectively be linked to change in climate patterns. According to Andrea Thompson, writer for Climate Central, Hurricane Katrina would have been significantly less damaging in the climate conditions of 1900, a time that, while there was plenty of industrial movement, had not experienced the mass production and technological



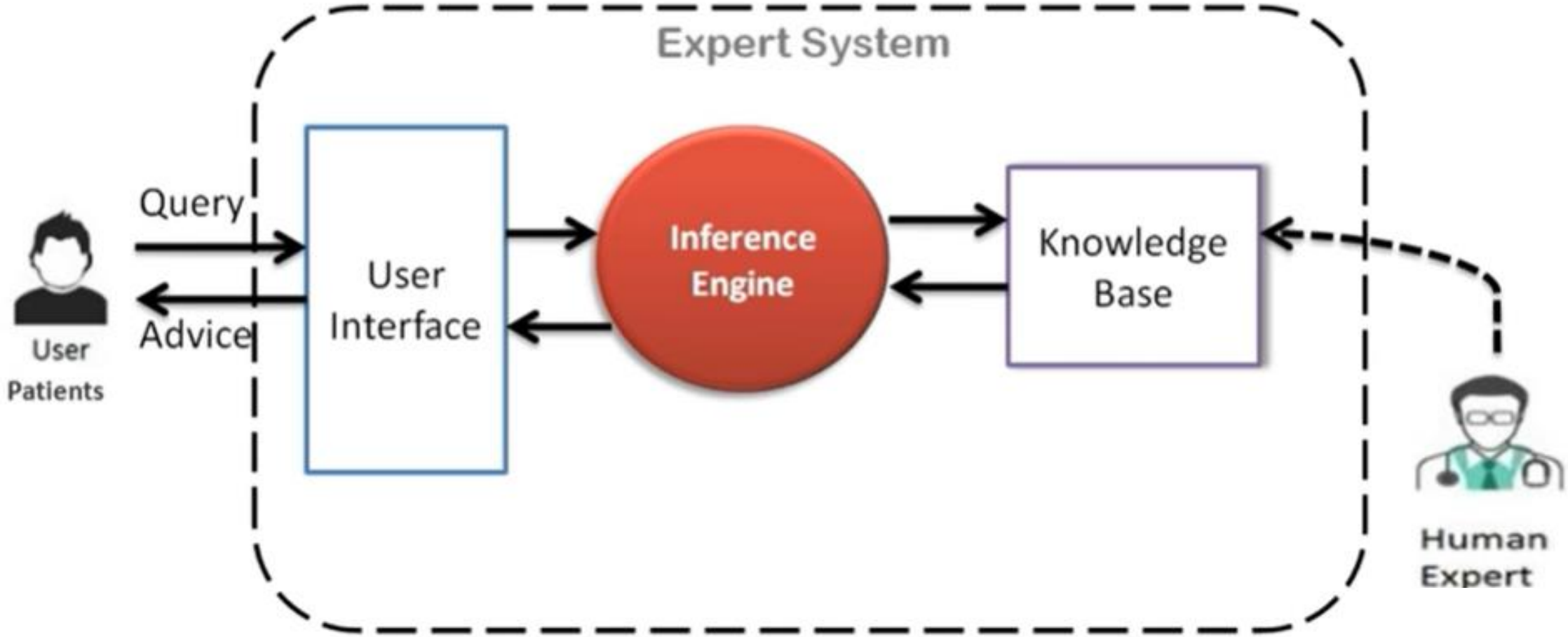
Systèmes de recommandation

Over 80% of what members watch comes from our recommendations

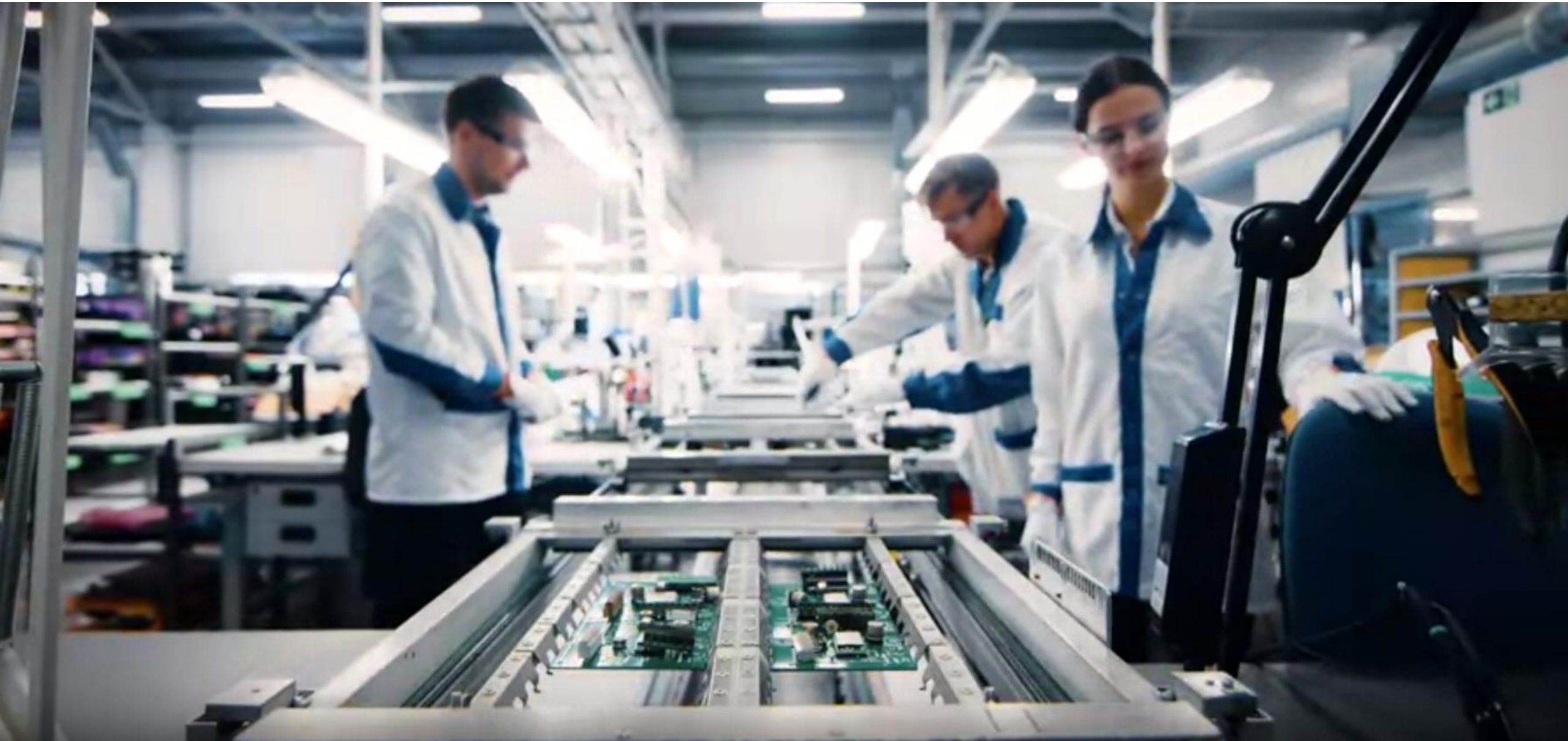
Systèmes de recommandation

Systèmes experts

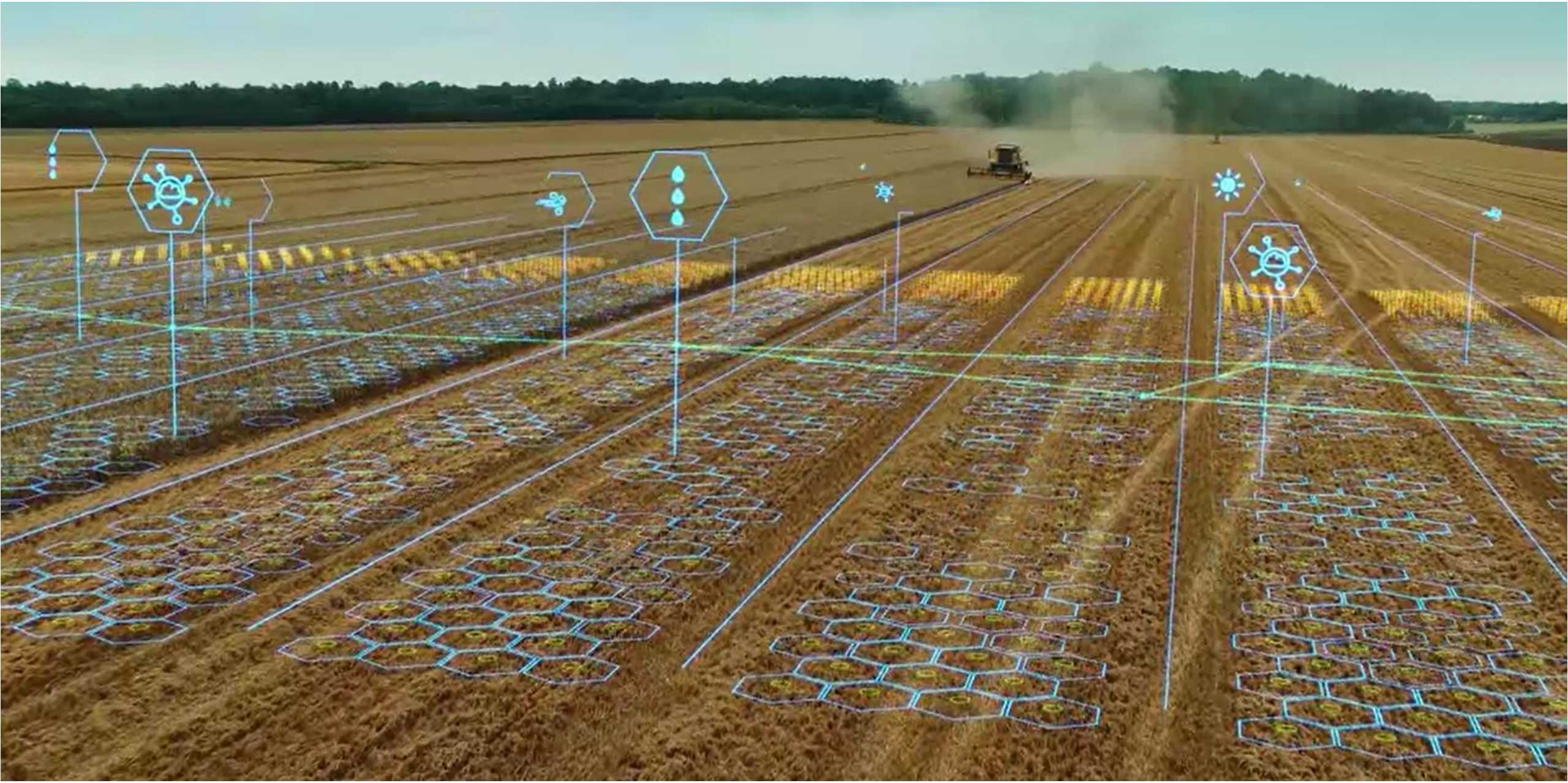
MYCIN (AN EXPERT SYSTEM)



Commande des systèmes



Commande des systèmes



Robotique & jeux

Humanoid Robots

Robotique & jeux

Robotique & jeux

Merci pour votre attention

Des questions ?

Partie 2 : Fondements de l'IA

Les systèmes experts

Plan du chapitre

- Introduction
- Représentation des connaissances
- Définition d’un système expert
- Architecture d’un système expert
- Cycle de raisonnement du moteur d’inférence
- Chaînage avant
- Chaînage arrière

Introduction

- Pour résoudre des problèmes, l'homme :
  - a des connaissances (représentées sous forme d'idées, …)
  - utilise ces connaissances pour raisonner et inventer de nouvelles connaissances (= de nouvelles solutions)

- Dans un système intelligent <u>on doit avoir les mêmes composants</u> :
  - Une base des connaissances (BC)
  - Une entité pour faire les inférences (raisonnement) : moteur d'inférence MI

- un système intelligent dans un domaine spécifique est appelé système expert

Définition de la connaissance

- Connaître = manière de comprendre, de percevoir.
- Connaître: avoir une idée plus ou moins juste = savoir de façon plus ou moins précise.
- La connaissance porte sur tout fait du monde réel.
- La connaissance est primordiale pour tout comportement intelligent (humain, robots).

Comment programmer cette connaissance dans la machine?

↓

Représentation de la connaissance
(Knowledge Representation)

Modes de représentation des connaissances

- Aspect Relationnel :
  - Représentation logique
    - Logique d'ordre 0
    - Logique d'ordre 1
  - Règles de production
- Aspect Objet (schématique) :
  - Réseau sémantique
  - Frames
- …

Représentation par la logique d'ordre 0 (1/2)

Logique d'ordre 0 = calcul propositionnel

But du calcul propositionnel : proposer une représentation en utilisant :

- Symboles (ou atomes) propositionnels : P, Q, R, S, … (généralement dernières lettres majuscules de l'alphabet)

Dénotent des propositions ou des phrases, pouvant être vraies ou fausses, à propos d'un environnement (« la voiture est rouge », « l'eau est froide », …)

- Symbole de vérité : vrai, faux
- Connecteurs propositionnels :

équivalence	≡ (ou ↔)
implication	→
conjonction	∧
disjonction	∨
négation	]

- Inférence : table de vérité

Représentation par la logique d'ordre 0 (2/2)

Exemple 1 : phrase P = « Il fait beau et je suis en vacances »

- P est vraie si les deux propositions Q et R sont vraies :
  - Q = « Il fait beau »
  - R = « Je suis en vacances
  - P = Q and R

Exemple 2 : phrase P = « S'il pleut, Asma restera à la maison »

P est vraie si les deux propositions Q et R sont vraies :

- Q = « Il pleut »
- R = « Asma restera à la maison »
- $P = Q \rightarrow R$

Représentation par la logique d'ordre 1 (1/3)

Logique des prédicats

- Calcul propositionnel : chaque proposition (ou atome) (P, Q, R, …) dénote une proposition entière→ on ne pas accéder aux composantes de telles relations, exemple: it rained on yesterday, Tuesday?
- Calcul de Prédicats : permet de généraliser les relations moyennant les relations et les variables

Exemple :
Calcul propositionnel : p = « It rained on yesterday »
Calcul de prédicats : weather(tuesday, rain)

prédicat décrivant la relation entre une date et le temps.

Généralisation ⟶ pour toutes les valeurs de X, où X est un jour, le prédicat weather(X, rain) est vrai.

- Le calcul de prédicats permet de s'intéresser à des énoncés relatifs à un ensemble d'objets ou certains éléments de cet ensemble

Représentation par la logique d'ordre 1 (2/3)

Logique des prédicats

- Fonctions : relations symboles (commençant par une lettre minuscule généralement).
- Connecteurs : ceux du calcul propositionnel

équivalence	≡ (ou ↔)
implication	→
conjonction	∧
disjonction	∨
négation	]

- Quantificateurs : ∀ (universel) et ∃ (existentiel)
  - ∀ : vrai pour toutes les valeurs de ses variables
    - ∀ X likes(X, ice_cream)
  - ∃ : vrai pour quelques valeurs de ses variables
    - ∃ Y friends(Y, peter)

Représentation par la logique d'ordre 1 (3/3)

Univers du discours : X est un objet

- Ecrire en logique des Prédicats :
  - All student are clever

    $\forall X$ If there is a student then he is clever

    student(X) : X is a student

    clever(X) : X is clever

    $\forall X$ student (X) $\Rightarrow$ clever (X)
  - There exist some bird that doesn't fly

    bird(X) : X is a bird

    fly(X) : X flies

    $\exists X$ bird (X) $\wedge \neg$ fly (X)

❶ On transforme la structure $\forall$ en if … then …

❷ On définit les prédicats inconnus, (on ne connait que l'univers du discours

❸ On ne transforme pas la structure $\exists$ en if … then …

❹ On ne met jamais des prédicats sans les relier par des opérateurs (and or ..)

Exercice : Écrire en langage des prédicats

- ✓ M(x) : x est mécanicien, H(x) : x est un homme, P(x) : x est pauvre
- ✓ Univers du discours : objet

- Tous les mécaniciens sont des hommes
- Ahmed est pauvre
- Si Ahmed est un mécanicien, Ahmed est riche
- Tous les hommes sont mécaniciens ou pauvres
- Quelques mécaniciens sont pauvres
- Quelques mécaniciens ne sont pas pauvres
- Aucun mécanicien n’est pauvre
- Tous les hommes sont mécaniciens
- Tous les hommes ne sont pas mécaniciens

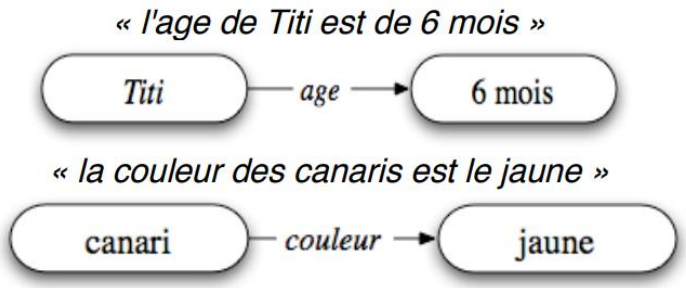
solution : Écrire en langage des prédicats

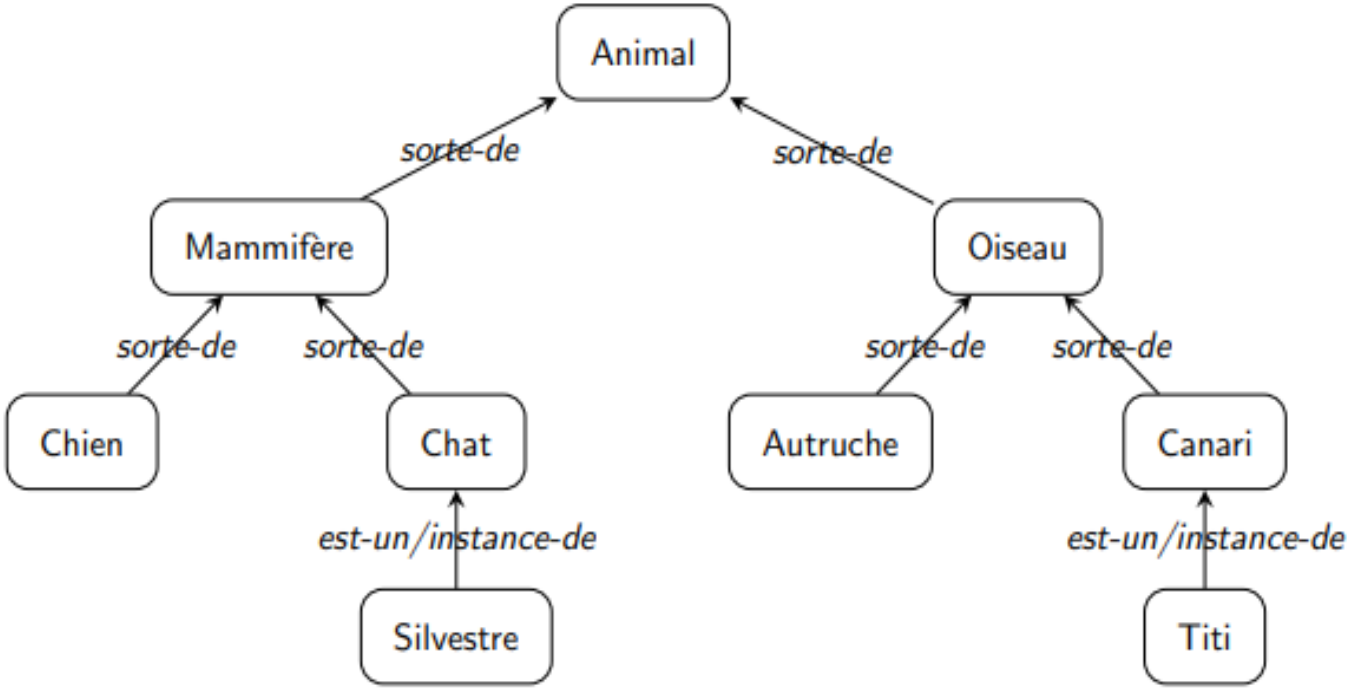
- ✓ On n'a le droit d'utiliser que ces prédicats : M(x) : x est mécanicien, H(x) : x est un homme, P(x) : x est pauvre
- ✓ Univers du discours : objet

- Tous les mécaniciens sont des hommes : $\forall X \;\; M(X) \Rightarrow H(X)$
- Ahmed est pauvre : P(Ahmed) ici pas de $\forall$ or $\exists$, le prédicat est valable juste pour Ahmed
- Si Ahmed est un mécanicien, Ahmed est riche: $M(Ahmed) \Rightarrow \neg P(Ahmed)$
- Tous les hommes sont mécaniciens ou pauvres : $\forall X \;\; H(X) \Rightarrow M(X)$ or $P(X)$
- Quelques mécaniciens sont pauvres : $\exists X \; M(X) \wedge P(X)$
- Quelques mécaniciens ne sont pas pauvres: $\exists X \; M(X) \wedge \neg P(X)$
- Aucun mécanicien n'est pauvre = tous les mécaniciens sont riches : $\forall X \;\; M(X) \Rightarrow \neg P(X)$
- Tous les hommes sont mécaniciens : $\forall X \;\; H(X) \Rightarrow M(X)$
- Tous les hommes ne sont pas mécaniciens : $\forall X \;\; H(X) \Rightarrow \neg M(X)$

Représentation par les réseaux sémantiques

- Un réseau sémantique est un graphe marqué destiné à la représentation des connaissances, où :
  - chaque nœud représente un objet,
  - chaque arc représente une relation entre 2 objets





Les systèmes experts

- Les systèmes experts sont apparus au milieu des années 70.
- Les systèmes experts sont des programmes résolvant des problèmes qui sont habituellement résolus par des experts humains.

- Objectifs :
  - Remplacer les experts humains d'un domaine ou les aider dans leurs expertises

- Principe :
  - à partir des connaissances dans un domaine, le système expert infère = génère de nouvelles connaissances sur le problème examiné
  - les systèmes experts sont appliqués dans de nombreux domaines

Exemples de systèmes experts (1/2)

- MYCIN (1972-1980) : diagnostic et recommandations de traitements pour des infections bactériennes du sang,
- DENDRAL (1965-1983) : détermine des structures chimiques de molécules non identifiées.
- en géologie PROSPECTOR : Analyse de données géologiques pour la recherche des minéraux
- XCON (1980 à aujourd'hui) : permet de déterminer la configuration appropriée de systèmes informatiques par rapport au besoin de consommateurs,
- etc.

Exemples de systèmes experts (2/2)

MYCIN : L'un des premiers systèmes experts a été développé en 1972 à l'université de Stanford, aux Etats Unis, dans le domaine de la médecine

1) Please enter information about the patient.
- Name : Sally
- Age : 42 years
- Sex : Female
- Race : Caucasian

2) Are there any positive cultures obtained from SALLY?
YES

3) Please enter information
- site : CSF
- date collected : 3-Jun-75
- stain examinated : Yes
- method of collection (urine, sputum, smear) :
URINE AND SMEAR

4) Stain of smear (type NONE if no organism was seen on the smear)
NONE

.....

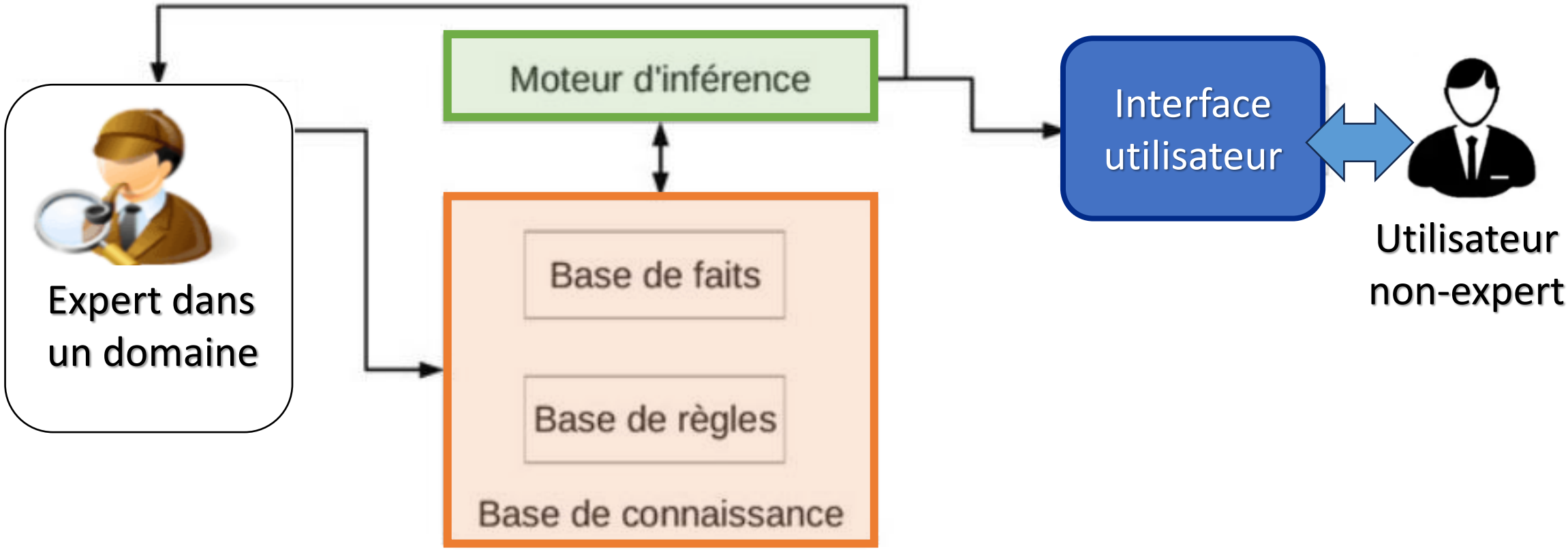
.....

13) Has SALLY recently has symptoms of persistent headache or other abnormal neurologic symptoms (dizziness, lethargy, etc)?
Yes

14) Has SALLY recently had objective evidence of abnormal neurologic signs (nuchal rigidity, coma, seizures, etc.) documented by physician observation or examination?
Yes

The CSF cultures will be considered to be associated with MENINGITIS.

Architecture d'un système expert (1/2)



Un système Expert se propose de remplacer un expert humain afin d'aider l'utilisateur de prendre une décision

Architecture d'un système expert (2/2)

- Il est programmé pour raisonner sur des connaissances qui lui sont fournies par l'Expert Humain et qui sont appliquées dans le cas particulier de l'utilisateur.
- Faits :
  - sont des expressions très variées (connaissances)
  - constituent en général les conditions initiales de résolution à partir desquelles des connaissances pourront être utilisées
- Règles :
  - Une règle a pour construction une prémisse (c'est-à-dire une condition) qui implique une conclusion.
  - Les règles représentent les connaissances qui permettent la déduction pour un système expert. → Ce sont des règles déductives appelées règles de production.
  - Les règles permettent de déduire d'autres faits.

Règles de production

- C'est une quantité de connaissances de la forme

SI condition ALORS conclusion

<fait connu> → <fait déduit>

  - prémisse (= Condition) et conclusion sont des expressions logiques (Faits)
  - Condition doit être vérifiée pour que la règle s'applique
  - Conclusion peut correspondre à l'ajout ou au retrait d'un fait ou d'une hypothèse, au déclenchement d'une action, etc.
- Exemples :
  - condition unique : SI il pleut ALORS j'emmène un parapluie
  - conditions multiples : SI je sors de la maison ET il pleut ALORS j'emmène un parapluie

Exemple de règles de production

Règle 1: **si** atteint_essence(moteur) and tourne(moteur)
alors probleme_est (bougies)

Règle 2: **si** not tourne(moteur) and not (allumes(phares))
alors probleme_est(batterie).

Règle 3: **si** not tourne(moteur) and allumes(phares)
alors probleme_est(demarreur).

Règle 4: **si** il_y_a_essence(reservoir_essence)
and il_y_a_essence(carburateur)
alors atteint_essence(moteur).

Interaction avec l'utilisateur

- Information « questionnable » :
  - Si une partie des informations formant la condition d'une règle n'est pas une conclusion d'une autre règle, alors cette partie sera considérée comme « questionnable ».

Exemple :

« Atteint essence moteur » (prémisse règle 1) n'est pas questionnable (ce fait est une conclusion de la règle 4)

Le moteur d'inférence

- Le moteur d'inférences est le cerveau du SE. C’est un programme qui simule le raisonnement humain

- 3 Stratégies lors du raisonnement:
  - Chaînage avant : commence par les faits et aboutit au but
  - Chaînage arrière: commence par le but et aboutit aux faits existant dans la Base des Faits (BF)
  - Chaînage mixte : combinaison des deux (avant et arrière)

Cycle du moteur d'inférence (1/3)

Le moteur d'inférence fonctionne en deux phases:

- Phase d'évaluation: comporte deux sous-étapes :
  - 1/ Etape de Filtrage ou détection :Elle consiste à définir pour l'ensemble des règles de Base des Connaissances (BC), les règles potentiellement applicables
    → résultat ensemble de règles
  - 2/ Etape de Sélection ou choix avec réduction de conflits: Elle consiste à choisir la règle à appliquer effectivement parmi l'ensemble des règles applicables
    → résultat une règle

- Phase d'exécution : Elle consiste à appliquer la règle choisie et mettre à jour la base de faits BF

Cycle du moteur d'inférence (2/3)

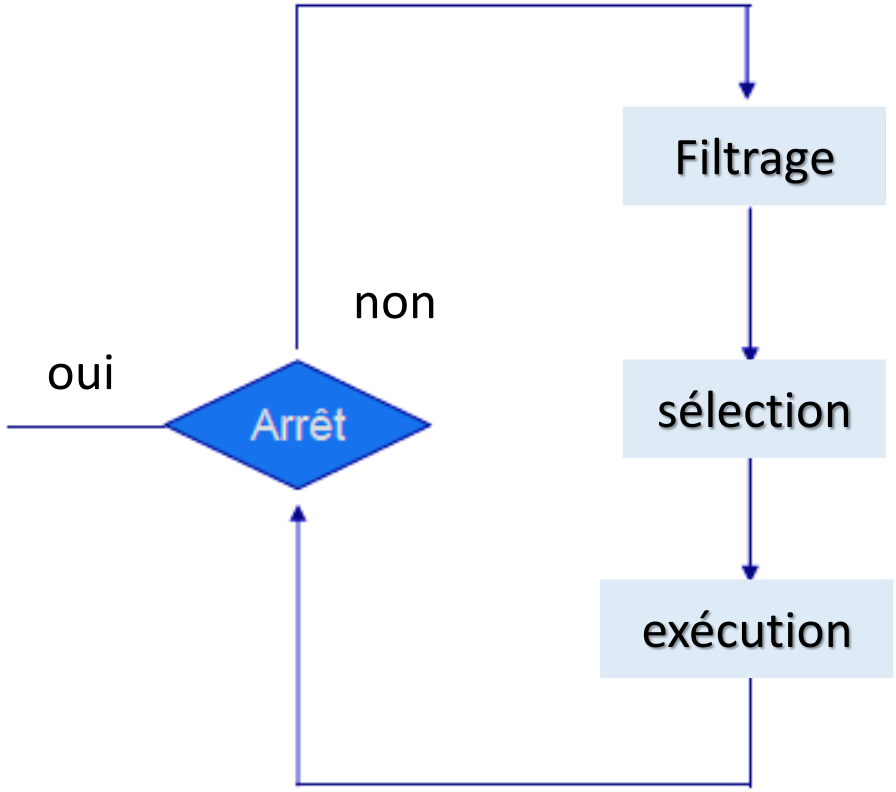
- Réduction de conflit entre les règles ≈ savoir quelle règle est prioritaire

- Pour résoudre le conflit entre plusieurs règles applicables, le moteur d'inférence doit choisir selon un critère, par exemple :

  - La première règle dans l'ordre
  - La règle qui comporte le/les fait plus récents dans la Base des faits
  - La règle qui a le plus grand nombre de conclusions
  - La règle qui a le plus grand nombre de conditions,
  - etc …

Cycle du moteur d'inférence (3/3)

- Le moteur d'inférence exécute ces différer phases de façon cyclique jusqu'à une condition d'arrêt soit vérifiée:
  - Un objectif (but) atteint
  - Epuisement de toutes les connaissances :
    - Etape de filtrage ne fournit aucune règle potentiellement applicable
    - Epuisement des règles



Stratégies du MI : chaînage avant (1/2)

Initialement :

- Base des faits : {A, B, C, E} : faits initiaux
- Base des règles :

  {

  R1 : F & B → Z

  R2 : C & D → F

  R3 : A→ D

  }
- But : Z

Stratégies du MI : chaînage avant (2/2)

- Déduction d'un nouveau fait à partir des faits et règles existants
- Algorithme
  - soit : BF, une base de faits; BR, une base de règles
    Fait, le fait que l'on cherche à établir ≡ But F
  - Recherche de la déduction possible de Fait F

```
ChaînageAvant(BF, BR, F)
DEBUT
    TANT QUE (F ∉ BF) ET (∃ R ∈ BR, applicable(R))
    FAIRE
     choisir une règle applicable R
     BR = BR - R   (désactivation de R)
     BF = BF union concl(R)  (déclenchement de la règle R, ajout de sa conclusion)
    FIN TANT QUE
    SI F ∈ BF ALORS F est établi
    SINON F n'est pas établi
FIN
```

Exemple : but J, priorité à la première règle

Chainage avant

R_1 $A \rightarrow E$
R_2 $B \rightarrow D$
R_3 $H \rightarrow A$
R_4 $E \wedge G \rightarrow C$
R_5 $E \wedge K \rightarrow F$
R_6 $D \wedge E \wedge K \rightarrow C$
R_7 $G \wedge K \wedge F \rightarrow A$
R_8 $D \wedge F \rightarrow J$

$BF = \{H, K, B\}$

itération	Filtrage	sélection	exécution	Base des faits BF	Arrêt ?
Itération 1	R2,R3	R2	B → D	{H, K, B, D}	Non
Itération 2	R3	R3	H → A	{H, K, B, D, A}	Non
Itération 3	R1	**R1**	A → E	{H, K, B, D, A, E}	Non
Itération 4	R5,R6	**R5**	E & K → F	{H, K, B, D, A, E, F}	Non
Itération 5	R6,R8	**R6**	D&E & K → C	{H, K, B, D, A, E, F, C}	Non
Itération 6	R8	**R8**	D & F → J	{H, K, B, D, A, E, F, C, J}	Oui

Exercice

On considère la base de règles suivante :

R1	$Z \rightarrow B$	R6	N AND P $\rightarrow$ Z
R2	$Z \rightarrow S$	R7	J AND B $\rightarrow$ D
R3	$S \rightarrow E$	R8	E AND D $\rightarrow$ F
R4	$N \rightarrow S$	R9	K AND F $\rightarrow$ H
R5	J AND K $\rightarrow$ Z	R10	P AND E $\rightarrow$ L

1. On considère la base des faits initiaux {J,P,N}.

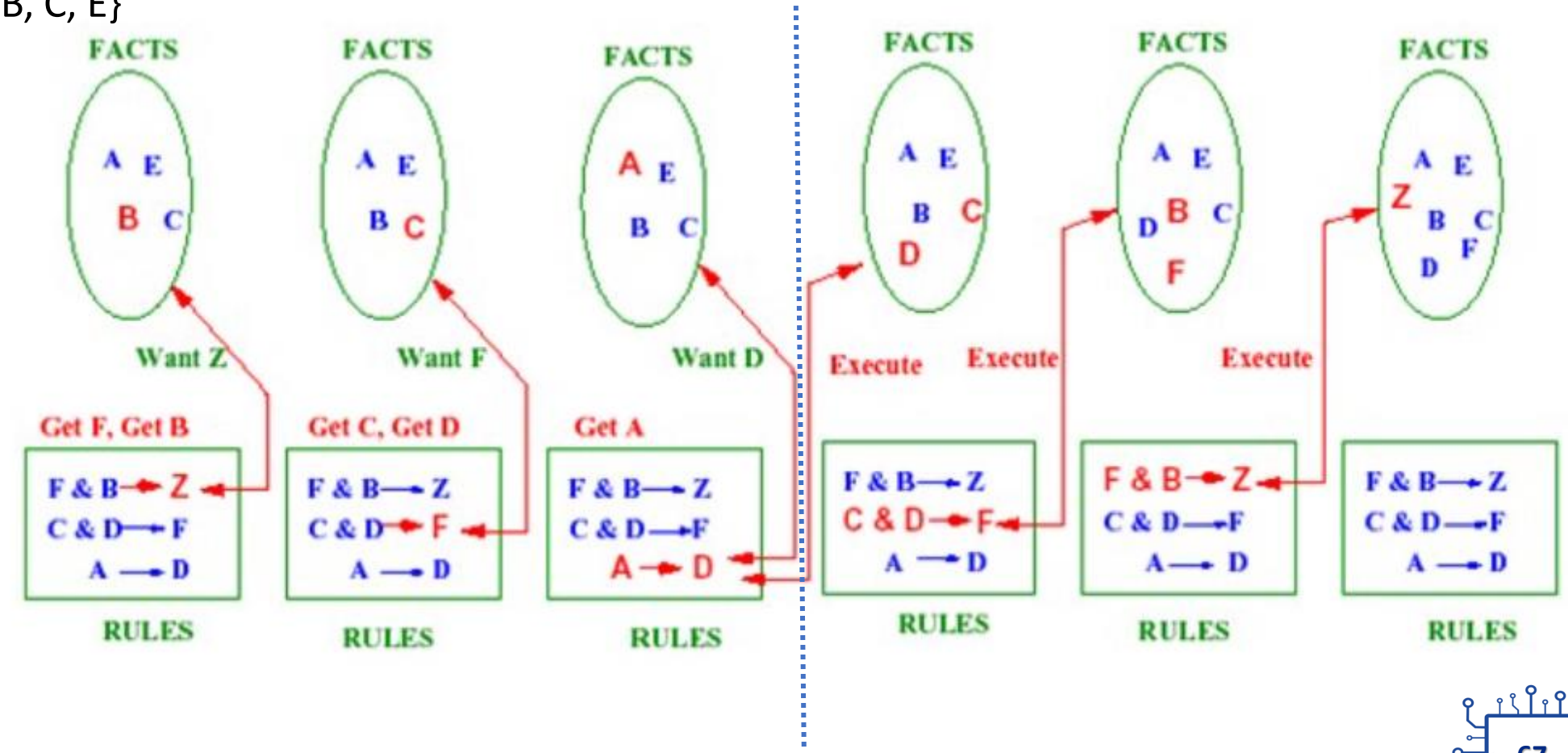
Indiquer les cycles successifs du moteur d'inférence opérant en chaînage avant jusqu'à saturation, considérer les stratégies de choix suivantes pour la résolution de confits :

a) Stratégie 1 : choix de la première règle dans l'ordre de la base de règle.
b) Stratégie 2 : priorité aux règles ayant le plus grand nombre de prémisses ; en cas d'égalité, priorité à celle concernant les faits les plus récents, et en dernier critère, l'ordre dans la base de règle.

Stratégies du MI : chaînage arrière (1/3)

Initialement :

- Base des faits : {A, B, C, E}
  : faits initiaux
- Base des règles :
  {
  R1 : F & B → Z
  R2 : C & D → F
  R3 : A→ D
  }
- But : Z



Stratégies du MI : chaînage arrière

Chainage arrière

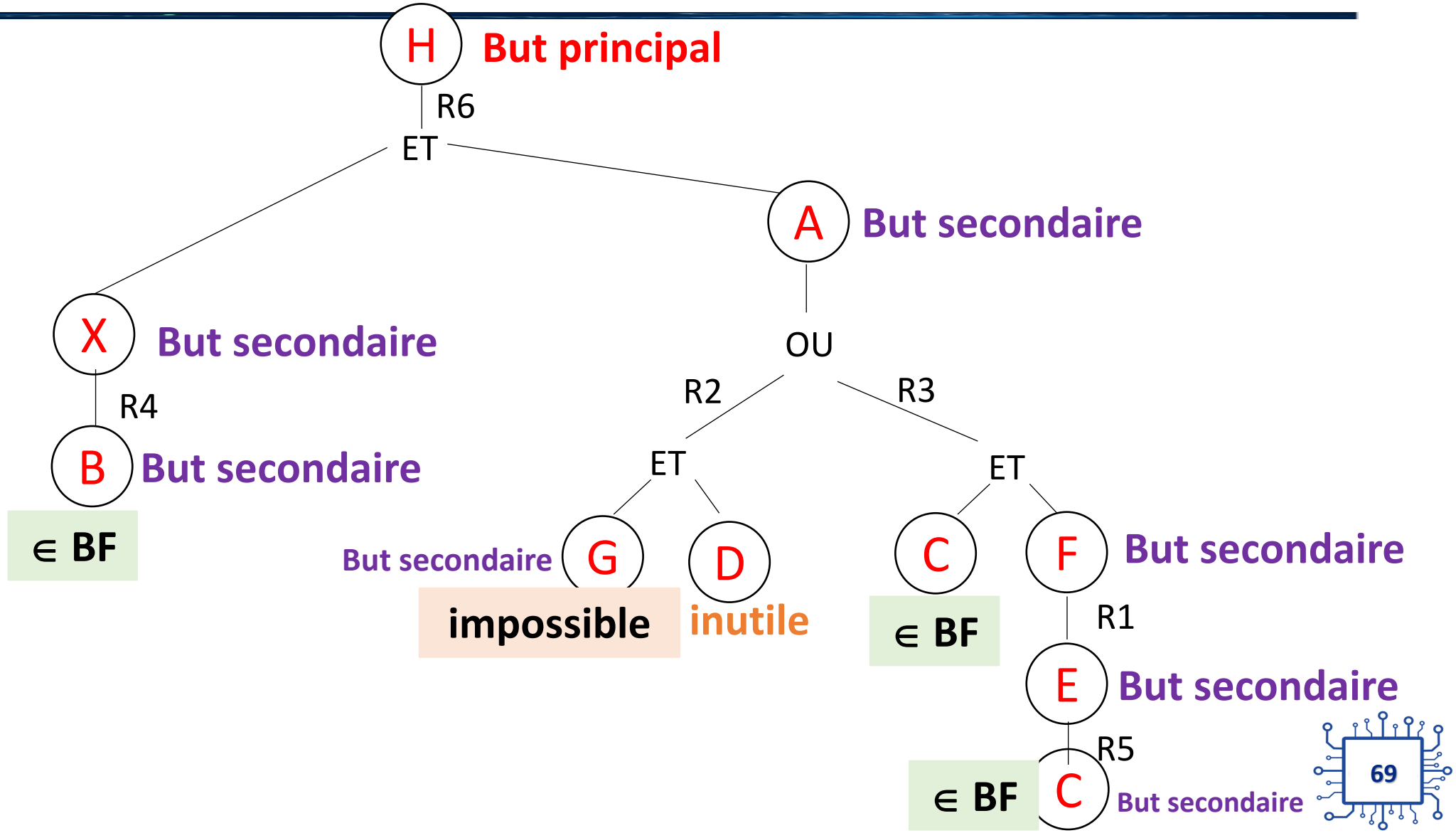
- Soit BF = {B, C} ;
- BR = {
  R1 : E→ F ;
  R2 : G∧ D→A ;
  R3 : C∧ F→ A;
  R4 : B→ X ;
  R5 : C→ E ;
  R6 : X∧ A→ H ;
  }

itération	But	Filtrage	sélection	exécution	Buts secondaires	Arrêt ?
1	H	R6	R6	X & A → H	{X, A}	Non
2	X	R4	R4	B → X	B ∈ BF pas de but	Non
3	A	R2,R3	**R2**	G & D → A	{G,D}	Non
4	G	-	**-**	-	impossible	non
5	D	?			inutile	
6	A		**R3**	C & F → A	C ∈ BF, donc but = F	non
7	F	R1	**R1**	E → F	E	Non
8	E	R5	**R5**	C→ E	C ∈ BF	OUI

Comment déduire le fait H ?

Pour le chainage arrière, raisonner par itération est difficile, on préfère une autre solution : arbre ET/OU

Stratégies du MI : chaînage arrière (3/3)



Exercice

On considère la base de règles suivante :

R1	$Z \rightarrow B$	R6	N AND P $\rightarrow$ Z
R2	$Z \rightarrow S$	R7	J AND B $\rightarrow$ D
R3	$S \rightarrow E$	R8	E AND D $\rightarrow$ F
R4	$N \rightarrow S$	R9	K AND F $\rightarrow$ H
R5	J AND K $\rightarrow$ Z	R10	P AND E $\rightarrow$ L

2. Soit la base initiale des faits {J,P,N} et le but L
   Tracer l'arbre ET/OU correspondante au fonctionnement en chaînage arrière du moteur d'inférence
3. Soit la base initiale des faits {J,P,N} et le but H

   Tracer l'arbre ET/OU correspondante au fonctionnement en chaînage arrière du moteur d'inférence. Est-ce que le but H sera atteint ?

Merci pour votre attention

Des questions ?

Partie 3 : Fondements de l'IA

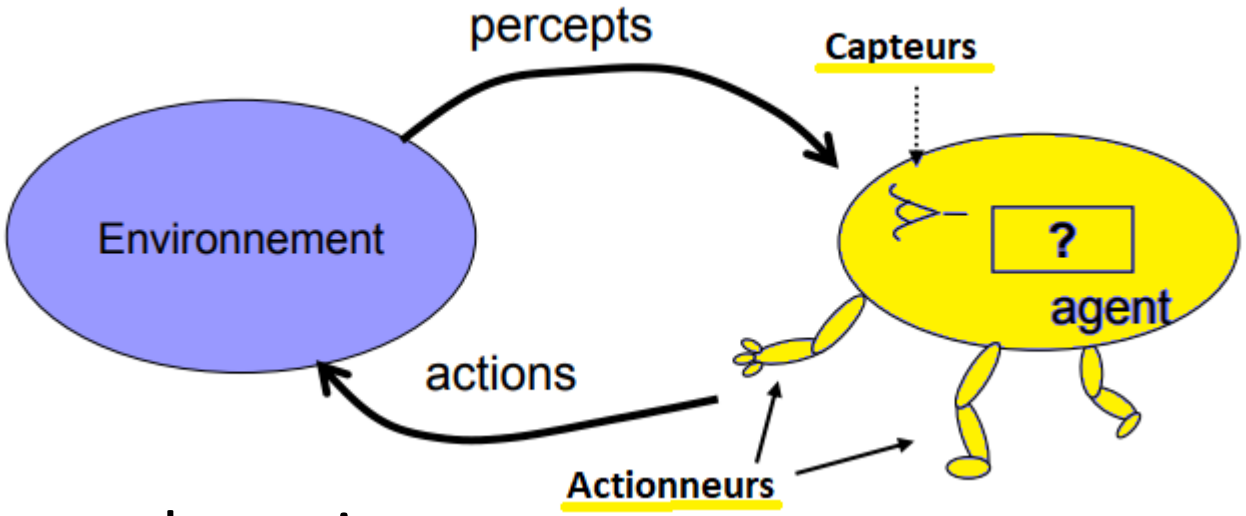
Les agents intelligents

Plan

- Agents et environnement
- Architecture PEAS
- Type d’environnements
- Type d’Agents

Agents et environnement

- Agent: Un agent est toute entité qui :
  - Perçoit son environnement à l'aide de ses capteurs
  - Agit sur son environnement à l'aide de ses actionneurs



- Pour un agent humain :
  - yeux, oreilles, … : capteurs
  - mains, bouche : actionneurs
- Pour un agent robot :
  - caméras, IR, … : capteurs
  - moteurs : actionneurs

Notions importantes

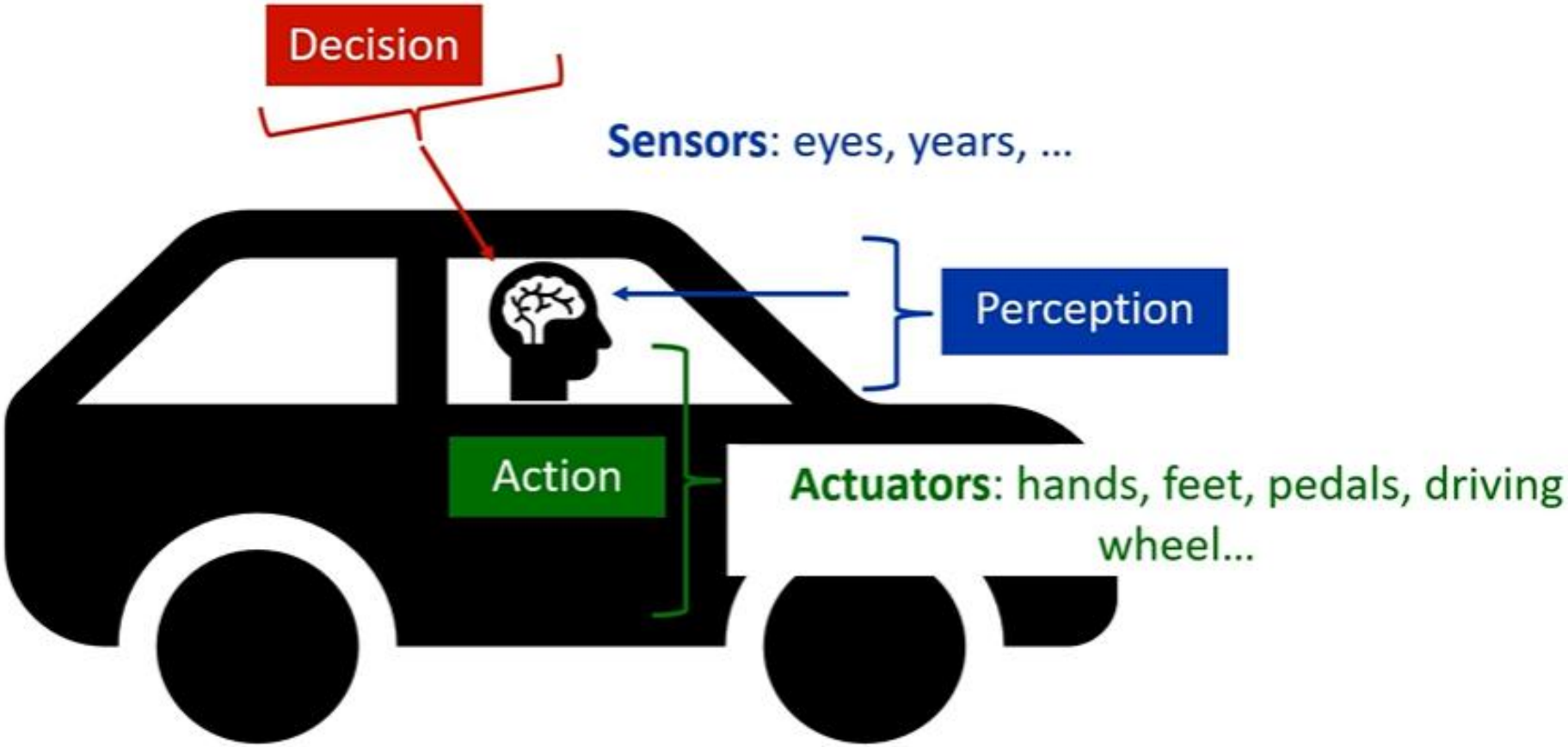
- Environnement : correspond à tout ce que l'agent ne peut pas contrôler

- Percepts : entités perçues par l'agent à un instant donné
- Séquence de perception : l'historique complet des percepts

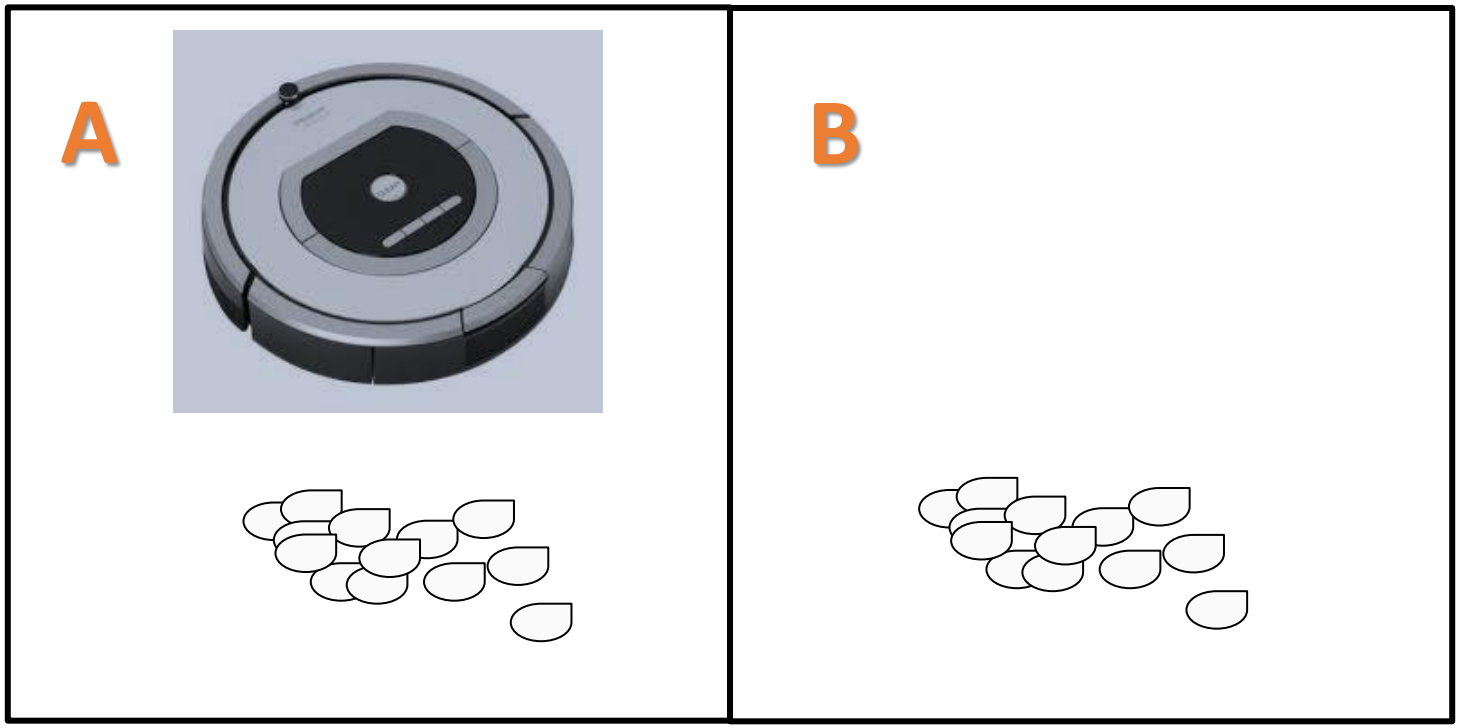
- Une fonction d'agent : fonction qui associe une action à chaque séquence de perception

- Un programme d'agent : implémentation concrète qui permet de relier la séquence de perception à son action

Exemple d’agents



Exemple simple : Agent Aspirateur



- Environnement : 2 chambres A et B
- Fonctionnement :
  - Si la case courante est sale → aspirer
  - Sinon : se déplace vers l'autre case

Exemple simple : Agent Aspirateur

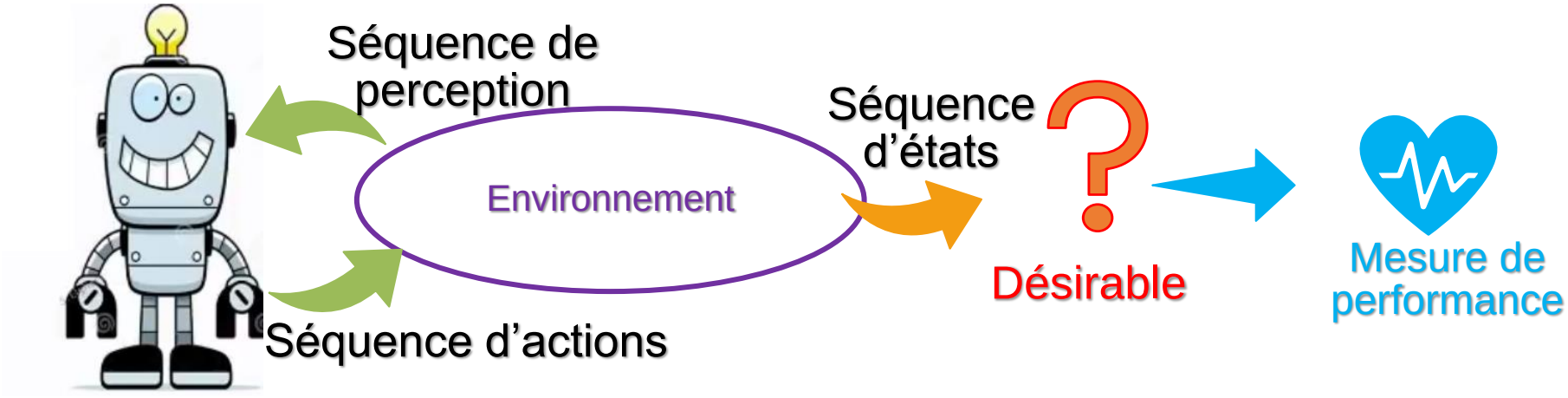
Percepts	Action
[A, Propre]	Droite
[A, Sale]	Aspire
[B, Propre]	Gauche
[B, Sale]	Aspire
[A, Propre] , [A, Propre]	Droite
[A, Propre] , [A, Sale]	Aspire
…	
[A, Propre] , [A, Propre] , [A, Propre]	Droite
[A, Propre] , [A, Propre] , [A, Sale]	Aspire
…	

Fonction de l'agent

Quelle est la bonne façon de remplir la table?
L'agent est-il bon ou mauvais, intelligent ou non?

Agent rationnel (1/2)

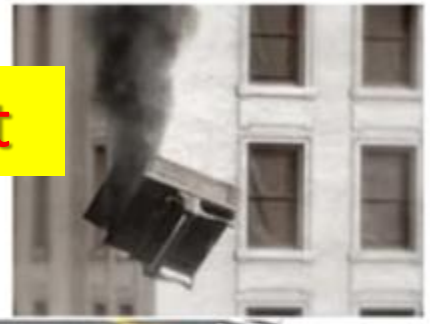
- Un agent rationnel exécute l'action adéquate
  → cette action adéquate assure le plus grand succès pour l'agent
- Comment savoir si l'action est adéquate ou non?
  - La séquence d'actions de l'agent provoque des changements au niveau des états de l'environnement
  - Selon cette séquence d'action on dit que l'agent est performant ou non
    → Pour réussir, l'agent doit avoir une mesure de performance



- Agent rationnel:
  - doit exécuter l'action qui maximise sa mesure de performance
  - la réussite est définie selon l'opinion de l'environnement pas l'agent

Définition de la rationalité

Rationnel ≠ parfait



- Rationalité ≠ sait tout !
- À un instant donné, ce qui est rationnel dépend de :
  - Des actions de l'agent
  - De la séquence de perception
  - De la mesure de performance
  - De l'environnement

- Définition de l'agent rationnel :

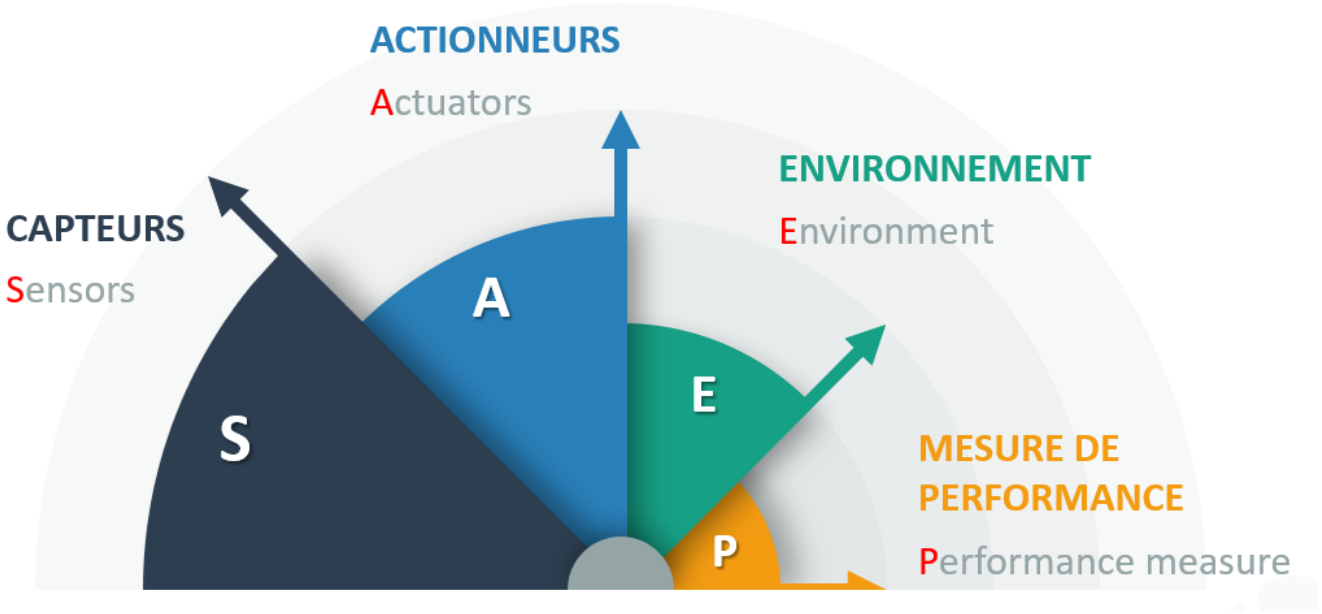
Pour chaque séquence de perception, l'agent rationnel doit choisir l'action qui maximise sa mesure de performance compte tenue des connaissances dont il dispose

Description PEAS

- La première étape lors de la conception d'un agent est de spécifier la meilleure description possible de sa tâche

→ **ceci est appelée description de la tâche** = environnement de la tâche

- Cette description comprend 4 éléments : PEAS



Description PEAS pour l'agent Taxi-driver

- Performance : sécurité, vitesse, légalité, confort, etc.
- Environnement : routes, autres autos, piétons, clients, etc.
- Actuators : volant, accélérateur, frein, clignotant, klaxon, etc.
- Sensors : caméras, sonar, odomètre, indicateur de vitesse, capteurs du moteur, etc..

Description PEAS pour l'agent aspirateur (roomba)

- Performance: Propreté, efficacité: distance parcourue pour nettoyer , durée de vie de la batterie, sécurité.

- Environment: chambre, table, tapis, différents obstacles.

- Actuators: roues, différents moteurs, extracteur de poussière

- Sensors: camera, détecteur de poussières, détecteurs infrarouge

Types de l'environnement (1/4)

01 Complètement observable
partiellement observable

02 Déterministe
stochastique

03 Épisodique
séquentielle

04 Statique
dynamique

05 Discret
vs continu

06 Mono agent
Multi agents

Types d'environnement (2/4)

- Complètement observable / partiellement observable:
  - si l'agent à l'accès (peut voir ou peut connaitre) tous les états de l'environnement alors l'environnement est complètement observable
  - il est partiellement observable dans le cas contraire
- Déterministe / stochastique:
  - si le prochain état de l'environnement est entièrement déterminé par l'état actuel et l'action prise par l'agent , l'environnement est déterministe, sinon il est stochastique
- Épisodique / séquentielle:
  - si l'action courante de l'agent influe sur les décisions futures alors l'environnement est séquentiel, sinon il est épisodique

Types d'environnement (3/4)

- Statique / dynamique:
  - si l'environnement change lorsque l'agent est en train de décider, il est dit dynamique, statique dans le cas contraire
- Discret / continu :
  - l'état de l'environnement change en fonction du temps, l'environnement est dit continu sinon il est discret
- Mono agent / multi-agents :
  - y a-t-il plus qu'un agent interagissant entre eux ?

Types d'environnement (4/4)

8-puzzle

Compétemment observable
Mono agent
Déterministe
Statique
Discrète
Séquentiel

Échec

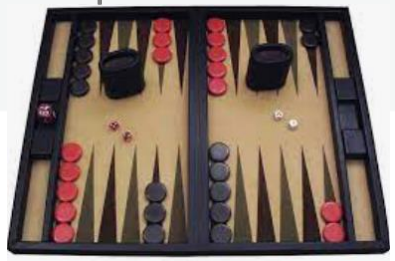
Compétemment observable
Multi agent
Déterministe
Statique
Discrète
Séquentiel

Poker

Partiellement observable
Multi agent
Stochastique
Statique
Discrète
Séquentiel

Backgammon

Compétemment observable
Multi agent
Stochastique
Statique
Discrète
Séquentiel



Roomba

Partiellement observable
Mono agent
Stochastique
Dynamique
Continu
Séquentiel

Exercice (1/2)

- Donnez la description PEAS et les propriétés de l'environnement pour un robot d'inspection sur Mars. Le robot doit trouver des échantillons intéressants, les analyser et transmettre ses analyses sur Terre.

Exercice (2/2)

- PEAS :
  - Mesure de performance : nombre d'échantillons différents analysés, qualité des échantillons, temps de déplacement minimal, surface parcourue, …
  - Environnement : Sable, roches, autres robots, vent, poussière : planète Mars.
  - Actionneurs : Moteurs, pince, outils pour l'inspection, émetteur radio, etc.
  - Capteurs : Cameras, récepteur radio, outils d'analyse d'échantillon, etc.

- Propriétés de l'environnement : Partiellement observable, stochastique, séquentiel, dynamique, continu et mono-agent

Structure d'agents (1/2)

- Agents simple reflex : agents simples
  - L'action est prise en fonction de la perception actuelle, en appliquant des règles de la forme Si perception Alors action
  - L'action est prise en ignorant le reste de l'historique de la perception.
  - Par exemple, dans un taxi automatisé, si le véhicule qui précède le taxi freine, alors le taxi doit également freiner.
- Agent basé modèle ou à mémoire interne :
  - Pour gérer l'observabilité partielle de l'environnement, l'agent doit disposer d'une mémoire interne qui garde une trace de la partie de l'environnement qui est actuellement inobservable. La mémoire interne gère l'historique des perceptions.
  - L'action est prise en fonction de la perception actuelle et de l'historique des perceptions, en appliquant les règles Si … Alors

Structure d'agents (2/2)

- Agents basé but :
  - Ce type d'agent sélectionne ses actions afin d'atteindre un objectif/but.

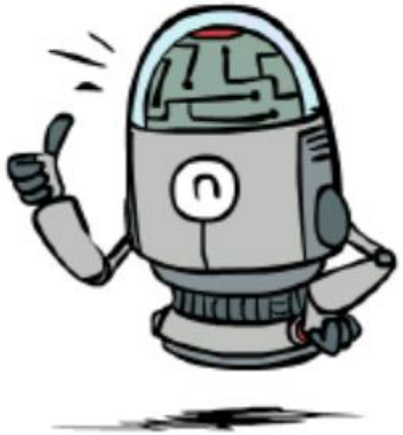
- Agents basé utilité :
  - Ce type d'agent sélectionne ses actions afin d'assurer une utilité.
    - Dans un agent basé but, l'objectif final du taxi automatisé est d'atteindre la destination, mais il ne sait pas s'il doit prendre des itinéraires longs ou courts, ce qui rend les agents basé but moins efficaces.
    - Si nous disons que l'agent est « satisfait » si l'objectif est atteint et « non satisfait » si l'objectif n'est pas atteint, alors l'utilité mesure à quel point l'agent est satisfait ou non.
  - Un agent basé utilité rationnel choisit les actions qui maximisent l'utilité attendue des résultats de l'action

- Agent apprenant : (learning agents)
  - la phase d'apprentissage améliore leurs performances et produit des actions meilleures

Exercice (1/2)

- Pour chacun des exemples d'agents suivants, dites quelle architecture d'agent est la plus appropriée (simple réflexe, réflexe avec mémoire interne, but et utilité) et pourquoi ?

  a) Un agent contrôlant une valve de pression d'une centrale nucléaire.
  b) Un agent devant sortir d'un labyrinthe.
  c) Un agent conduisant un automobile.
  d) Un agent qui achète et vend des actions sur Internet.
  e) Un agent qui nettoie la vaisselle et qui la range dans les armoires.



Exercice (2/2)

- Un agent contrôlant une valve de pression d'une centrale nucléaire :
  → Simple-réflexe : l'agent ne fait qu'obéir à des règles simples. Par exemple, si la pression dépasse une certaine valeur, ouvrir la valve.

- Un agent devant sortir d'un labyrinthe :
  → But : L'agent a le but de sortir du labyrinthe.

- Un agent conduisant un automobile
  → Utilité : Il y a plusieurs mesures de performances et de l'incertain.

- Un agent qui achète et vend des actions sur Internet :
  → Utilité : Il y a des décisions à prendre entre la sécurité et le rendement et il y de l'incertain.

- Un agent qui nettoie la vaisselle et qui la range dans les armoires :
  → Basé modèle : on tient compte que l'agent doit se souvenir si les armoires sont pleines.

Récapitulation

- Les agents interagissent avec leur environnement à travers des capteurs et des actionneurs
- La mesure de performance évalue l'environnement
- Un agent rationnel maximise la performance attendue
- La fonction de l'agent décrit ce que l'agent doit faire en toute circonstance
- La description PEAS permet de spécifier l'agent

Merci pour votre attention

Des questions ?