

Chapitre 1

Agents Intelligents

Définition de L'intelligence artificielle

- L'Intelligence Artificielle (IA) est la science dont le but est de faire faire par une machine des tâches que l'homme accomplit en utilisant son intelligence.
- Etude des activités intellectuelles de l'homme pour lesquelles aucune méthode n'est a priori connue.
- L'informatique est la science du traitement de l'Information, l'IA s'intéresse à tous les cas où ce traitement ne peut être ramené à une méthode simple, précise ou algorithmique.

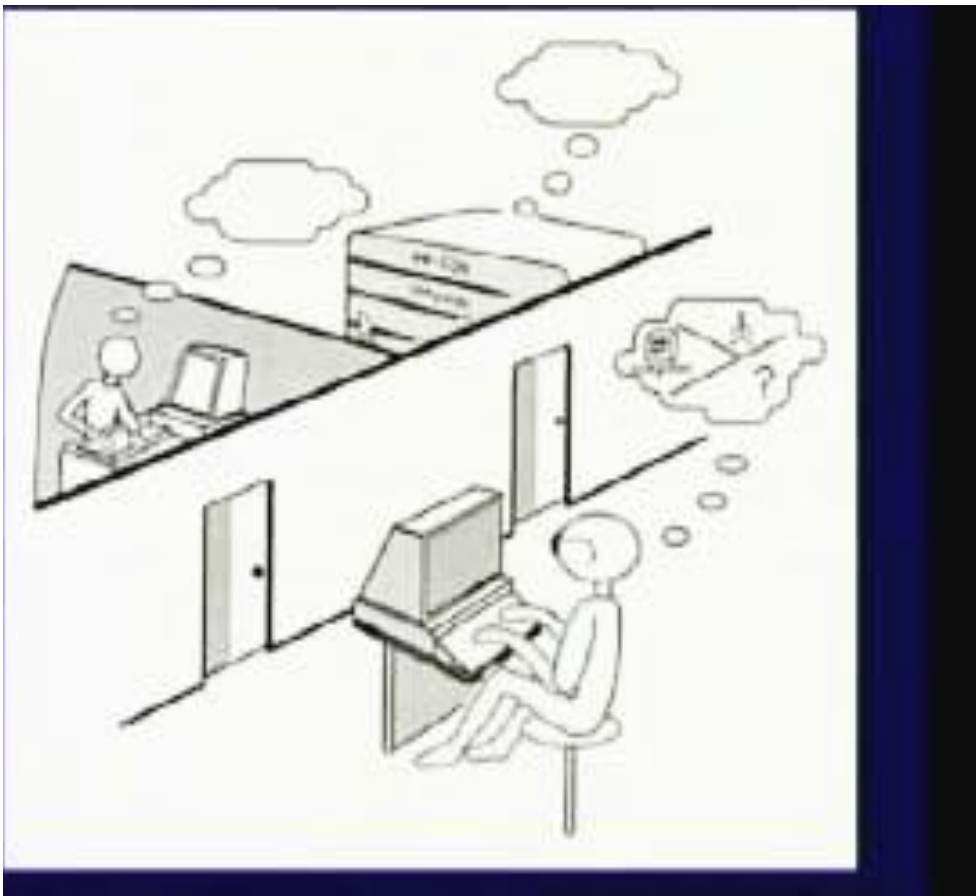
Qu'est-ce que l'intelligence ? Des réponses générales ont été données par des chercheurs :

- **Turing** : c'est ce qui rend difficile la distinction entre une tâche accomplie par un être humain ou par une machine.
- **Darwin**: c'est ce qui permet la survie de l'individu le plus apte.
- **Edison** : C'est ce qui fait que cela fonctionne.
- **Lorenz** : C'est collectif et cela émerge du comportement collaboratif.

Test de Turing

Le test de Turing est une proposition de test d'intelligence artificielle fondée sur la faculté d'une machine à imiter la conversation humaine. Décrit par Alan Turing en 1950 dans sa publication *Computing Machinery and Intelligence*

Si l'interrogateur ne peut distinguer d'une manière fiable entre l'être humain et la machine → Alors la machine possède une intelligence (artificielle)



Histoire de l'IA

- ***Naissance d'IA (1956)*** : C'est durant cette année qu'un petit groupe d'informaticiens intéressés par l'étude de l'intelligence se réunirent pour une conférence sur ce thème. Cette conférence a permis de poser les fondements de l'intelligence artificielle (nom qui fut choisi à l'issue de cette conférence par John McCarthy) ;
- ***Période active de l'IA (1952-1969)*** : Un grand nombre de programmes furent développés pour résoudre des problèmes d'une grande diversité. Les programmes **Logic Theorist** (par Newell et Simon) et **Geometry Theorem Prover** (Gelernter) furent en mesure de prouver certains théorèmes mathématiques. Le **General Problem Solver** de Newell et Simon réussissait quant à lui à résoudre des puzzles simples avec un raisonnement semblable au raisonnement humain. Samuel créa un programme jouant (à un niveau moyen) aux dames. Ce fut aussi l'époque du **Shakey**, le premier robot à être capable de raisonner sur ses propres actions.
- ***Premières Déceptions (1966-1973)*** : De grandes déceptions se produisirent lorsque les chercheurs en IA essayèrent d'appliquer leurs algorithmes aux problèmes de grande taille, et découvrirent alors qu'ils ne fonctionnaient pas, par manque de **mémoire** et de **puissance de calcul**. Ce qui provoqua l'arrêt du financement de la quasi-totalité des projets en IA de Grande Bretagne

Histoire de l'IA

- ***Systemes Experts (1969-1979)*** : Le premier système expert, appelé DENDRAL, fut créée en 1969 pour la tâche spécialisée consistant à déterminer la structure moléculaire d'une molécule étant donné sa formule. DENDRAL, comme tous les systèmes experts, est basée sur un grand nombre de règles heuristiques élaborées par des experts humains. Après le succès du DENDRAL, d'autres systèmes d'experts furent créés, notamment le système MYCIN, qui réalisait un diagnostic des infections sanguines. Avec 450 règles, MYCIN réussissait à diagnostiquer à un niveau proche des experts humains.
- ***L'IA dans l'Industrie (1980-présent)*** : Les Etats-Unis et le Japon financèrent de gros projets en IA, et la Grande Bretagne relança son programme de financement.
- ***L'IA Moderne (1987-présent)*** : L'intelligence artificielle est devenue au fil du temps une matière scientifique de plus en plus rigoureuse et formelle. La plupart des approches étudiées aujourd'hui sont basées sur des théories mathématiques ou des études expérimentales plutôt que sur l'intuition, et sont appliquées plus souvent aux problèmes issus du monde réel. Arrivée de méthodes probabilistes et vision agent.

Domaines de l'IA

- **Algorithmique**
- **Théorie de la complexité :**
 - complexité des problèmes
- **Imagerie Numérique:**
 - traitement de l'image
- **Logique :**
 - logique propositionnelle,
 - autre logique
- **Bases de données :**
 - apprentissage
- **Langage naturel :**
 - compréhension du langage naturel
 - analyses lexicales et syntaxiques
 - Sémantique
- **Robotique**
- ...

Quelques difficultés rencontrées en IA

1. Difficultés de modélisation

- les problèmes ne sont pas toujours parfaitement définis
- certaines notions sont difficiles à exprimer : possibilité, probabilité, préférence, . . .

2. Difficultés de résolution

- Difficultés de conception des algorithmes
- Espaces de recherche très vastes
- Problème de temps de réponse

3. Difficultés de généralisation

- Les méthodes sont souvent dédiées à un problème particulier
- Des problèmes très variés

Agent : définition

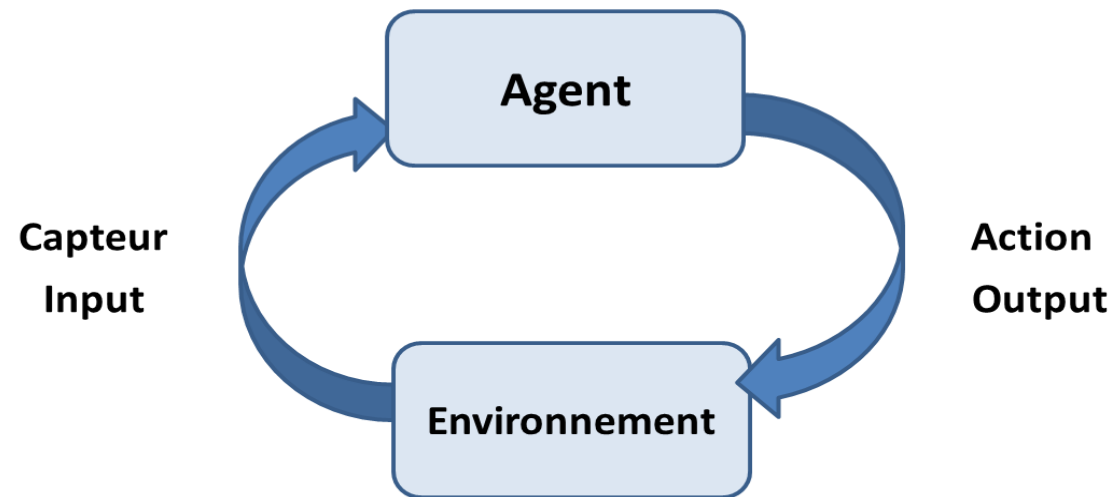
*On appelle agent une entité **physique** ou **virtuelle** qui possède tout ou une partie des fonctionnalités suivantes¹ :*

- est capable d'agir dans un environnement,
- peut communiquer directement avec d'autres agents,
- est mue par un ensemble de tendances,
- possède des ressources propres,
- est capable de percevoir son environnement,
- dispose d'une représentation partielle de son environnement,
- possède des compétences et offre des services,
- son comportement tend à satisfaire ses objectifs en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'il reçoit.

Agent : définitions

- **[Ferber 91]** : Entité physique ou virtuelle mue par un ensemble de tendances (objectifs individuels, fonction de satisfaction ou de survie à optimiser), qui possède des ressources propres, ne dispose que d'une représentation partielle (éventuellement aucune) de son environnement, son comportement tendant à satisfaire ses objectifs, en tenant compte de ses ressources et de ses compétences, et en fonction de sa perception, ses représentations et ses communications.
- **[Wooldridge 97]** : Un agent est un système informatique situé dans un environnement, capable d'actions flexibles et autonomes dans cet environnement, pour atteindre le but pour lequel il a été conçu.
- **[P. Maes, 95]** : Un agent autonome est un système calculatoire qui, placé dans un environnement complexe et dynamique, perçoit et agit de manière autonome dans cet environnement et, ce faisant, réalise les objectifs ou des tâches pour lesquels il est conçu.
- **[IBMWhite paper, 95]** : Un agent intelligent est une entité logicielle qui réalise des opérations pour le compte d'un usager (ou d'un autre programme) avec un certain degré de liberté et d'autonomie et qui, pour ce faire, exploite des connaissances ou des représentations des désirs et des objectifs de l'usager.

Cycle de vie d'un agent



L'interaction est généralement en cours, sans terminaison .

Par exemple, un simple système, comme le [thermostat](#) est considéré comme étant un agent intelligent¹.

Très froid → Chauffage allumé

Temperature normale → Chauffage éteint

En général, le choix de l'action d'un agent à un instant donné peut dépendre de l'ensemble des séquences observées jusqu'à cet instant (historique des perceptions).

Le comportement d'un agent est décrit par la fonction d'agent qui projette toute séquence de perception donnée à une action.

Propriétés d'un agent

- **Autonome**

Son comportement est fonction de ses perceptions qui agissent sur son état, et de sa représentation de l'environnement dans lequel il évolue. Aucun super contrôleur ne peut le piloter de l'extérieur.

- **Proactif**

Il peut prendre des initiatives afin de satisfaire ses buts. Pour se faire, il n'est pas soumis à l'invocation d'une autre entité pour agir mais peut agir sur sa propre initiative.

- **Flexible**

Il adapte son comportement à sa perception de son environnement et peut participer à des organisations (groupe) afin de mieux satisfaire son but.

- **Social**

Il a la capacité d'interagir pour atteindre ses buts ou pour aider d'autres agents dans leurs activités

- **Situé**

Capacité de percevoir l'environnement à travers des métriques spatio-temporels dans lequel il peut agir de façon limitée.

Exemples d'agents

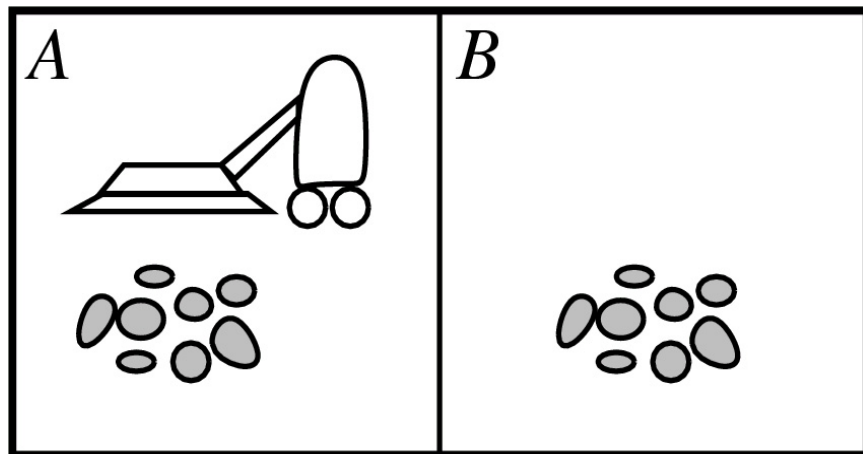
- Une imprimante peut être vue comme *un agent mécanique* qui réagit à des commandes et produit des actions en retour.
- Les plantes, les animaux, les humains sont des *agents biologiques* ayant plus d'autonomie, qui absorbent des nutriments, qui respirent, qui se transforment et qui transforment leur environnement.
- Les *agents logiciels* sont des programmes autonomes, mis en route sur une machine, qui perçoivent certains éléments de leur environnement par les flots d'entrée (clavier, souris, capteurs) et agissent par leur flot de sortie (affichages sur l'écran, commande de machine physique, contrôle de processus).

Exemple d'Agent Aspirateur : Description

Le monde particulier de l'agent aspirateur est simple. Il est décrit par deux emplacements définis par les cases A et B. L'agent a la capacité de percevoir sa position et la présence/absence des ordures dans A et B (états des lieux).

S'il y a des ordures dans une case donnée, il peut choisir de se déplacer à gauche, de se déplacer à droite, d'aspirer ordures ou de ne rien faire.

Une fonction d'agent très simple est la suivante: si la case courante est sale, alors aspirer sinon passer à la case suivante.



Séquences perçues

- [A, Propre]
- [A, Sale]
- [B, Propre]
- [B, Sale]
- [A, Propre] , [A, Propre]
- [A, Propre] , [A, Sale]
- ...

Actions

- Droite
- Aspirer
- Gauche
- Aspirer
- Droite
- Aspirer

Exemple d' Agent aspirateur: Programme de l'agent

L'ensemble des perceptions est défini par $P = \{\text{ordures}, X, Y, \theta\}$, θ représente 4 directions,
L'ensemble des actions est $A = \{\text{tourner-droite}, \text{aller-avant}, \text{aspirer}\}$

- Départ: (1, 1, Nord)
- But: Recherche et Nettoyage

Utilisons les prédicats pour résoudre ce problème:

$pos(x,y)$: l'agent est à la position (x, y);

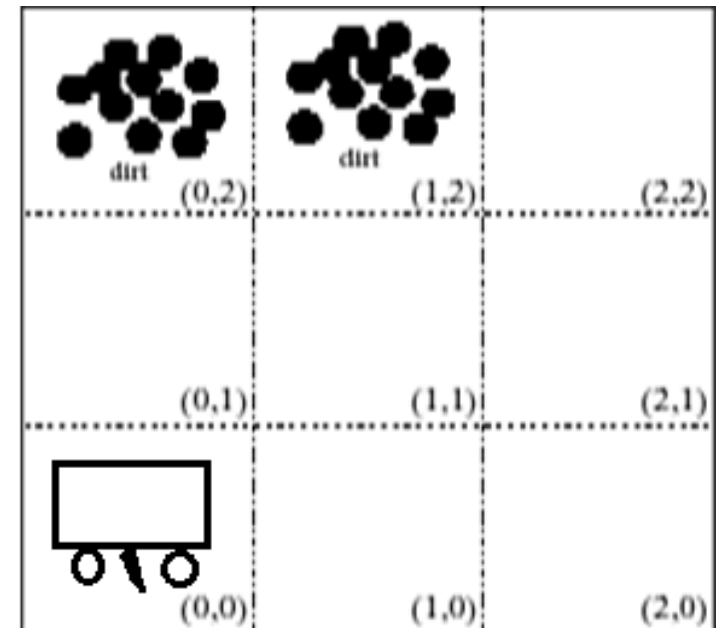
$ord(x,y)$: Présence d'ordures à la position (x, y);

$face(d)$: l'agent est face à la direction d.

Soit l'ensemble de règles suivant:

1. $pos(x,y) \wedge ord(x,y) \rightarrow do(\text{aspirer})$
2. $pos(0,0) \wedge Face(\text{nord}) \wedge \neg ord(0,0) \rightarrow do(\text{aller-avant})$
3. $pos(0,1) \wedge Face(\text{nord}) \wedge \neg ord(0,1) \rightarrow do(\text{aller-avant})$
4. $pos(0,2) \wedge Face(\text{nord}) \wedge \neg ord(0,2) \rightarrow do(\text{tourner})$
5. $pos(0,2) \wedge Face(\text{est}) \rightarrow Do(\text{aller-avant})$

.....



Modèle conceptuel d'un agent: PEAS

Le modèle PEAS est élaboré par la description de quatre paramètres:

- P**: La mesure de performance,
- E**: L'état de l'environnement,
- A**: L'ensemble des actions à prendre grâce aux effecteurs (Actuators),
- S**: L'ensemble des perceptions obtenues par les capteurs (Sensors).

On parle **d'agent rationnel** celui qui agit de manière à obtenir le meilleur résultat. Pour chaque séquence de perception possible, un agent rationnel doit sélectionner une action qui est censée **maximiser sa mesure de performance**, compte tenu de la séquence des données perçues et des connaissances intégrées dont l'agent dispose.

Un **agent rationnel** non seulement recueille des informations, mais aussi il doit apprendre autant que possible de ce qu'il perçoit. La configuration initiale de l'agent pourrait refléter une certaine connaissance préalable de l'environnement, mais à mesure que l'agent acquiert de l'expérience, son comportement est modifié et sa performance est augmentée.

Le comportement d'un agent dépend de la nature de l'environnement; certains environnements sont plus difficiles que d'autres. Ainsi, les propriétés d'un environnement influencent la conception d'agents adaptés à cet environnement.

Propriétés de l'environnement

- **Accessible vs Inaccessible**

- Un environnement accessible est celui dans lequel l'agent peut obtenir des informations complètes, exactes et à jour sur l'état de l'environnement. Est-ce que les capteurs de l'agent lui donne accès à l'état complet de l'environnement à tout moment ?
- Les environnements complexes (internet) sont inaccessibles.

- **Déterministe vs Non-Déterministe**

- Un environnement déterministe est celui où toute action garantit un seul effet (aucune incertitude quant à l'état résultant d'une action) ,
- Un environnement non-déterministe est celui où il y a possibilité d'échec de l'action. contrôle partiel de l'environnement.

- **Statique vs. Dynamique**

- Sans l'intervention de l'agent , l'environnement ne peut pas changer d'état, on parle d'environnement statique.
- L'environnement est dit dynamique si son état peut se modifier sans l'action de l'agent (entre deux perceptions). La conduite de taxi est dynamique, crossword puzzle est statique.

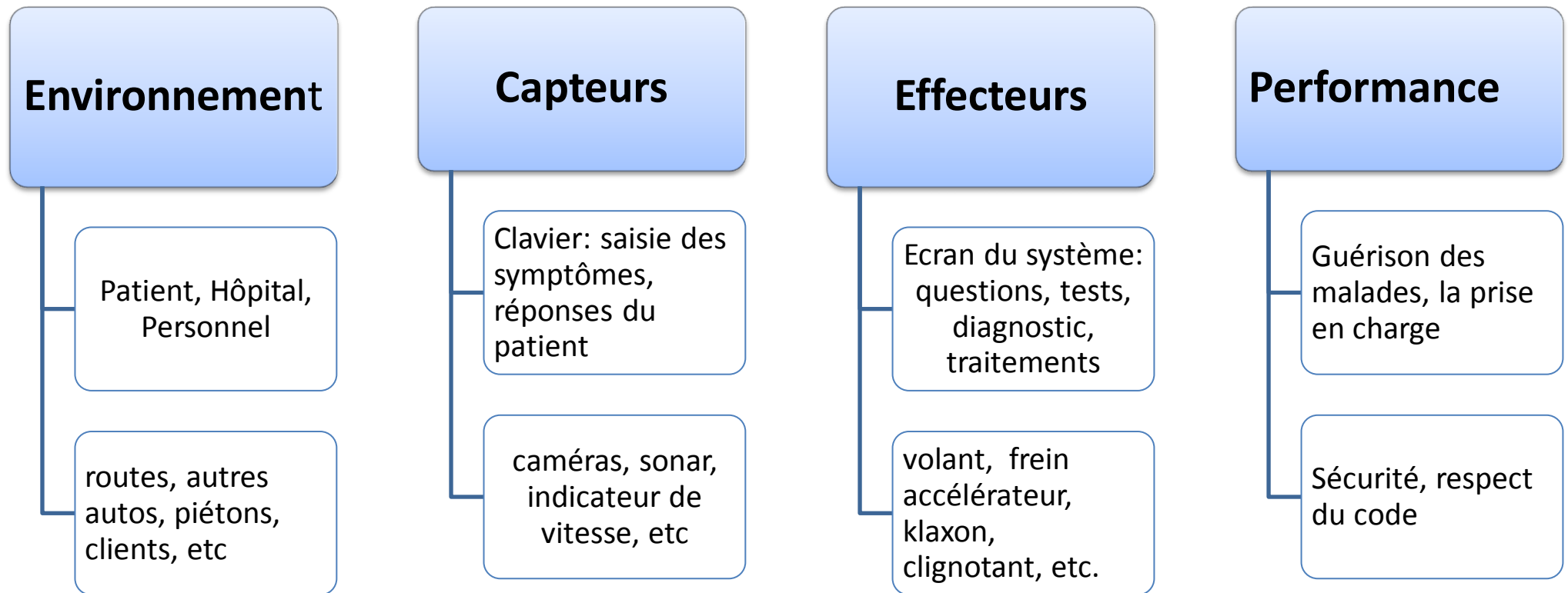
- **Discret vs Continue**

- Un environnement est discret s'il y a un nombre fini d'actions possibles. L'échiquier d'un jeu de dame est l'exemple d'un environnement discret. Par contre un chauffeur de taxi évolue dans un environnement continu (vitesse et position changent avec le temps)

- **Agent simple ou multi agent**

- Par exemple, un agent résolvant un puzzle seul est clairement dans un environnement à agent unique, alors qu'un agent jouant aux échecs est dans un environnement à deux agents.

Exemples d'agents : Système de diagnostic médical et Conducteur de taxi



Types d'agents

L'objectif de l'intelligence artificielle est de concevoir un programme d'agent qui implémente la fonction d'agent (la projection des perceptions aux actions). Un tel programme doit fonctionner sur machine dotée de capteurs et d'actionneurs physiques. Cette machine est l'architecture sur laquelle se base la conception de l'agent d'où:

Agent = Architecture + Programme

Fonction **Agent** (*percept*)

Entrée : *tactions* % table de actions indexée par la séquence des perceptions

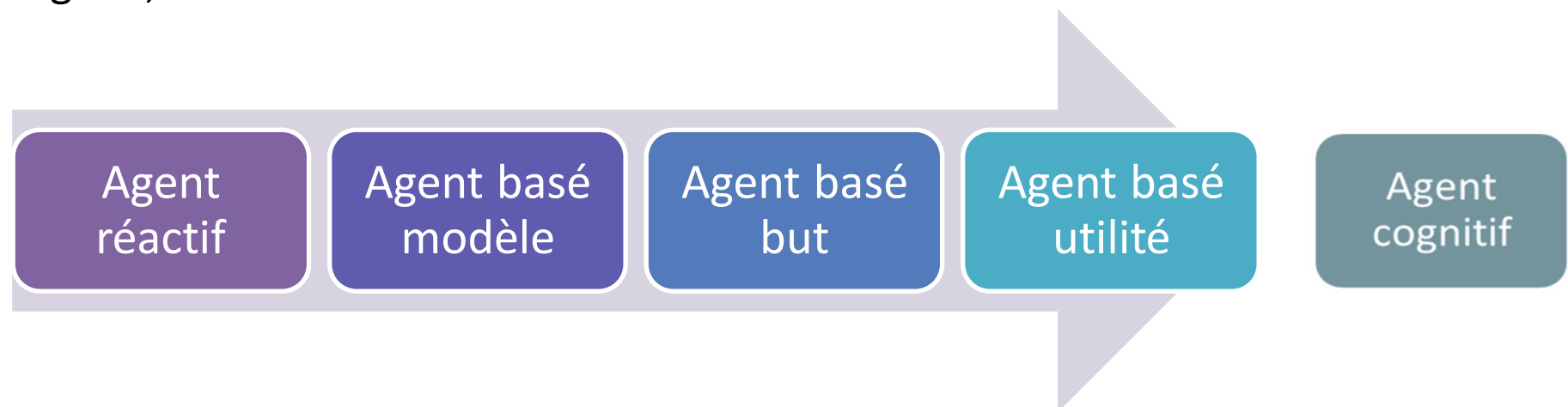
seq ← *seq + percept* % initialement la séquence est vide

action ← Recherche(*seq*, *tactions*)

retourner *action*

Le programme élaboré pour chaque type d'agent doit s'adapter à son architecture.

On distingue 4 catégories d'agents qui évoluent, en passant par l'agent réactif jusqu'à l'agent cognitif, de la manière suivante:

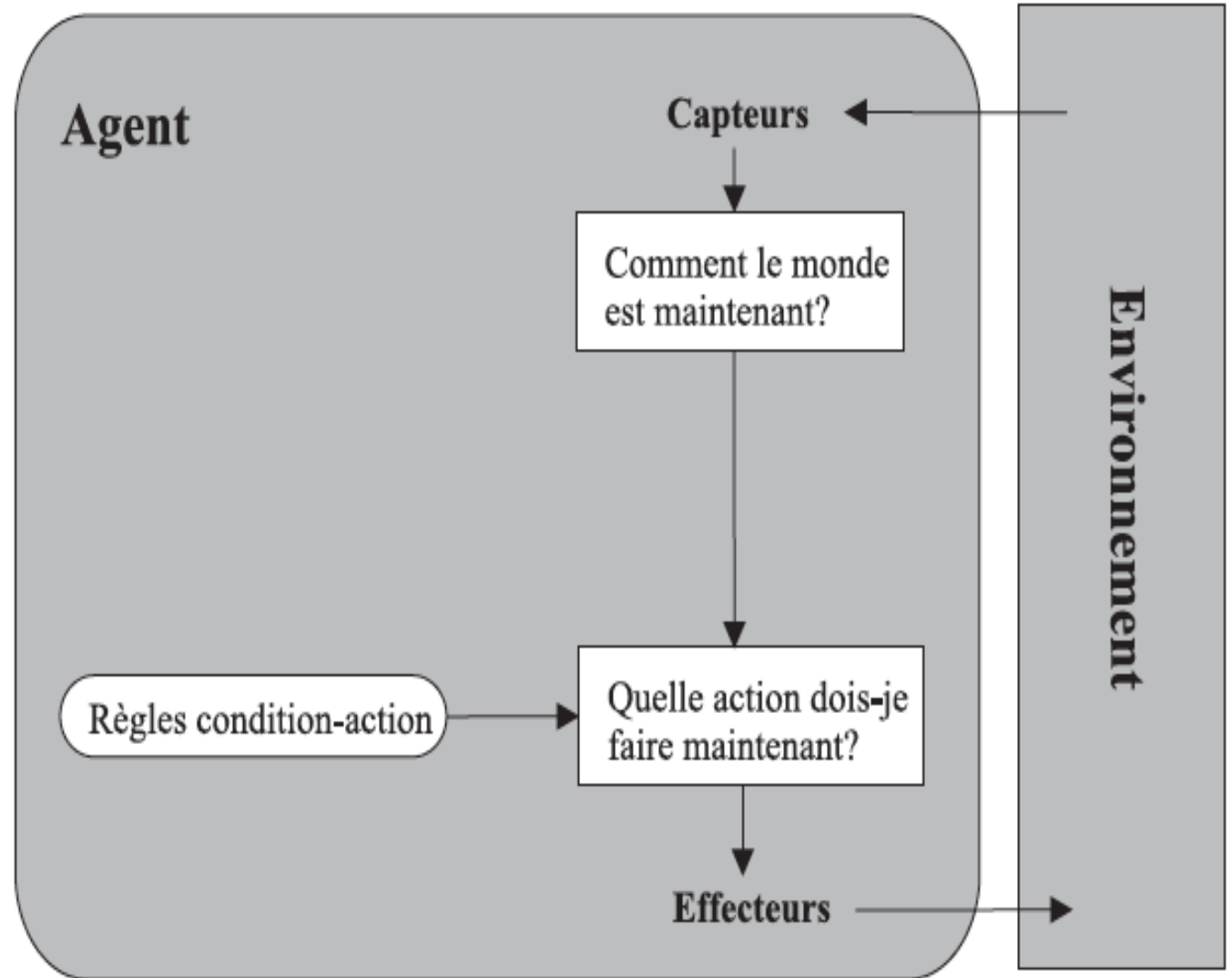


Agent simple reflexe

Les agents réactifs agissent uniquement sur la base de leur perception actuelle, ignorant le reste (pas d'historique, ni de mémoire)

La fonction de l'agent basée sur condition/action) réussit seulement si l'environnement est complètement observable.

Les boucles infinies sont souvent inévitables pour les agents fonctionnant dans des environnements partiellement observables.



Ce type d'agent choisit ses actions en se basant uniquement sur le percept courant et en ignorant les percepts précédents.

Dans le cas de la conduite d'un taxi, si une voiture se trouvant à l'avant freine et que les feux de freinage s'allument, alors le conducteur du taxi devra déclencher le freinage.

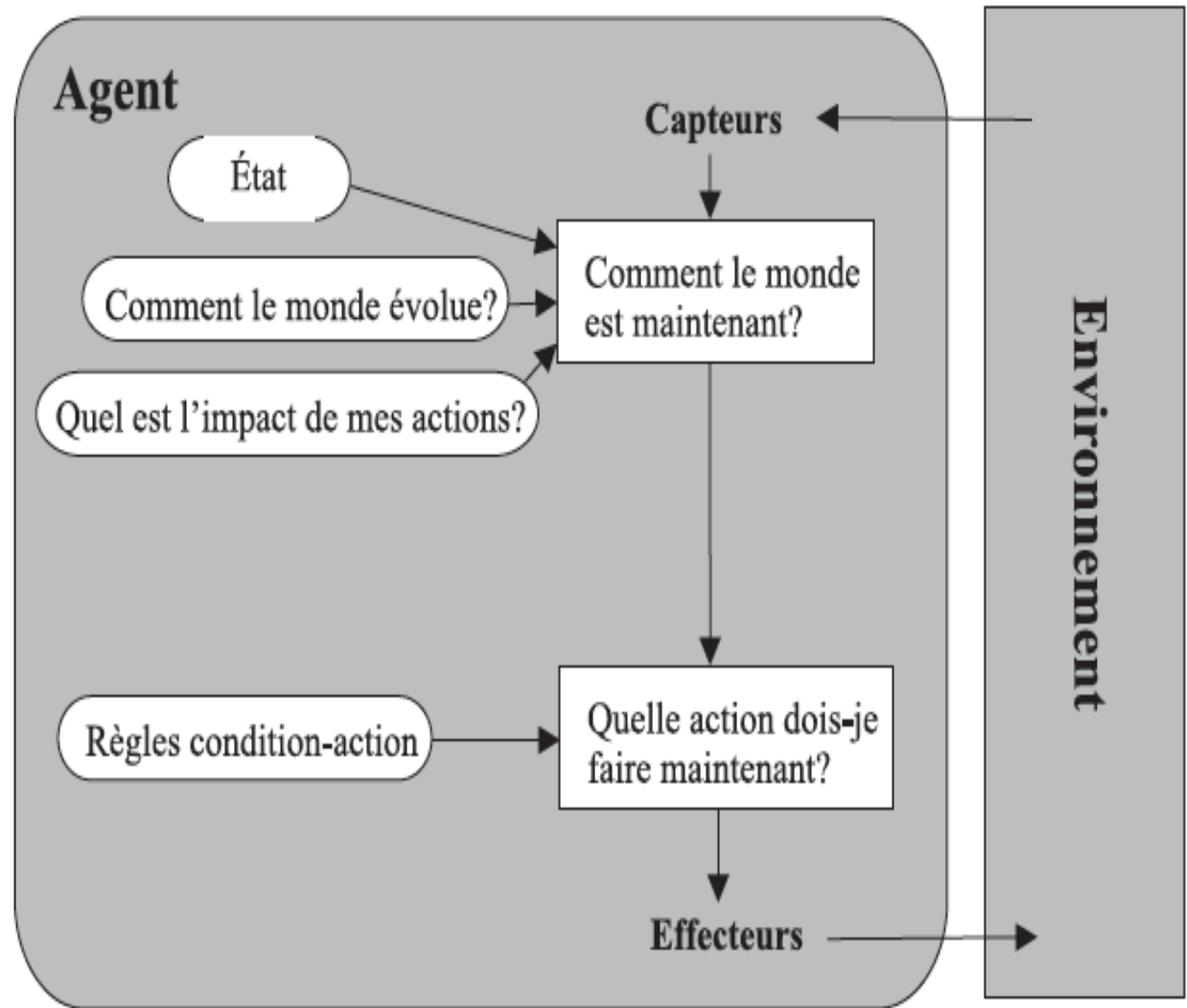
Agent basé modèle

Mieux adapté à un monde partiellement observable, Son état actuel est stocké dans l'agent afin de maintenir une sorte de structure qui décrit la partie du monde qui ne peut pas être vu .

Cette connaissance sur "comment le monde fonctionne » est appelé un modèle du monde .

Ce type d'agent devrait maintenir une sorte de modèle interne qui dépend de l'historique des perceptions et reflète ainsi quelque aspects inobservés de l'état actuel .

Il choisit alors une action de la même manière que l'agent réflexe simple.



Agent basé buts

- États buts ≡ situations désirables

But : Etat \rightarrow { 0, 1 }

- Choisir l'action qui se rapproche le plus du but,

Exemple : Agent nettoyeur

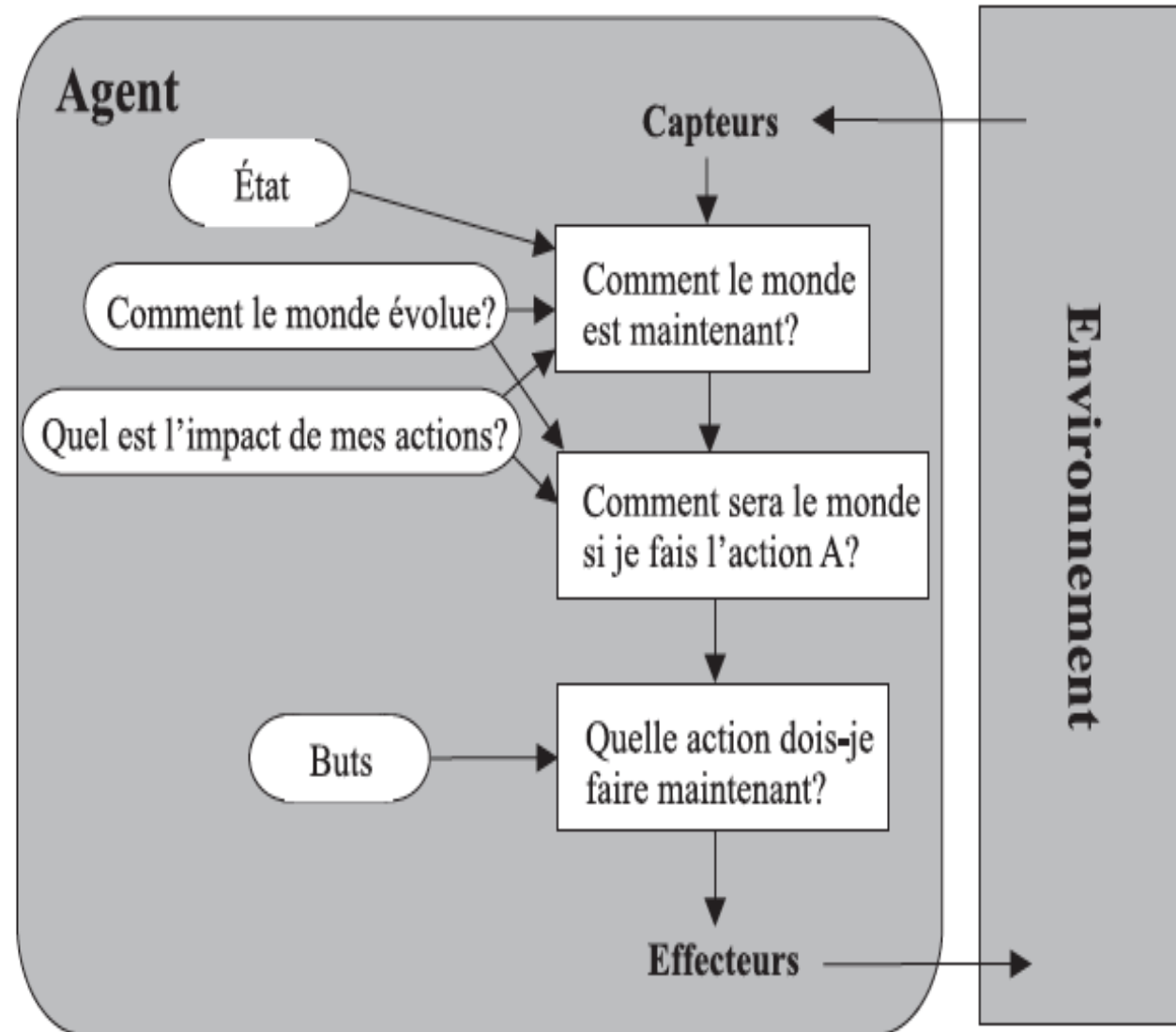
[**but1 = se recharger**]

« J'ai besoin de me recharger bientôt donc je me rapproche d'une zone avec prises »

[**but2 = ne pas tomber en panne**]

« Et en plus j'y vais lentement pour économiser mes batteries (s'ils elles sont très faibles) »

Parfois, les buts sont en conflits.



Agent basé utilité

L'utilité est une fonction qui permet de mesurer la «désirabilité» d'un état, la satisfaction de l'agent:

Utilité: Etat \rightarrow valeur

Si plusieurs actions sont possibles, je choisis celle qui a la plus grande Utilité.

La fonction utilité est mieux adaptée que la fonction but dans deux situations :

- L'agent a des buts contradictoires
- L'agent agit dans un environnement non déterministe, il n'est pas toujours certain de pouvoir atteindre ses buts

- **Si** Utilité (ne pas tomber en panne) > Utilité (se recharger) **Alors**
Ma batterie est proche de zéro, je m'arrête et j'envoie un signal d'alarme

