MODELISATION INFORMATIQUE DU CERVEAU HUMAIN

LE JEUNE Michaël - MARTIN Jonathan - RODRIGUEZ Laurent

23 mai 2006

Introduction

Exemple de la balle lancée

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
- Calcul du lieu de réception

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
- Calcul du lieu de réception
- Réception de l'objet

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
  - Localisation de l'objet dans l'environnement
- Calcul du lieu de réception
- Réception de l'objet

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
  - Localisation de l'objet dans l'environnement
  - Identification de l'objet
- Calcul du lieu de réception
- Réception de l'objet

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
  - Localisation de l'objet dans l'environnement
  - Identification de l'objet
- Calcul du lieu de réception
  - Calcul trajectoire/vitesse de l'objet
- Réception de l'objet

Exemple de la balle lancée

- Perception de l'objet dans l'environnement
  - Localisation de l'objet dans l'environnement
  - Identification de l'objet
- Calcul du lieu de réception
  - Calcul trajectoire/vitesse de l'objet
- Réception de l'objet
  - Préhension

Les étapes

Les étapes

- Stimuli

Les étapes

- Stimuli
- Mécanismes internes

Les étapes

- Stimuli
- Mécanismes internes
- Réactions

Stimuli

Les sens

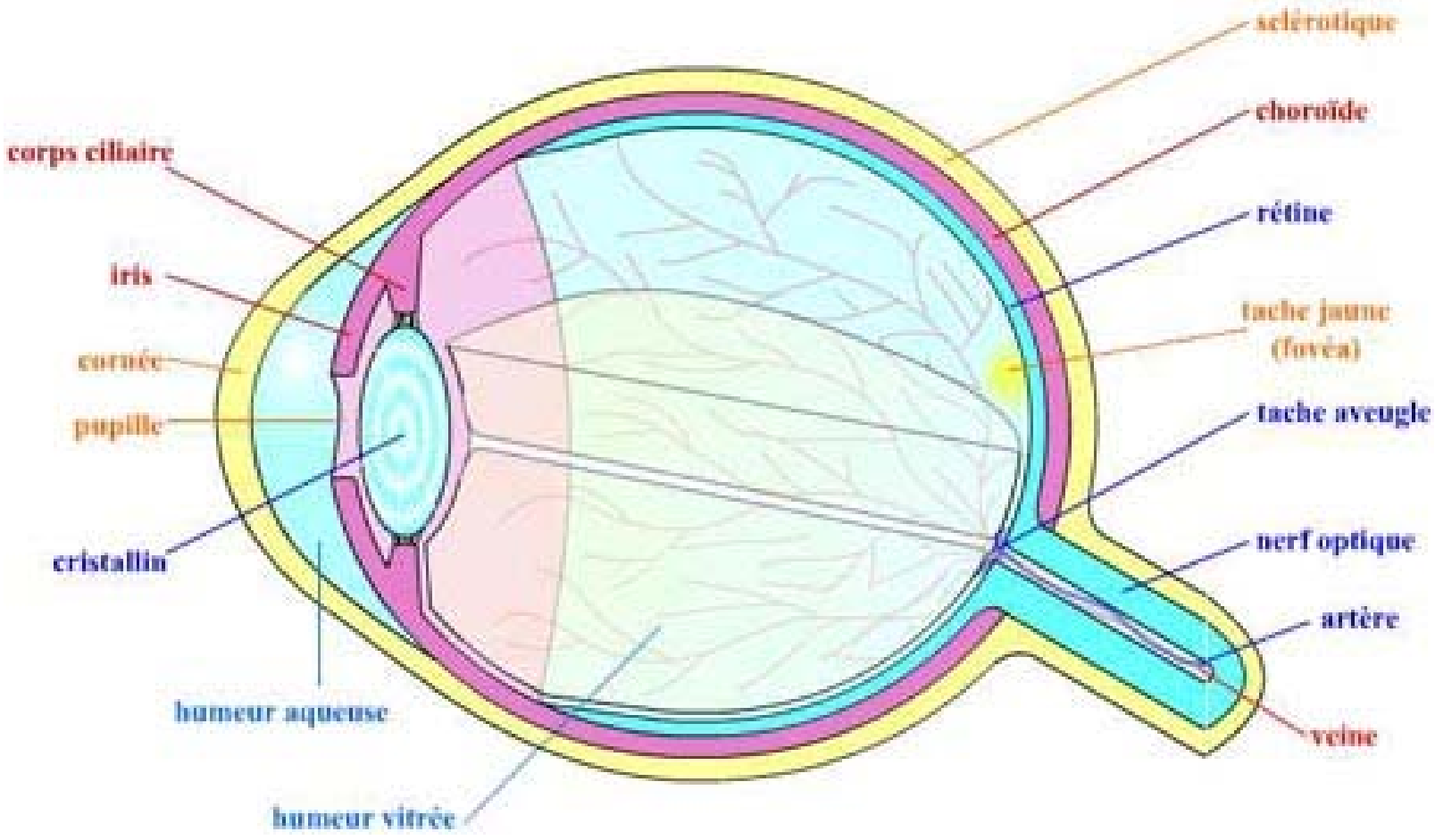
Les capteurs du vivant

Une multitude de capteurs :

- visuels
- auditifs
- tactiles
- ...

Les capteurs du vivant

Capteur visuel, l'oeil :



Les capteurs du vivant

Fonctionnement :

- Information lumineuse captée par les cônes et les bâtonnets
- Transformation par les glanglions rétiniens
- Neurone sensoriel (nerf optique)
- Tractus optique
- Lobe occipital (cortex visuel)

Les capteurs du vivant

Capteur auditif, l'oreille :

Les capteurs du vivant

Fonctionnement :

- Information sonore captée par la clochlée
- Neurone sensoriel (nerf auditif)
- Lobe temporal

Quelques capteurs créés par l'homme

Capteurs visuels :

- Caméra

Quelques capteurs créés par l'homme

Capteurs visuels :

- Caméra
- Plaque photovoltaïque

Quelques capteurs créés par l'homme

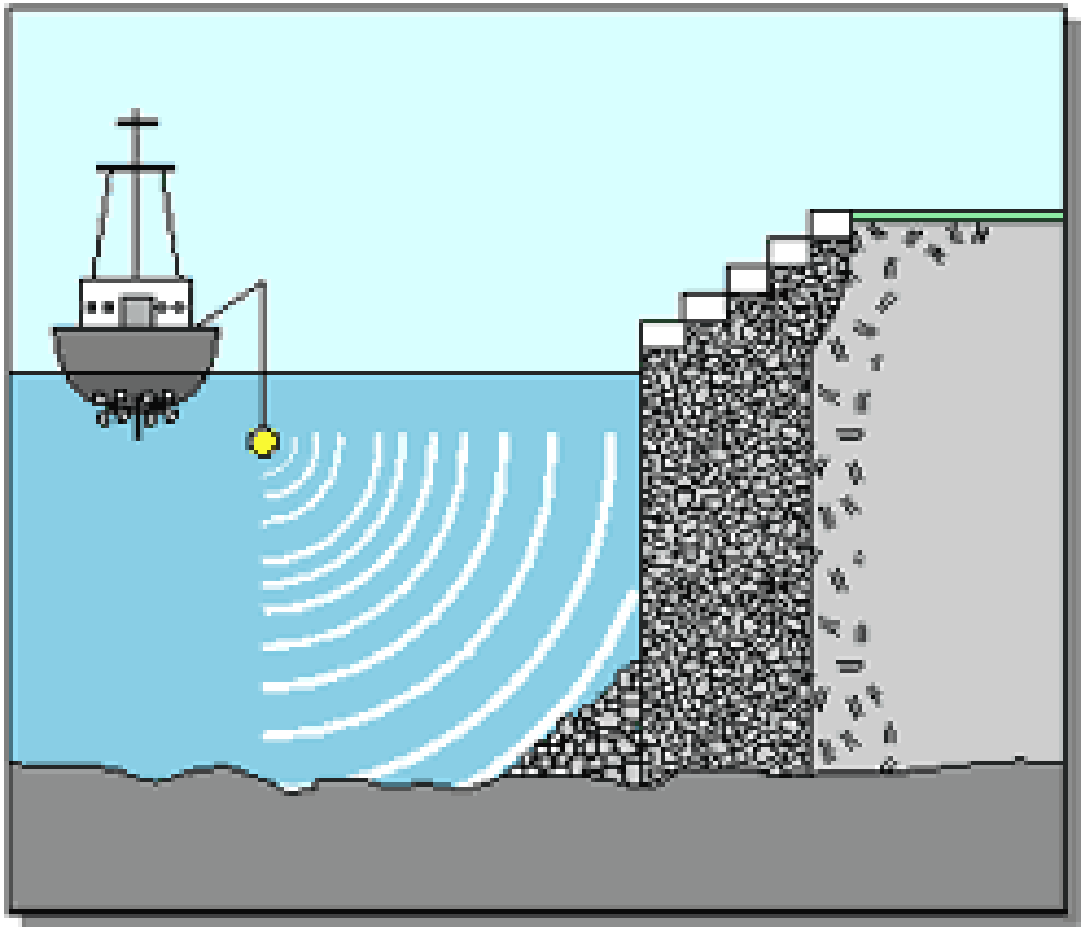
Capteurs auditifs :

- Microphone

Quelques capteurs créés par l'homme

Capteurs auditifs :

- Microphone
- Sonar



Quelques capteurs créés par l'homme

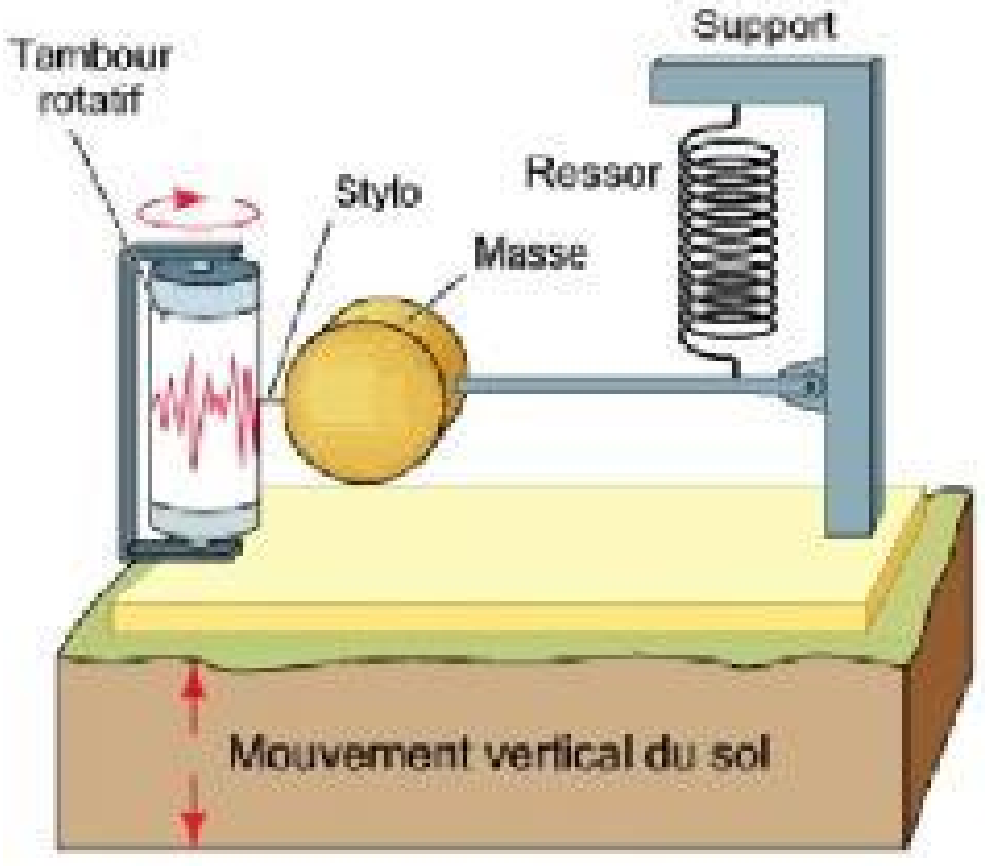
Capteurs tactiles :

- Touch-Pad

Quelques capteurs créés par l'homme

Capteurs tactiles :

- Touch-Pad
- Sismographe



Quelques capteurs créés par l'homme

Capteur multisens :

- Radar irakien

Mécanismes internes

Les différents points de vue sur le fonctionnement du cerveau

Etude du cerveau

Basée sur la méthode expérimentale

- prise en compte et modifications de paramètres
- observations
- conclusions

Etude du cerveau

Bonne connaissance biologique du cerveau

- réactions chimiques
- structure (système de cartographie,...)

Etude du cerveau

Bonne connaissance biologique du cerveau

- réactions chimiques
- structure (système de cartographie,...)

Par contre

- trop de détails
- trop d'hypothèses

Principaux points de vue sur le cerveau

Deux grands points de vue :

- Le cerveau-machine
- L'hypothèse de Vernon Mountcastle

Le cerveau-machine

Le cerveau est un super-calculateur.

Il possède une structure physique :

- des « fils conducteurs » (neurone vs fil électique)
- des zones spécifiques adaptées (zone vs composant)

Les zones du cerveau

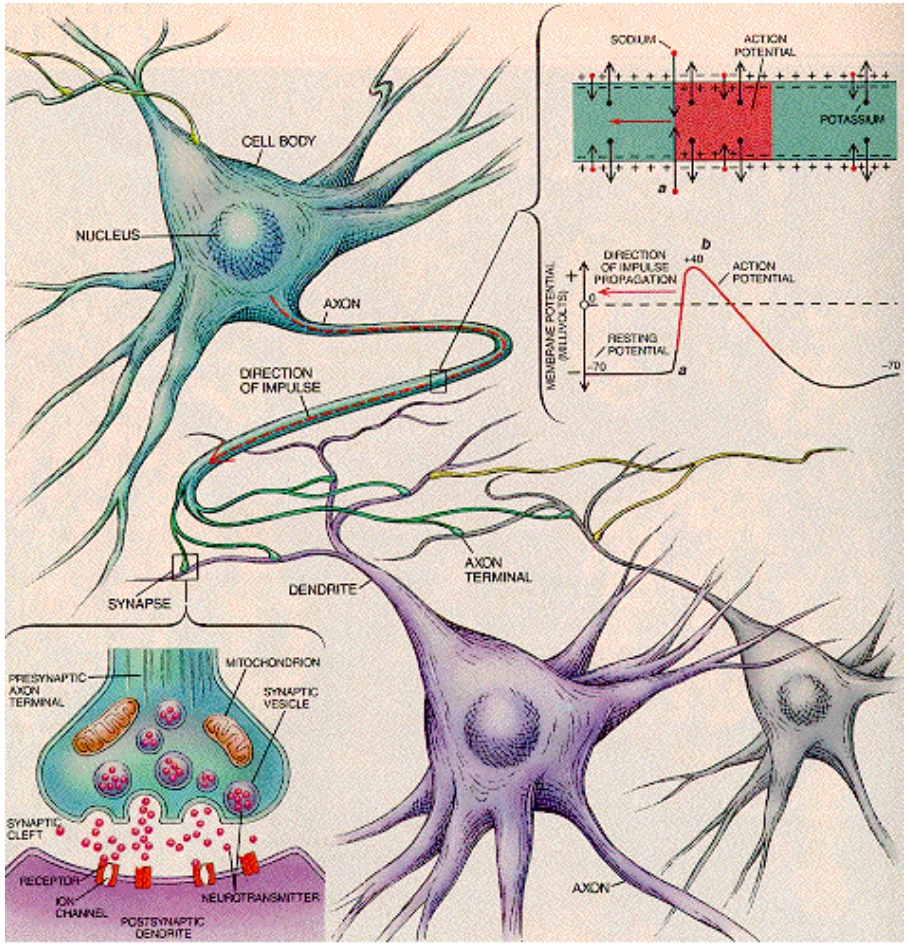


Fig.: L'interneurone, responsable de la transmission d'informations

Les zones du cerveau

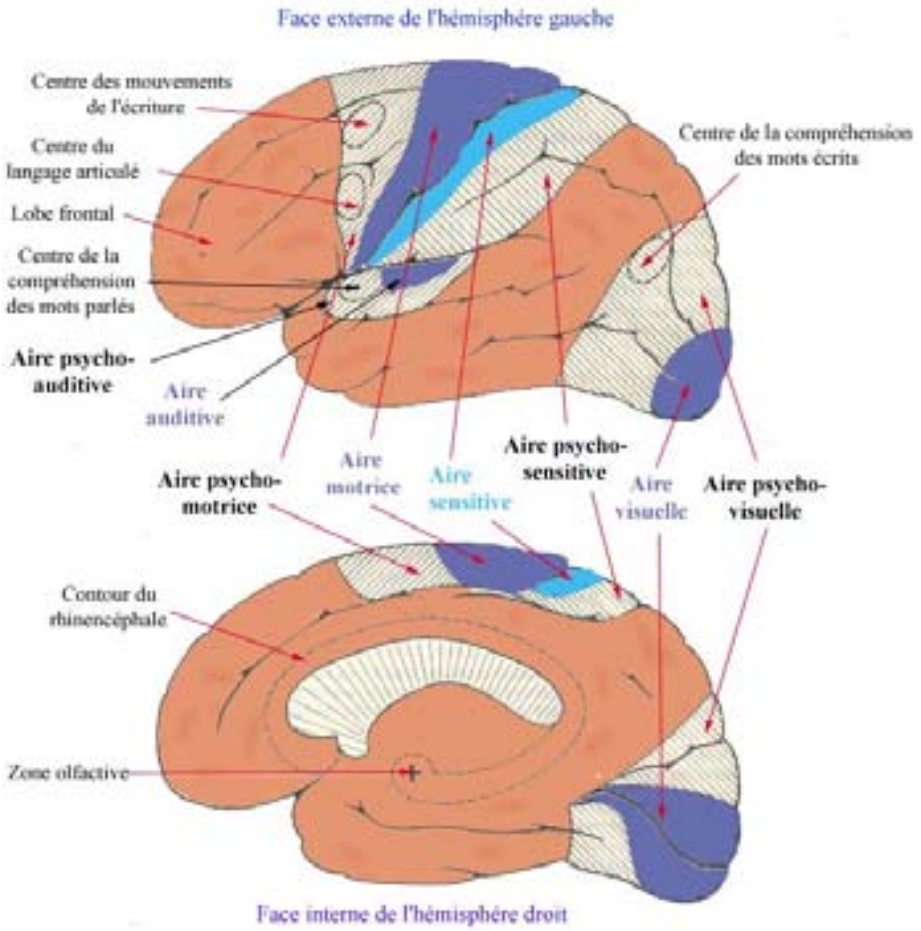


Fig.: Les grandes zones du cerveau humain

L'hypothèse de Mountcastle

Le cerveau est une machine biologique générique.

Il possède une structure physique :

- des « fils conducteurs » (neurones)
- des « outils de calcul » spécifiques génériques (neocortex,...)

Réseaux de neurones

Le réseau de neurones

- Modèle le plus proche du cerveau biologique

Le réseau de neurones

- Modèle le plus proche du cerveau biologique
- Limité par la puissance actuelle des ordinateurs

Le réseau de neurones

- Modèle le plus proche du cerveau biologique
- Limité par la puissance actuelle des ordinateurs
- Limité par la connaissance actuelle du cerveau

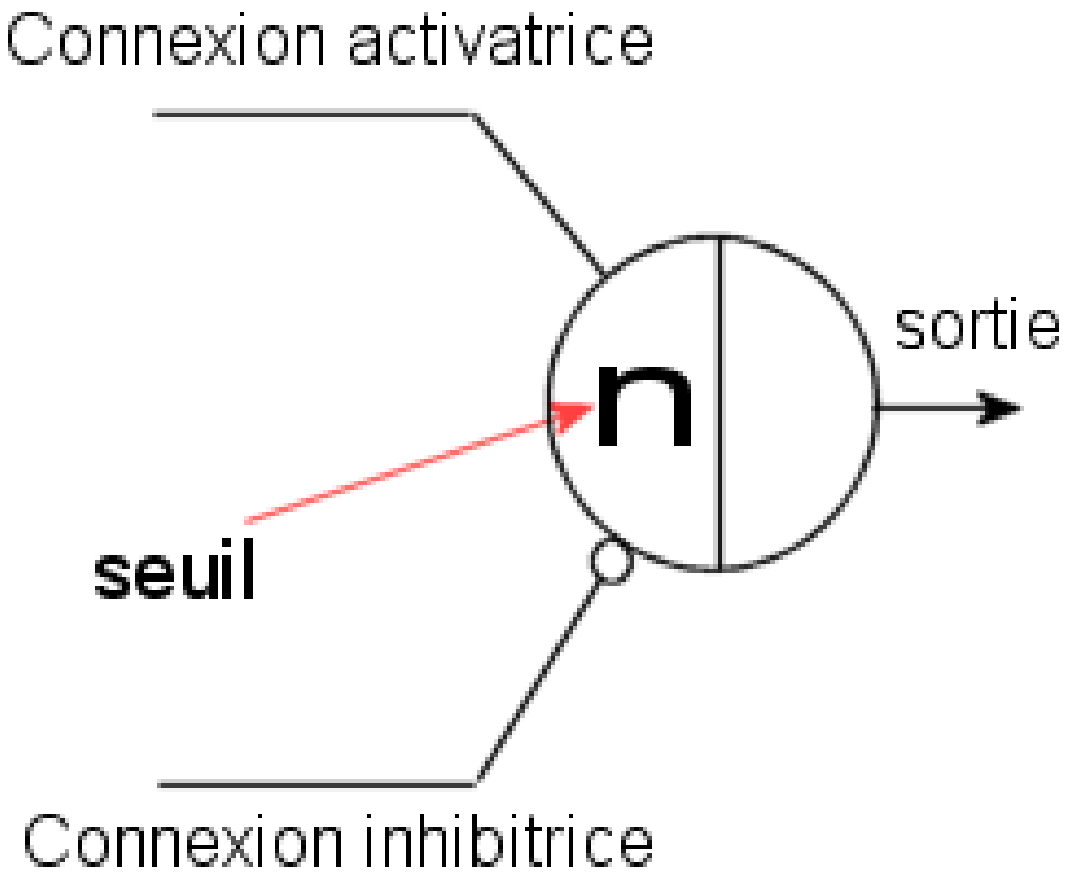
Le réseau de neurones

- Modèle le plus proche du cerveau biologique
- Limité par la puissance actuelle des ordinateurs
- Limité par la connaissance actuelle du cerveau
- De nombreux domaines d'application

Le réseau de neurones

- Modèle le plus proche du cerveau biologique
- Limité par la puissance actuelle des ordinateurs
- Limité par la connaissance actuelle du cerveau
- De nombreux domaines d'application
- De grandes capacités d'adaptations

Modèle de McCulloch-Pitts



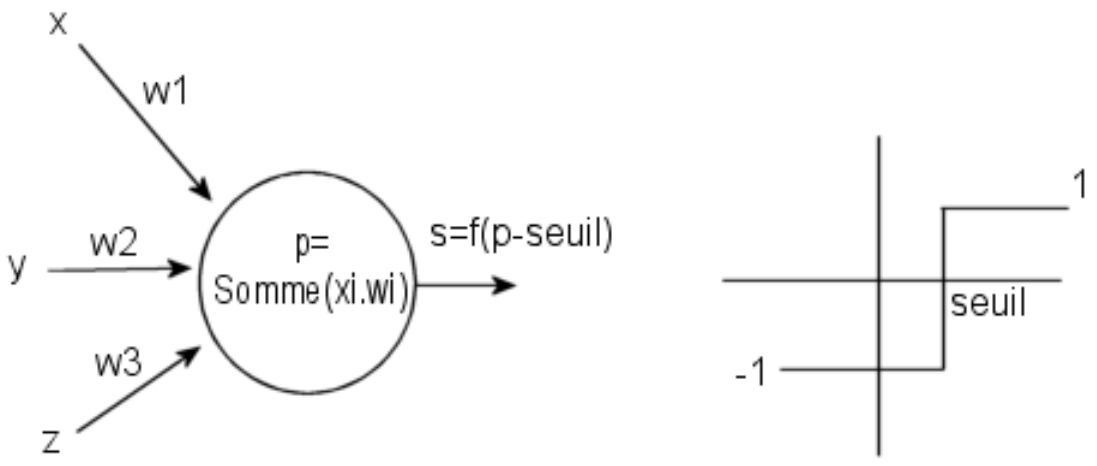
- Modèle simplifié

- Modèle simplifié
- Permet d'écrire des équations logiques

- Modèle simplifié
- Permet d'écrire des équations logiques
- Un des plus anciens modèles

- Modèle simplifié
- Permet d'écrire des équations logiques
- Un des plus anciens modèles
- Peu utilisé aujourd'hui

Modèle « Coefficients de couplage »



Aussi appelé « neurone à poids synaptique ».

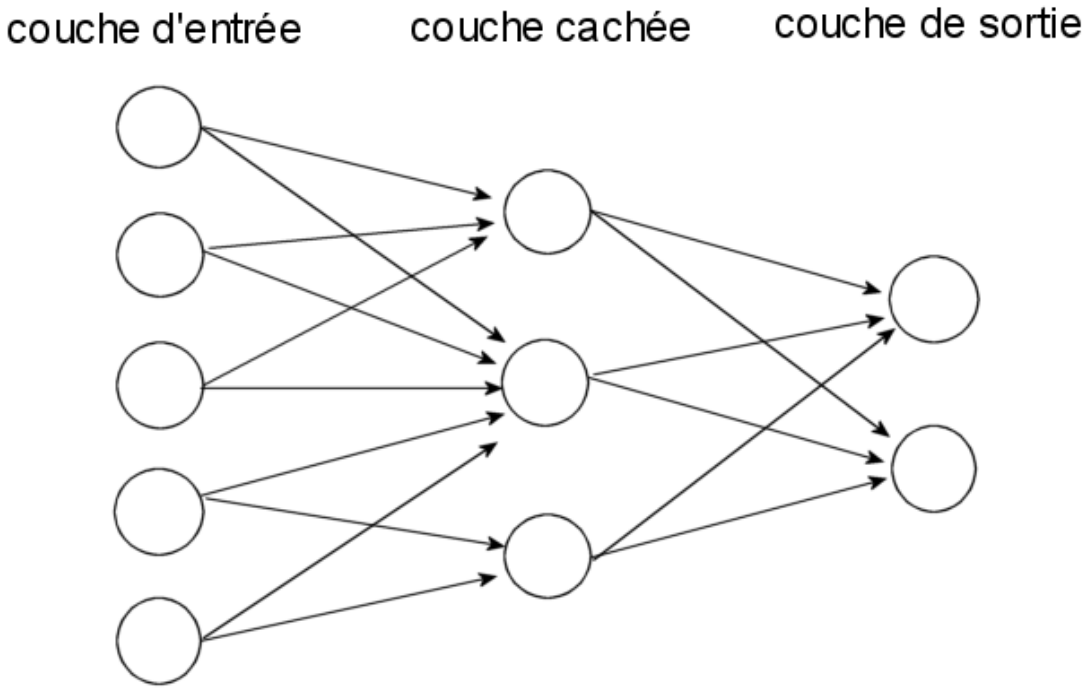
- Plus puissant et complet que le modèle McCulloch-Pitts

- Plus puissant et complet que le modèle McCulloch-Pitts
- Premier modèle à être mis en application

- Plus puissant et complet que le modèle McCulloch-Pitts
- Premier modèle à être mis en application
- Beaucoup plus proche du modèle biologique connu

- Plus puissant et complet que le modèle McCulloch-Pitts
- Premier modèle à être mis en application
- Beaucoup plus proche du modèle biologique connu
- Un des plus utilisés de nos jours

Réseau *Feedforward*



Réseau non bouclé, avec une couche caché.

- Réseau organisé en différentes couches

- Réseau organisé en différentes couches
- La couche d'entrée du système est souvent la couche sensitive

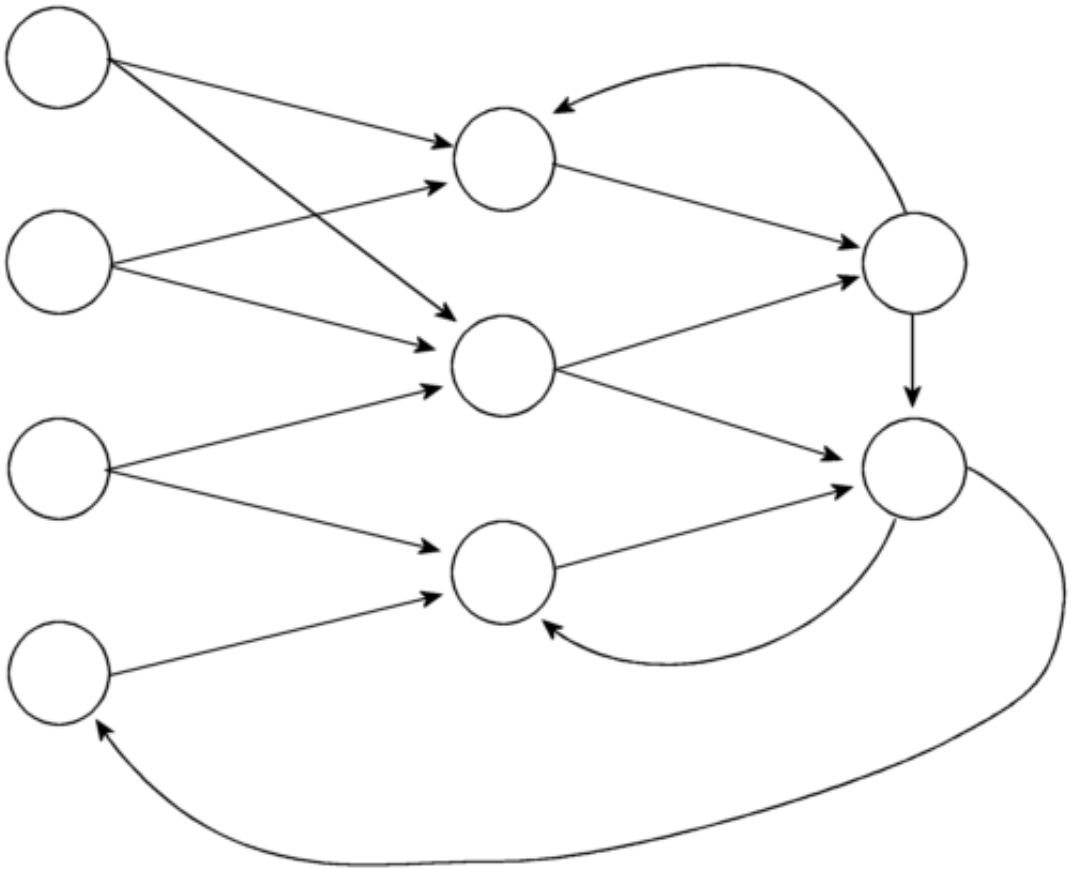
- Réseau organisé en différentes couches
- La couche d'entrée du système est souvent la couche sensitive
- La couche de sortie est la couche de réaction

- Réseau organisé en différentes couches
- La couche d'entrée du système est souvent la couche sensitive
- La couche de sortie est la couche de réaction
- Les couches intermédiaires sont facultatives mais augmentent la puissance

- Réseau organisé en différentes couches
- La couche d'entrée du système est souvent la couche sensitive
- La couche de sortie est la couche de réaction
- Les couches intermédiaires sont facultatives mais augmentent la puissance
- Les neurones peuvent interagir avec uniquement les couches immédiatement inférieures et supérieures

- Réseau organisé en différentes couches
- La couche d'entrée du système est souvent la couche sensitive
- La couche de sortie est la couche de réaction
- Les couches intermédiaires sont facultatives mais augmentent la puissance
- Les neurones peuvent interagir avec uniquement les couches immédiatement inférieures et supérieures
- C'est le premier modèle utilisé avec le *Perceptron*

Réseau bouclé



Réseau bouclé ou réentrant.

- Très forte connexité dans la majorité des cas

- Très forte connexité dans la majorité des cas
- Apparition de cycles : persistance de l'information

- Très forte connexité dans la majorité des cas
- Apparition de cycles : persistance de l'information
- Complexité proche de celle du modèle biologique

- Très forte connexité dans la majorité des cas
- Apparition de cycles : persistance de l'information
- Complexité proche de celle du modèle biologique
- Souvent mal géré par les ordinateurs actuels (parallèlisme)

Apprentissage

L'apprentissage ?

Qu'est ce que l'apprentissage ?

L'apprentissage ?

Qu'est ce que l'apprentissage ?

L'amélioration des performances

Différents niveaux d'apprentissage

1. Apprentissage programmé - procédural

Différents niveaux d'apprentissage

1. Apprentissage programmé - procédural
2. Apprentissage par coeur - mémorisation action/situation (cf. Pavlov)

Différents niveaux d'apprentissage

1. Apprentissage programmé - procédural
2. Apprentissage par coeur - mémorisation action/situation (cf. Pavlov)
3. Apprentissage sélectif - mémorisation des informations pertinentes

Différents niveaux d'apprentissage

1. Apprentissage programmé - procédural
2. Apprentissage par coeur - mémorisation action/situation (cf. Pavlov)
3. Apprentissage sélectif - mémorisation des informations pertinentes
4. Apprentissage professoral - généralisation d'exemples

Différents niveaux d'apprentissage

1. Apprentissage programmé - procédural
2. Apprentissage par coeur - mémorisation action/situation (cf. Pavlov)
3. Apprentissage sélectif - mémorisation des informations pertinentes
4. Apprentissage professoral - généralisation d'exemples
5. Apprentissage inductif - sans professeur et sans création de nouvelles situations

Différents niveaux d'apprentissage

Mais nous avons besoin d'une base de connaissance.

On n'apprend pas sans rien !

Différents niveaux d'apprentissage

Mais nous avons besoin d'une base de connaissance.
On n'apprend pas sans rien !

$\Rightarrow$ C'est cet ensemble de connaissances qui fait actuellement défaut dans la fabrication d'un système capable d'apprendre.

Implémentation de l'apprentissage

Dans un réseau de neurones :

- Vérification des données en sortie
- Comparaison avec les données attendues
  - Si aucune erreur, alors aucune modification
  - Sinon, adaptation du résultat

Implémentation de l'apprentissage

Dans un réseau de neurones :

- Vérification des données en sortie
- Comparaison avec les données attendues
  - Si aucune erreur, alors aucune modification
  - Sinon, adaptation du résultat

Exemples :

- Perceptron : modification des pondérations des neurones à coefficients
- Réseau réentrant : réseau auto-modifiant

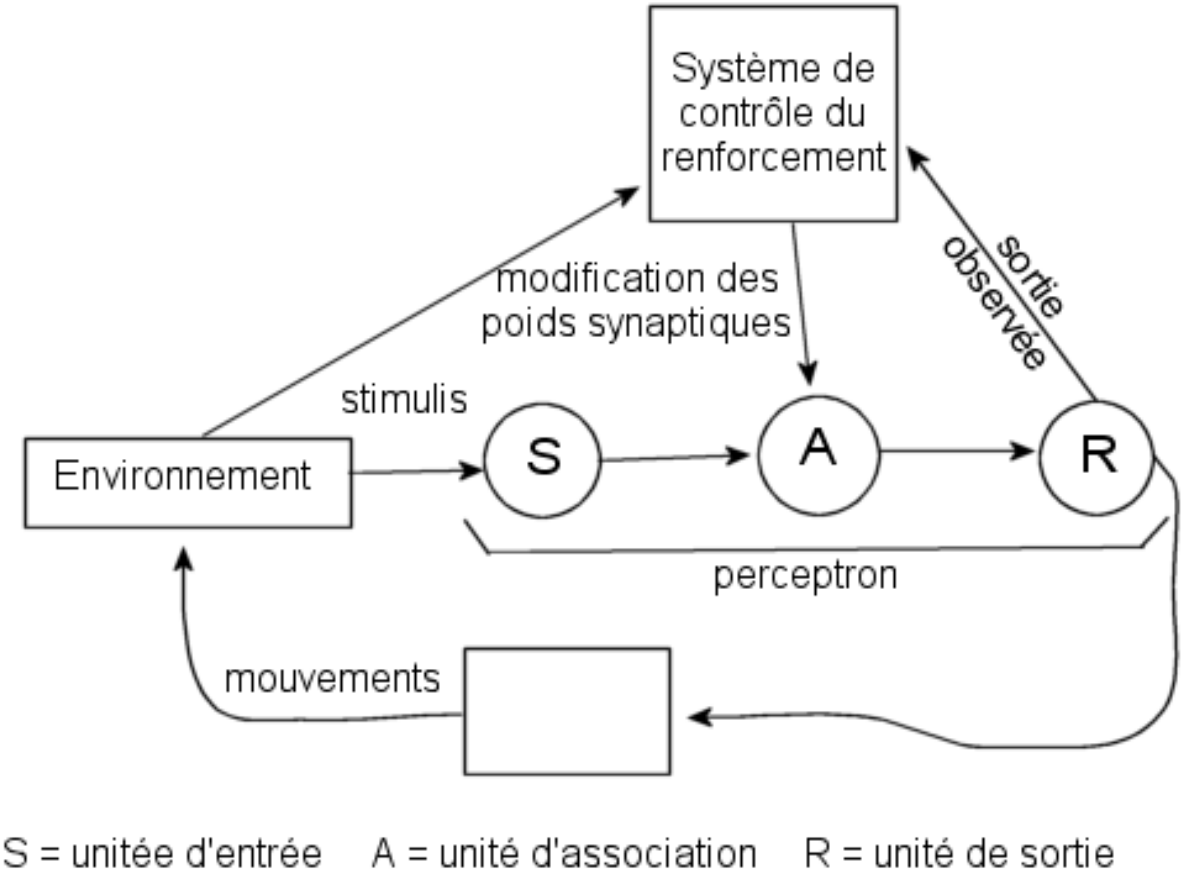


Fig.: Perceptron

Système expert - Définition

Logique adaptative :

- Faire des choix comme un expert
- Appui de connaissances
  - Bases liées au domaine d'expertise
  - Règles de production de résultat
- Interactivité

Système expert - Un petit exemple

Un exemple basé sur le langage ProLog (récursivité avant).

Base de faits initiaux :
a, b.

Base de règles :
si a alors c
si c et d alors e
si b alors e

Système expert - Un petit exemple

Un exemple basé sur le langage ProLog (récursivité avant).

Base de faits initiaux :
a, b.

Base de règles :
si a alors c
si c et d alors e
si b alors e

Si nous voulons avoir e, il y a conflit.

Système expert - Un petit exemple

Mais le problème demeure :

- Doit-on dire faux ?
- Doit-on demander à l'utilisateur ?

Système expert - Un petit exemple

Mais le problème demeure :

- Doit-on dire faux ?
- Doit-on demander à l'utilisateur ?
  - Doit-on mémoriser la réponse ?

Système expert - Un petit exemple

Mais le problème demeure :

- Doit-on dire faux ?
- Doit-on demander à l'utilisateur ?
  - Doit-on mémoriser la réponse ?
  - Doit-on demander à l'utilisateur s'il faut mémoriser ?

Système Multi-agents

Agent :

- objectifs
- comportements
- ressources propres
- représentation de l'environnement

Système Multi-agents

L'union fait la force :
Accomplissement de taches plus complexes nécessitant la collaboration d'un ensemble d'agents et necessitant un groupe

Système multi-agent (SMA) :

« Groupe d'agents physiques ou artificiels opérant collectivement pour accomplir une tâche »

Système Multi-agents

Plusieurs types distingué sur :

- capacité à communiquer entre agents
- agir dans l'environnement
- percevoir et s'adapter à l'environnement
- se reproduire
- compétences
- services

Système Multi-agents

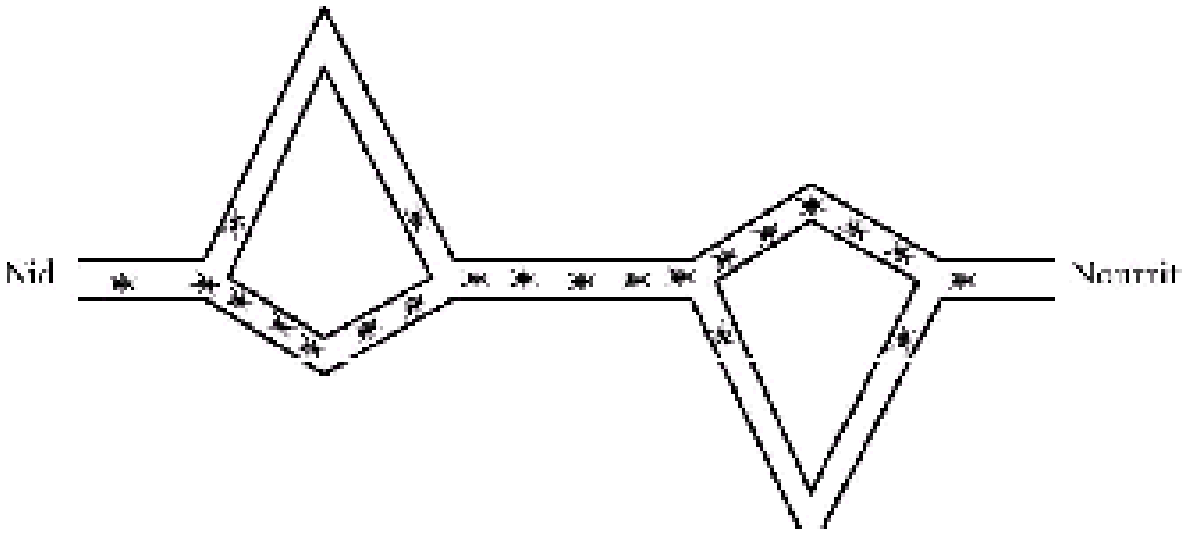


Fig.: Exemple : Colonie de fourmis

Système Multi-agents

Agents : les fourmis

- déplacement aléatoire
- dépôt de phéromones
- tendance à suivre les phéromones
- déplacement de nourriture

Système Multi-agents

Résultant de collaboration :

- repérage rapide de la nourriture
- récolte rapide de la nourriture
- suivi des plus court chemins

Conséquences

Applications

Diverses applications...

- Le réseau de neurones est un modèle généraliste évolutif

Diverses applications...

- Le réseau de neurones est un modèle généraliste évolutif
- Partout où on a besoin d'un programme capable de s'adapter, on peut utiliser de l'IA

Diverses applications...

- Le réseau de neurones est un modèle généraliste évolutif
- Partout où on a besoin d'un programme capable de s'adapter, on peut utiliser de l'IA
- Les crédits sont élevés selon les domaines

Militaires ...

- De nombreuses recherches en cours

Militaires ...

- De nombreuses recherches en cours
- Robot drône volant : *l'avion sans pilote*

Militaires ...

- De nombreuses recherches en cours
- Robot drône volant : *l'avion sans pilote*
- Système de pilotage automatique : *guidage de missiles*

Militaires ...

- De nombreuses recherches en cours
- Robot drône volant : *l'avion sans pilote*
- Système de pilotage automatique : *guidage de missiles*
- Reconnaissance visuelle de formes : *caméras de surveillance*

Militaires ...

- De nombreuses recherches en cours
- Robot drône volant : *l'avion sans pilote*
- Système de pilotage automatique : *guidage de missiles*
- Reconnaissance visuelle de formes : *caméras de surveillance*
- But ultime : le soldat robot (toujours à l'état de *rêve*)

... Ludiques ...

- Des jeux qui apprennent à jouer et se perfectionnent

... Ludiques ...

- Des jeux qui apprennent à jouer et se perfectionnent
- Des compagnons virtuels qui évoluent (*Creatures*)

... Ludiques ...

- Des jeux qui apprennent à jouer et se perfectionnent
- Des compagnons virtuels qui évoluent (*Creatures*)
- Des jeux s'adaptant à la personnalité de l'utilisateur (*Fable*)

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste
- Reconnaissance des formes :

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste
- Reconnaissance des formes :
  - Découpage d'images

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste
- Reconnaissance des formes :
  - Découpage d'images
  - Regroupement par similitudes

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste
- Reconnaissance des formes :
  - Découpage d'images
  - Regroupement par similitudes
- Reconnaissance faciale : systèmes d'identification

... Imagerie ...

- Reconnaissance d'écriture : tri des lettres à la poste
- Reconnaissance des formes :
  - Découpage d'images
  - Regroupement par similitudes
- Reconnaissance faciale : systèmes d'identification
- Reconstitution d'images endommagées

Conclusion

RISE OF THE MACHINES
THE WAR BEGINS JULY 2