

Architecture Cérébrale et Robotique Autonome

Nicolas Rougier
Laboratoire LORIA - INRIA Grand Est

Robots, Hybrides & Cyborgs

30 Septembre 2009

Intelligence artificielle

“... The science of making machines do things that would require intelligence if done by humans.”

Marvin Minsky, Semantic Information Processing, MIT Press, 1968.

- ▶ Qu'est qu'une machine ?
- ▶ Qu'est ce que l'intelligence ?
- ▶ Quelles sont les tâches qui requièrent de l'intelligence ?
- ▶ Quels sont les humains considérés ?

Intelligence artificielle



Intelligence artificielle

L'hypothèse faible

“According to weak AI, the principal value of the computer in the study of the mind is that it gives us a very powerful tool.”

J. Searle, “Minds, Brains and Programs”, 1980.

L'hypothèse forte

“According to strong AI, the computer is not merely a tool in the study of the mind; rather, the appropriately programmed computer really is a mind.”

J. Searle, “Minds, Brains and Programs”, 1980.

Le problème de l'ancrage du symbole



“La Trahison des images”,
Magritte, 1929.



“La Trahison des images”,
Magritte, 1929.

Cognition

Différents champs de recherche

Neurologie, psychologie, philosophie, linguistique, informatique, etc.

Différentes formes

Abstraction, généralisation, spécialisation, décision, etc.

Différents modes d'expression

Perception, action, émotions, mémoire, language, etc.

Cognition

Quelles sont les questions ?

- ▶ Quels sont les mécanismes minimaux qui engendrent une forme ou une autre de cognition ?
- ▶ Quels sont les bons niveaux de description ?
 - ▶ Molécule ? (→ neuro-transmetteurs)
 - ▶ Organelle ? (→ axones, dendrites, synapses)
 - ▶ Cellule ? (→ neurones, cellules gliales)
 - ▶ Tissu ? (→ tissu nerveux)
 - ▶ Organe ? (→ cerveau)
- ▶ Comment identifier une réponse satisfaisante ?

Cognition Incarnée

“We ignore the fact that the biological mind is, first and foremost, an organ for controlling the biological body. Minds make motions, and they must make them fast – before the predator catches you, or before your prey gets away from you. Minds are *not* disembodied logical reasoning devices.”

A. Clark, *Being there*, MIT Press, 1998

Cognition Incarnée

Quelques faits

- ▶ Les processus cognitifs découlent de l'incarnation de l'organisme.
- ▶ La cognition est profondément ancrée dans l'interaction du corps avec le monde.
- ▶ Le comportement est motivé et dirigé vers un but



Cognition Incarnée

Se tenir immobile et réfléchir ou...



Cognition Incarnée

Apprendre Décision
Attention Sentir Mise à jour
Régulation Apprendre
Stratégie Acquisition
Attaque Alerte Action
Localisation Motivation
Apprendre Réflexes Emotions Contrôle Apprendre



Cognition Incarnée

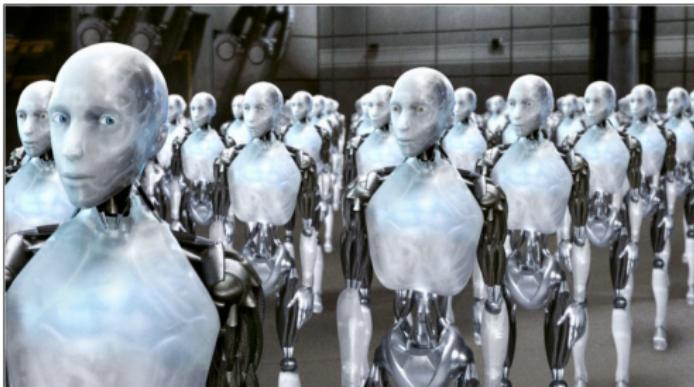
Apprendre Décision
Attention Sentir Mise à jour
Régulation Apprendre
Stratégie Acquisition
Attaque Alerte Action
Localisation Réflexes Motivation
Apprendre Emotions Contrôle Apprendre



Attention

“Everyone knows what attention is. It is the possession by the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought”

W. James, 1890



I-Robot, 2004, Alex Proyas.

Attention visuelle



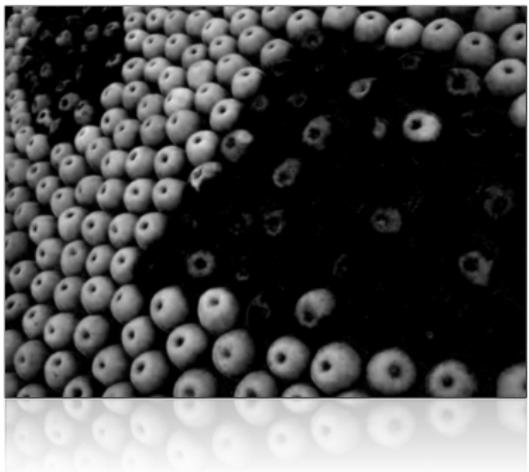
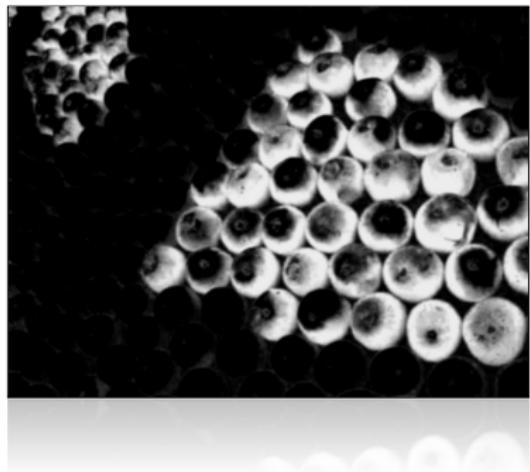
Nous ne voyons pas toute la scène visuelle à tout instant.

"Change blindness, K. O'Regan, 1998."

Attention visuelle spatiale

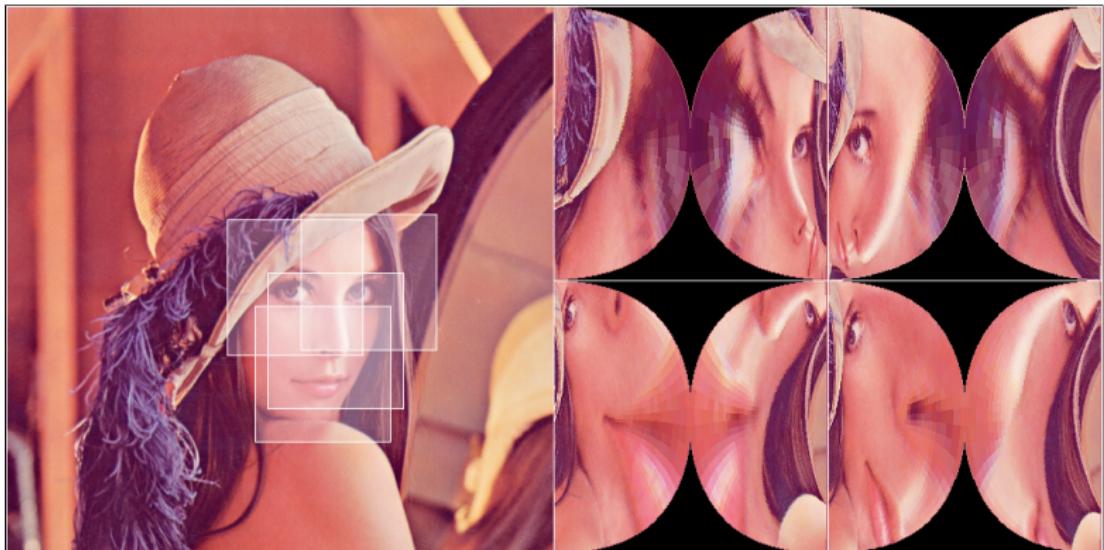


Attention visuelle dimensionnelle

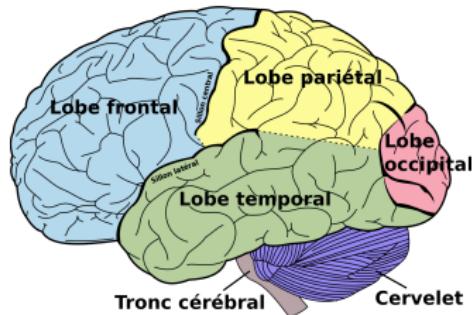


Saccades oculaires

Nous ne voyons pas ce que nous pensons voir...



Le cerveau comme source d'inspiration

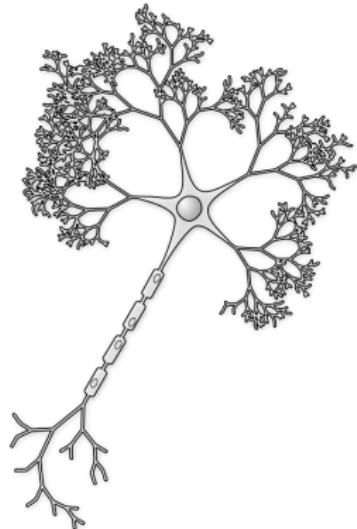


- ▶ \approx 15 à 30 milliards de neurones
- ▶ \approx 10000 connexions par synapse
- ▶ $1mm^3$ de cortex \approx 1 milliard de connexions

Le cerveau comme source d'inspiration

Contexte de modélisation

- ▶ Distribué → Pas de superviseur central
- ▶ Asynchrone → Pas d'horloge centrale
- ▶ Numérique → Pas de symboles
- ▶ Adaptif → Apprendre quelque chose



Champ de neurones dynamique

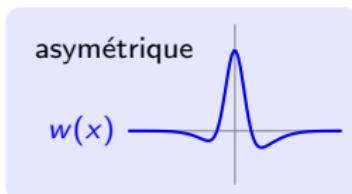
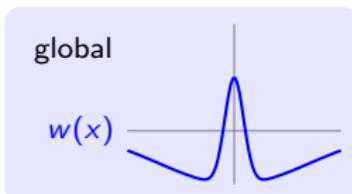
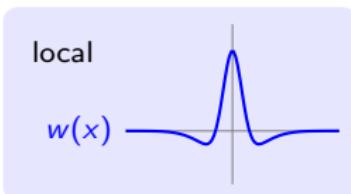
Equation

Soit $u(x, t)$ le potentiel de membrane d'un neurone à la position x et au temp t , f une fonction de transfert et w un noyau de connexion latérale. L'évolution de $u(x, t)$ est donnée par l'équation:

$$\tau \cdot \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = -u(x, t) + \int_{-\infty}^{+\infty} w(x - y) \cdot f(u(y, t)) dy + I(x) + h$$

constante de temps déclin interaction latérale entrée seuil

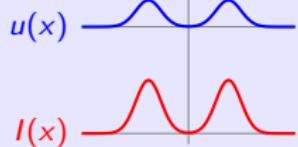
Exemples de noyaux



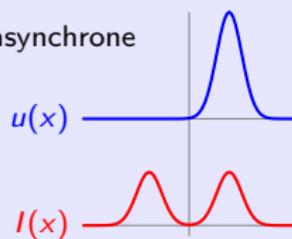
Champ de neurones dynamique

Comment le système prend-il une décision ?

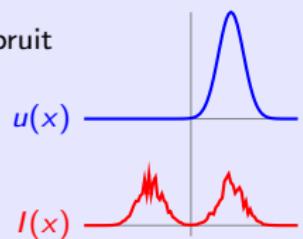
synchrone



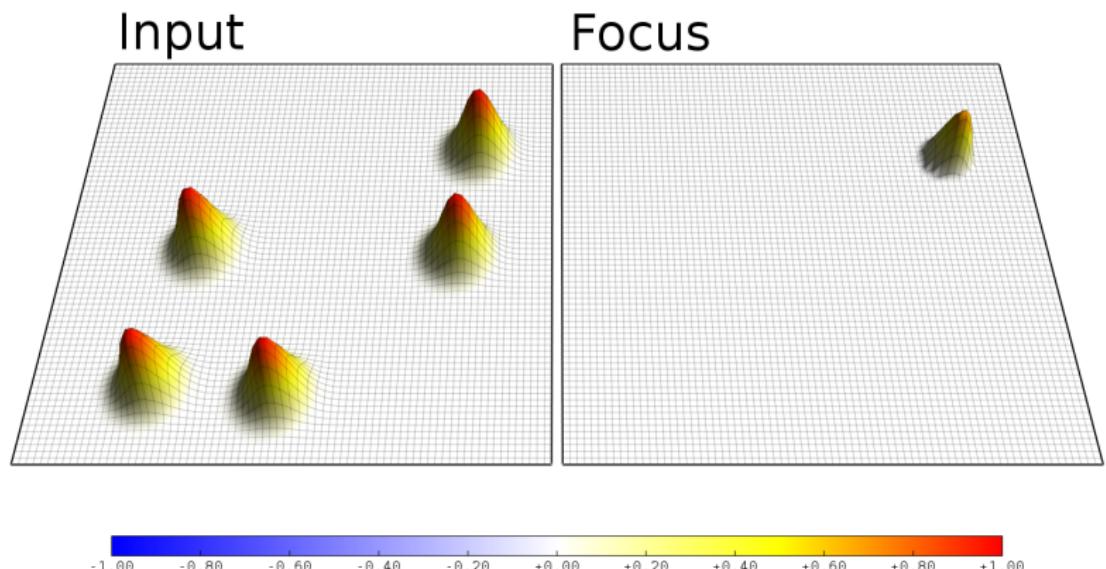
asynchrone



bruit

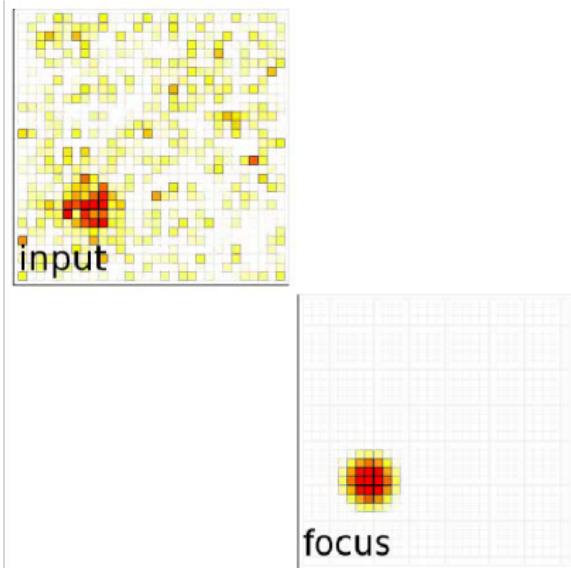


Champ de neurones dynamique



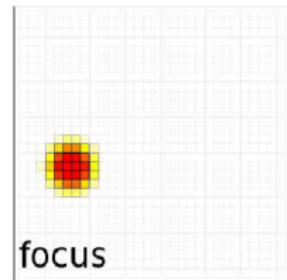
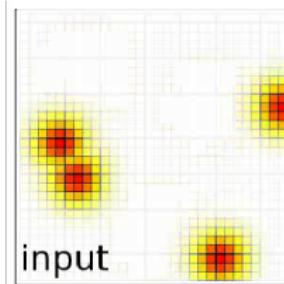
Champ de neurones dynamique

- ▶ Des zones d'activités se forment sur les régions les plus actives
- ▶ La compétition latérale favorise les régions les plus actives
- ▶ Le bruit n'a pas (trop) d'effet



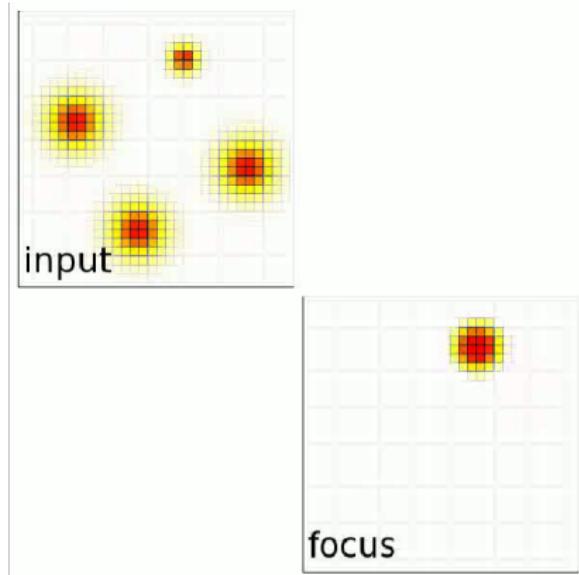
Champ de neurones dynamique

- ▶ Il n'y a qu'une seule zone d'activité
- ▶ Les distracteurs ne perturbent que très peu l'activité

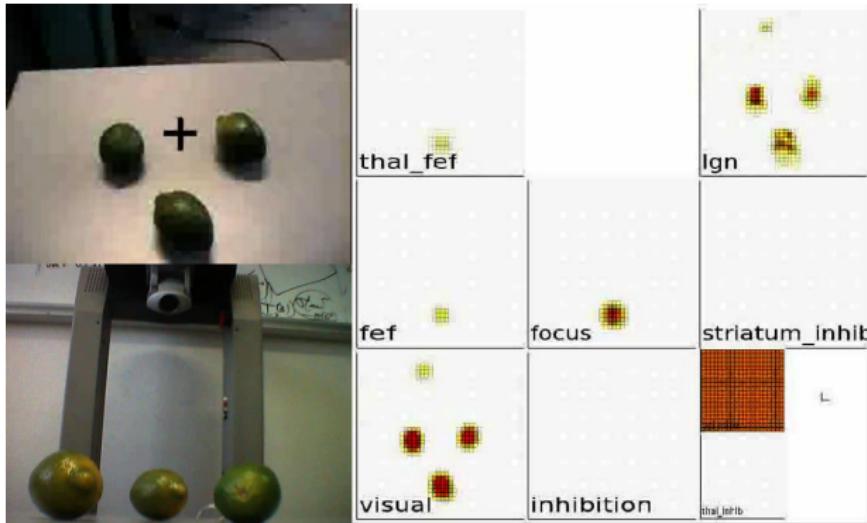


Champ de neurones dynamique

- ▶ La continuité spatio-temporelle est privilégiée



Modèle d'attention visuelle



- ▶ \approx 30 cartes
- ▶ \approx 15 000 unités (i.e. neurones)
- ▶ \approx 6 000 000 connexions

Modèle d'attention visuelle

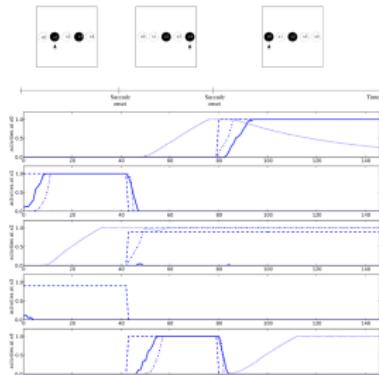


L'oeil de l'observateur

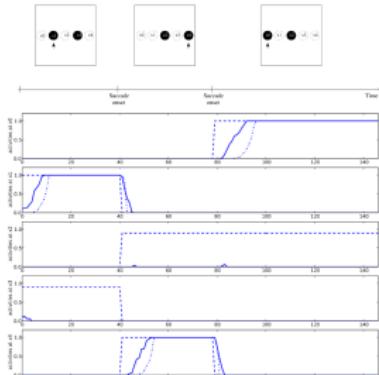
Quels sont les mécanismes minimaux de la cognition ?

- ▶ Un modèle simple d'attention visuelle incarnée peut représenter une forme très primitive de cognition.
- ▶ Comment interpréter les résultats ?
- ▶ Quel est l'influence de l'observateur ?

L'oeil de l'observateur



Avec anticipation



Sans anticipation

De l'aléatoire à la cognition...

- ▶ Les modèles commencent leur “vie” sur des bases pseudo-aléatoires
- ▶ Ils doivent déjà posséder des comportements pour interagir avec le monde
- ▶ Les réflexes doivent faire place aux comportements élaborés sur la base de l'apprentissage.
- ▶ Cela signifie probablement une interaction “lourde” avec les humains.
- ▶ Comment continuer à comprendre les modèles sur le long terme ?

Conclusion

Philosophie

Qu'est ce que la cognition ?

Neuroscience

Quels sont les mécanismes et les structures qui produisent la cognition ?

Informatique

Comment modéliser une machine cognitive ?

