

Emergence et Intelligence Artificielle

Alain Dutech

Equipe MAIA - LORIA - INRIA
Nancy, France

Web : <http://maia.loria.fr>
Mail : Alain.Dutech@loria.fr

5 mars 2010





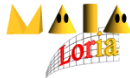
Avant propos...

Nous allons parler de Science...

- ▶ Donc ce n'est pas forcément spectaculaire.
- ▶ Et ce que nous savons a de fortes chances d'être faux.
- ▶ Cet exposé est entièrement libre de droits.
- ▶ Toute copie partielle ou complète est non seulement autorisée, mais de plus fortement encouragée, surtout si elle est destinée à être diffusée.



Intelligence Artificielle



Construire des machines intelligentes

Intelligence Artificielle



Construire des machines intelligentes

Intelligence Artificielle

Comprendre les mécanismes de l'intelligence



1956

« We propose that a 2 month, 10 man study of **artificial intelligence** be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. »

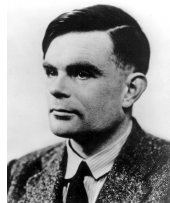
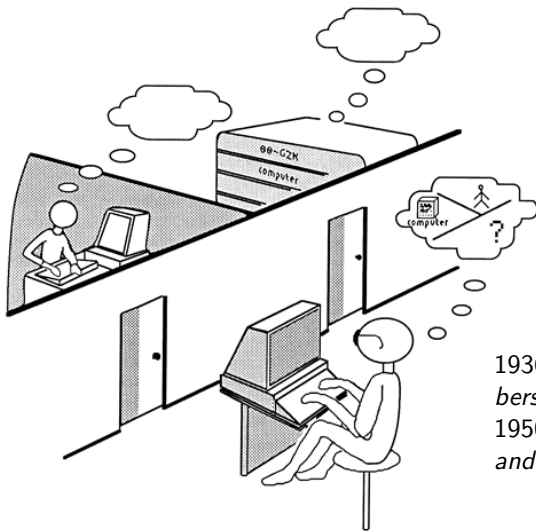
(McCarthy et. al., 1955)



Trenchard Moore, John McCarthy, Marvin Minsky, Oliver Selfridge and Ray Solomonoff

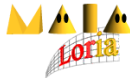


Test de Turing (1950)



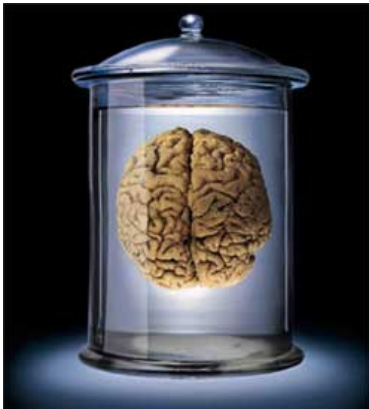
1936 - *On computable numbers*
 1950 - *Computing machinery and intelligence*

Intelligence artificielle



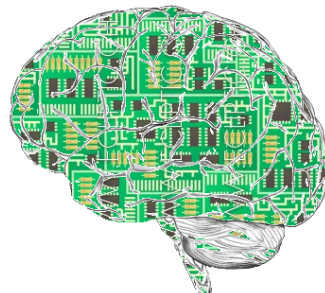


Comment ça marche ?



?

==





Le fonctionnement d'un ordinateur

Ordinateur = Mémoire + Microprocesseur

Manipuler des nombres

- ▶ Calcul (+, −, ×, ÷, exp, sin, ...)
- ▶ Comparer (<, >, =, ≥, ..)
- ▶ Logique (ET, OU, XOR, ...)

Operation de contrôle

- ▶ SI ... ALORS ... SINON ...
- ▶ Répéter x fois, Faire x fois, ...



Le fonctionnement d'un ordinateur

Ordinateur = Mémoire + Microprocesseur

Manipuler des nombres

- ▶ Calcul (+, −, ×, ÷, exp, sin, ...)
- ▶ Comparer (<, >, =, ≥, ..)
- ▶ Logique (ET, OU, XOR, ...)

Operation de contrôle

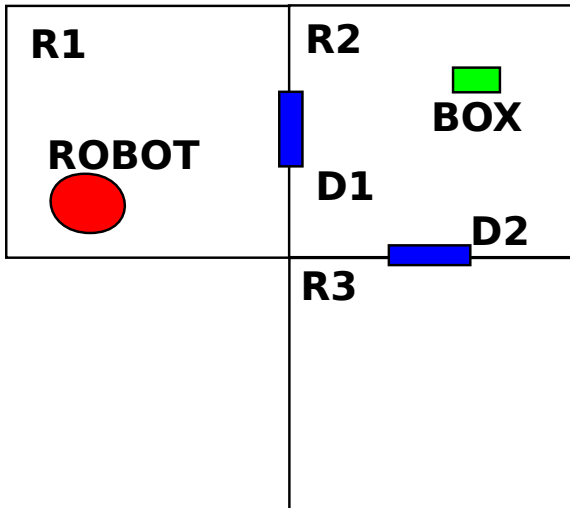
- ▶ SI ... ALORS ... SINON ...
- ▶ Répéter x fois, Faire x fois, ...

Et donc : Operation sur des listes de *Symboles*

- ▶ Comparaison, ajout, insertion, recherche, ...

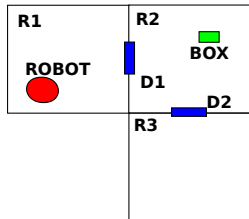
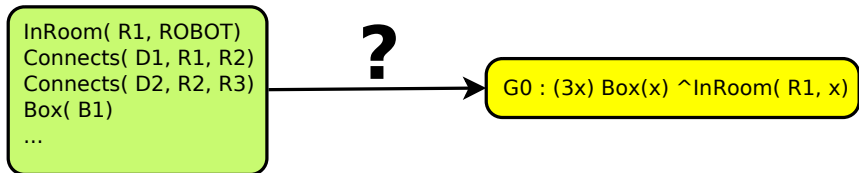


Intelligence Symbolique / STRIPS





Intelligence Symbolique / STRIPS





Intelligence Symbolique / STRIPS

InRoom(R1, ROBOT)
Connects(D1, R1, R2)
Connects(D2, R2, R3)
Box(B1)
...

?

GO : (3x) Box(x) ^ InRoom(R1, x)

GO_TROUGH(d, r1, r2)

Prec: InRoom(r1, ROBOT) ^ Connects(d, r1, r2)

Remove: InRoom(\$, ROBOT)

Adds: InRoom(r2, ROBOT)

PUSH_TROUGH(b, d, r1, r2)

Prec: InRoom(r1, b) ^ InRoom(r1, ROBOT) ^ Connects(d, r1, r2)

Remove: InRoom(\$, ROBOT)

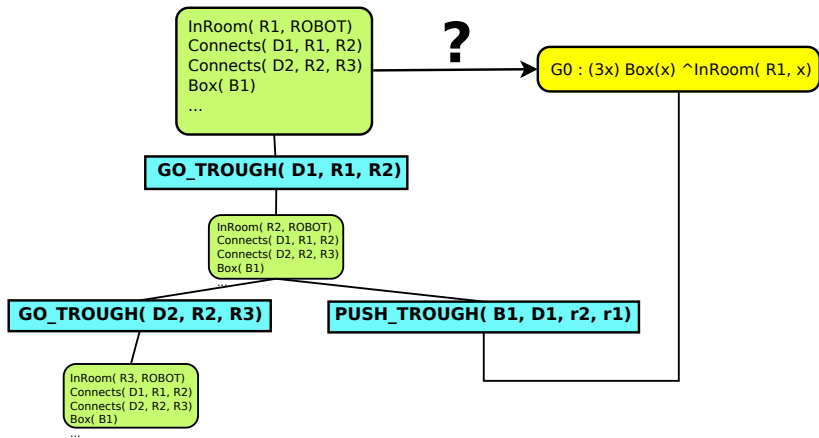
InRoom(\$, b)

Adds: InRoom(r2, ROBOT)

InRoom(r2, b)

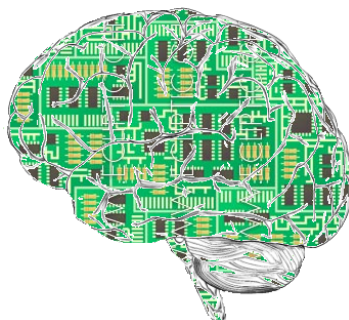


Intelligence Symbolique / STRIPS



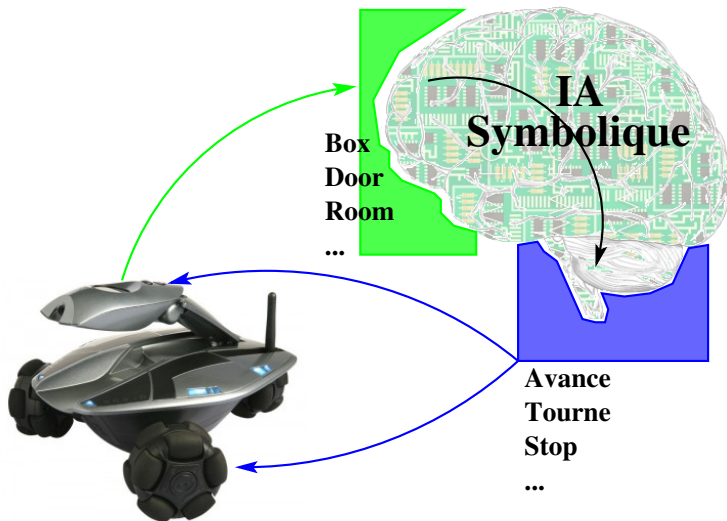


L'ancrage du symbole





L'ancrage du symbole

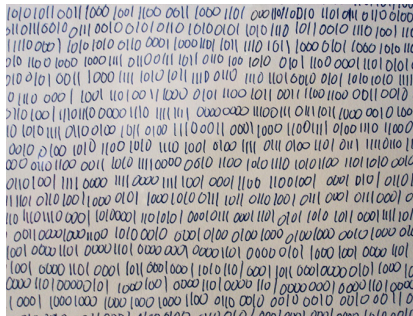




L'ancrage du symbole



“La Trahison des images”,
Magritte, 1929.



“La Trahison des images”,
Magritte, 1929.



Cognition incarnée (« *embodiment* »)

Corps + Cerveau (+ Environnement) forment un *tout*

- ▶ capable de comportement intelligent *sans symboles*.
- ▶ capable de comportement intelligent *sans représentation abstraite*.



Cognition incarnée (« *embodiment* »)

Corps + Cerveau (+ Environnement) forment un *tout*

- ▶ capable de comportement intelligent *sans symboles*.
- ▶ capable de comportement intelligent *sans représentation abstraite*.

↪ les Symboles/Représentations **émergent** des interactions



Cognition incarnée (« *embodiment* »)

Corps + Cerveau (+ Environnement) forment un *tout*

- ▶ capable de comportement intelligent *sans symboles*.
- ▶ capable de comportement intelligent *sans représentation abstraite*.

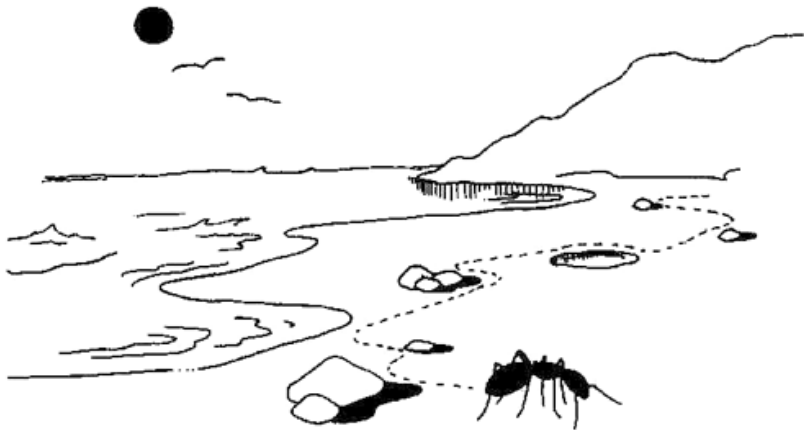
↔ les Symboles/Représentations **émergent** des interactions

- ▶ Apprentissage
- ▶ Développement
- ▶ Motivations

Intelligence “numérique” / réflexe



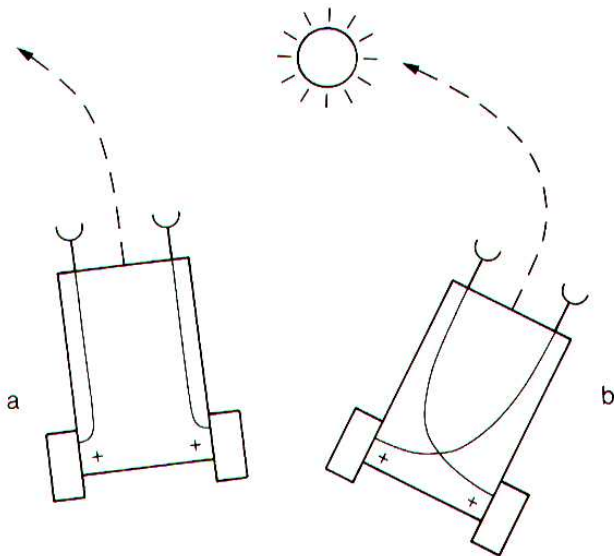
Déplacement intelligent...

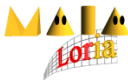




Intelligence “numérique” / réflexe

... mais comportement réflexe.





Apprentissage

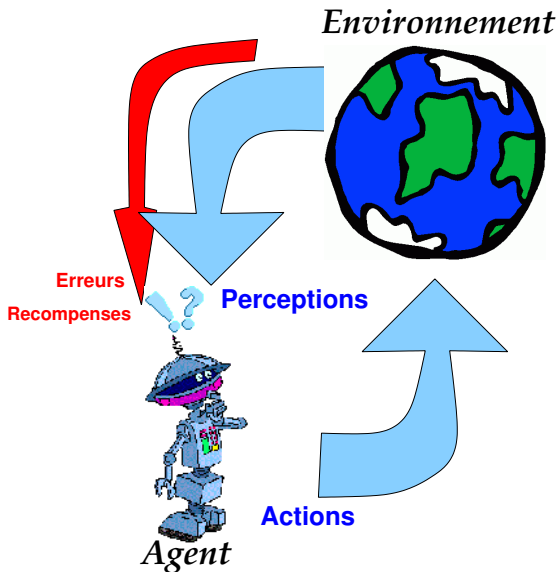
Modèle (informatique) pouvant se modifier lui même en se servant de son expérience. expérience.

- ▶ Apprentissage supervisé
- ▶ Apprentissage par renforcement
- ▶ Apprentissage non supervisé

Motivation ? Emotions ? Développement ?



Boucle sensori-motrice





Apprentissage par renforcement

Formalisme “global”

- ▶ sélectionner les meilleurs “état” \rightsquigarrow “action”
- ▶ valuation du comportement
 - ▶ en tenant compte des “effets” à long terme
 - ▶ par des processus locaux

\rightsquigarrow explique/s’inspire du conditionnement

Mais est-ce un bon *mécanisme* permettant l’émergence ?
(sous entendu : mécanisme “local”)

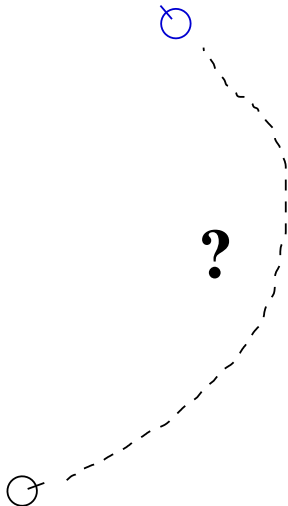
Apprendre à naviguer





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

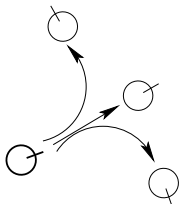
Recherche de Trajectoire par RTDP





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

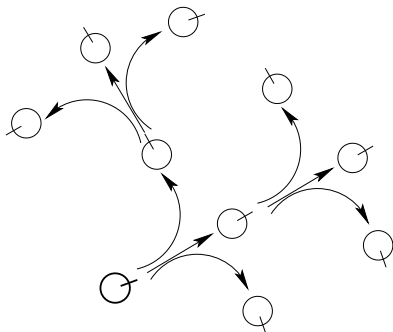
Recherche de Trajectoire par RTDP





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

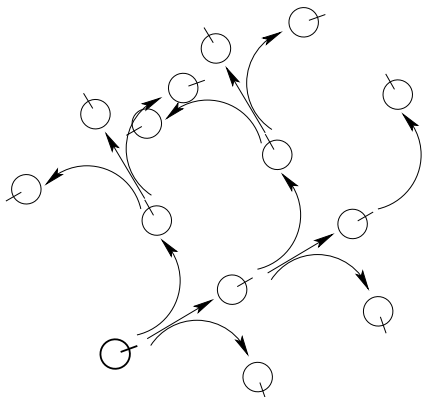
Recherche de Trajectoire par RTDP





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

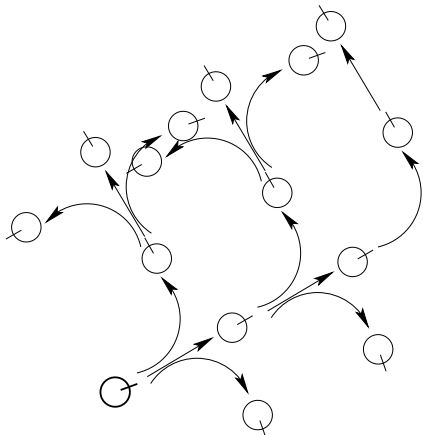
Recherche de Trajectoire par RTDP





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

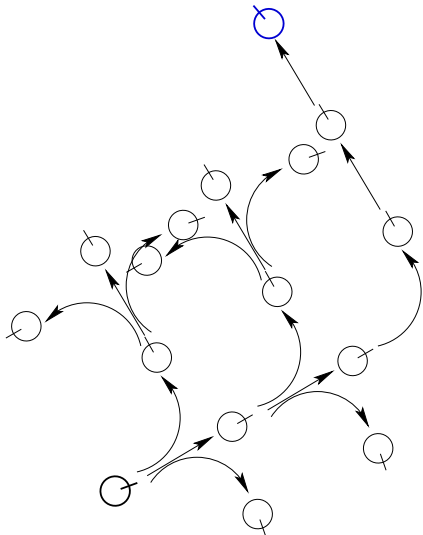
Recherche de Trajectoire par RTDP





Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

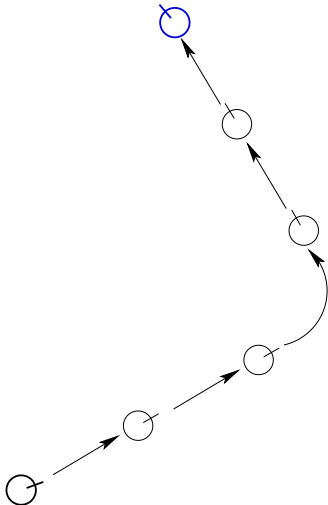
Recherche de Trajectoire par RTDP





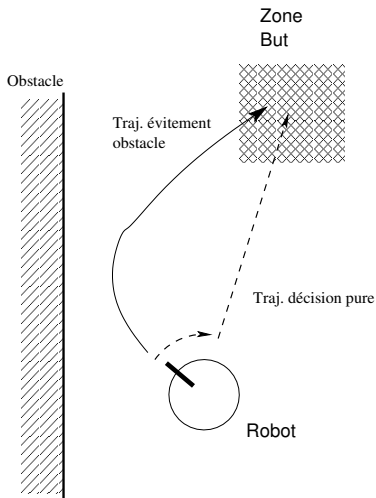
Algorithmes : Planif on-line de trajectoire

Recherche de Trajectoire par RTDP





Emergence ?



Cadre Robotique

- ▶ Couplage de deux mécanismes
 - ▶ Evitement obstacle : *Braitenberg*
 - ▶ Appr. par Renforcement de navigation.
 - ▶ “surprise” : exploitation de l'évitement d'obstacle
- ↪ fonctionnalité de navigation améliorée...



Conclusion

Intelligence Artificielle

L'intelligence n'est pas réductible à la seule manipulation des symboles.

Cognition Incarnée

La cognition doit être appréhendée au travers d'un cerveau et d'un corps en interaction avec le monde.

Emergence

- ▶ La cognition ne pourrait donc émerger que dans l'interaction avec le monde.
- ▶ Condition nécessaire, mais est-elle suffisante ?
- ▶ Comment constater l'émergence ?