

La robotique développementale

Pierre-Yves Oudeyer

Sony CSL Paris

Journée IAE – Université de Cergy - 2007

Sony Computer Science Laboratory, Paris

Sony CSL Paris



language



developmental robotics



music



neuroscience

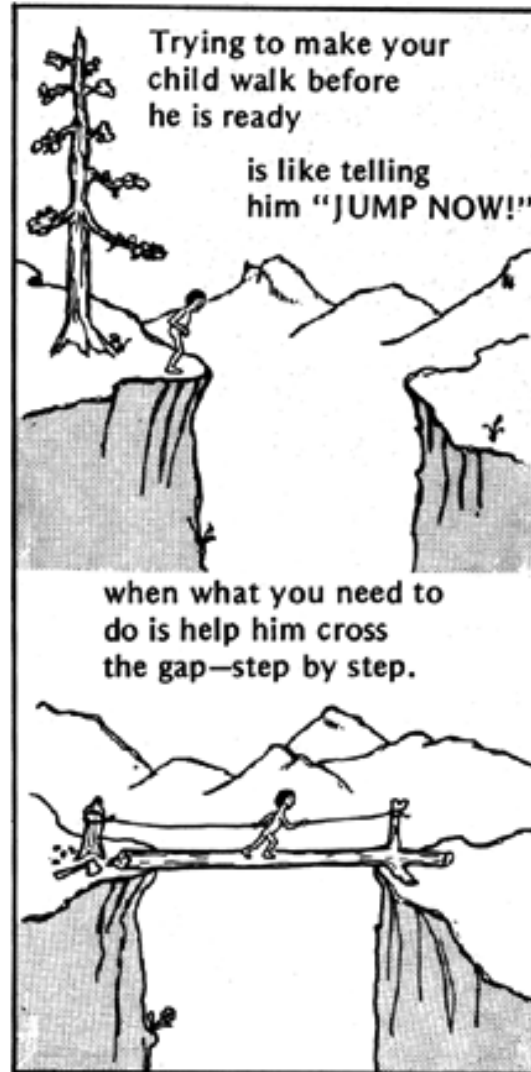
Le développement cognitif chez les enfants



Incrémental et progressif

PHYSICAL DEVELOPMENT	Average age skills begin	3 months	6 months	9 months	1 year	2 years	3 years	5 years
Head and trunk control	lifts head part way up	holds head up briefly holds head up high and well	holds up head and shoulders	turns head and shifts weight	holds head up well when lifted NO YES	moves and holds head easily in all directions		
Rolling		rolls belly to back	rolls back to belly	rolls over and over easily in play				
Sitting		sits only with full support sits with some support	sits with hand support	begins to sit without support	sits well without support	twists and moves easily while sitting		
Crawling and walking		begins to creep	scoots or crawls	pulls to standing	takes steps walks runs	can walk on tiptoe and on heels	walks easily backward	hops on one foot
Arm and hand control	grips finger put into hand	begins to reach towards objects	reaches and grasps with whole hand	passes object from one hand to other	grasps with thumb and forefinger	easily moves fingers back and forth from nose to moving object		throws and catches ball
Seeing	follows close object with eyes	enjoys bright colors/shapes	recognizes different faces	eyes focus on far object	looks at small things/pictures	Sees small shapes clearly at 6 meters (see p. 453 for test).		
Hearing	moves or cries at a loud noise	turns head to sounds responds to mother's voice	enjoys rhythmic music	understands simple words TOUCH YOUR NOSE.	hears clearly and understands most simple language WHERE IS DAD?			

Problème des machines classiques



Première tentatives d'incorporer des principes du développement de l'enfant dans des machines

1) « Learning from easy mission » (Asada et al., 1994)



2) « The importance of starting small » (Elman, 1993)

- ➔ Approche passive du développement :
 - pas très biologiquement convaincant
 - +
 - compliqué à mettre en œuvre en pratique (temps et biais difficiles à exploiter)

Autonome et actif !



Autonome et actif !



→ Le rôle des motivations intrinsèques dans le développement « ouvert » ;

Le contrôle de la complexité ...

... où comment explorer l'environnement de manière autonome ET pertinente par rapport à ses capacités présentes.

→ les motivations intrinsèques/curiosité ne sont pas simplement la recherche de n'importe quelle « nouveauté » !

Les enfants humains sont très doués pour contrôler la complexité de leurs situations d'apprentissages, adaptées en permanence à leurs capacités cognitives à un moment donné de leur développement.

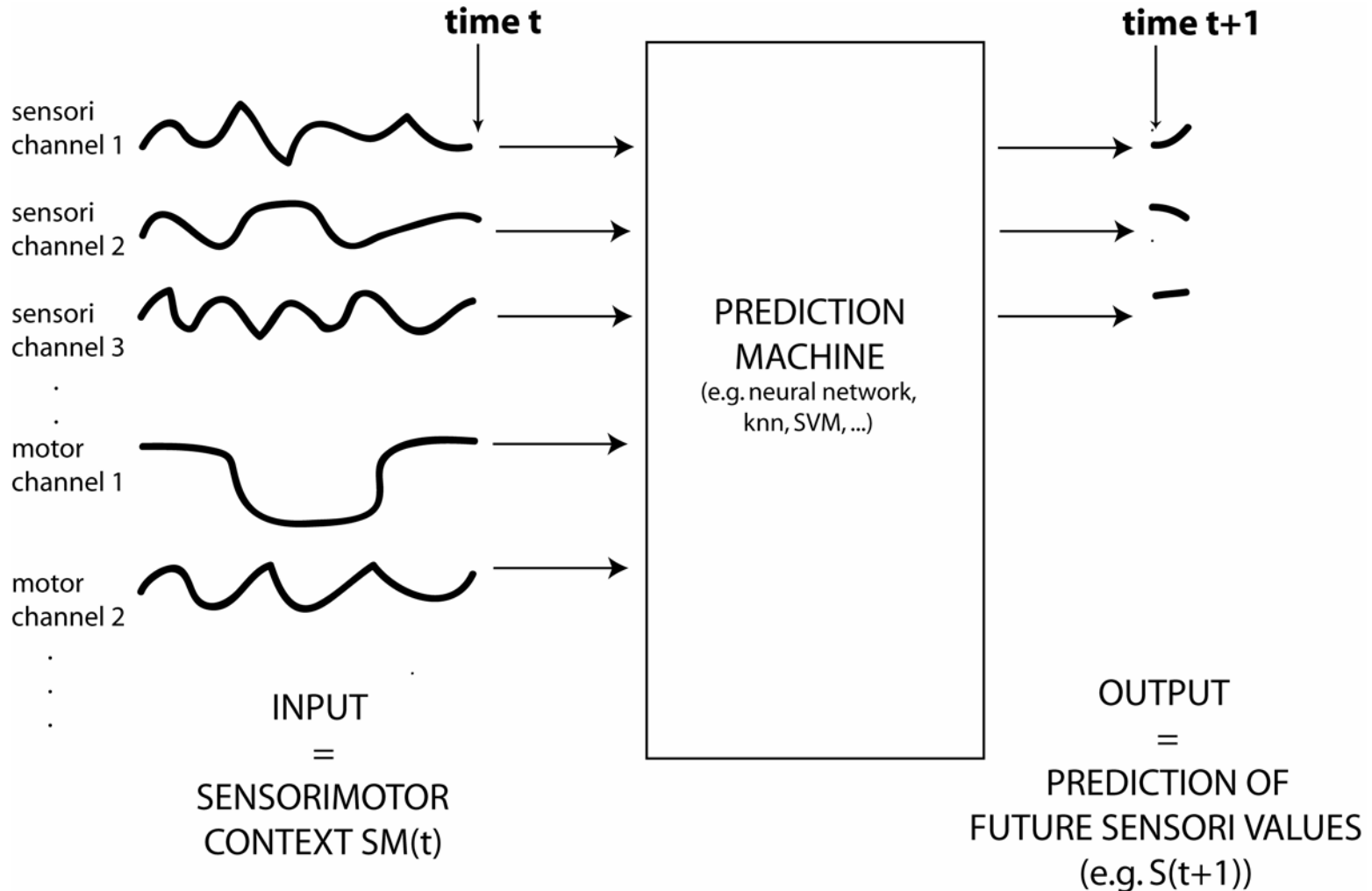
Comment implémenter un système de motivations intrinsèques dans un robot ?



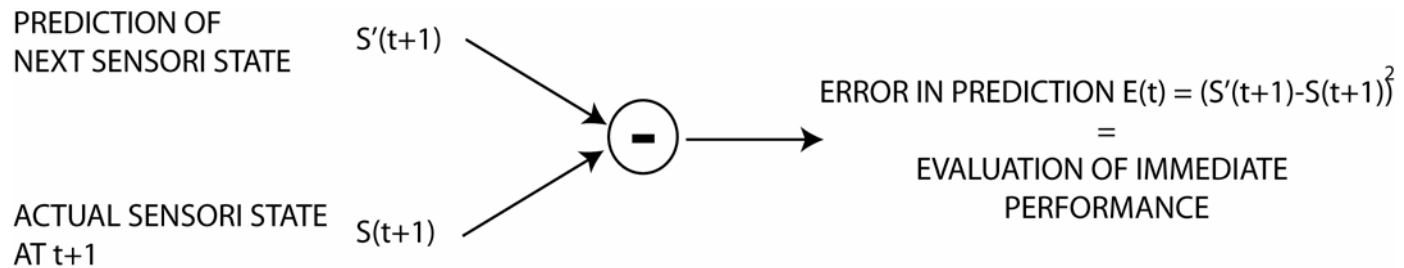
« Nouveauté, surprise, challenge, curiosité »

Il n'existe pas de définition précise dans la littérature en psychologie ...

Une machine de prédiction



L'erreur en prédiction



Les techniques d'apprentissage actif

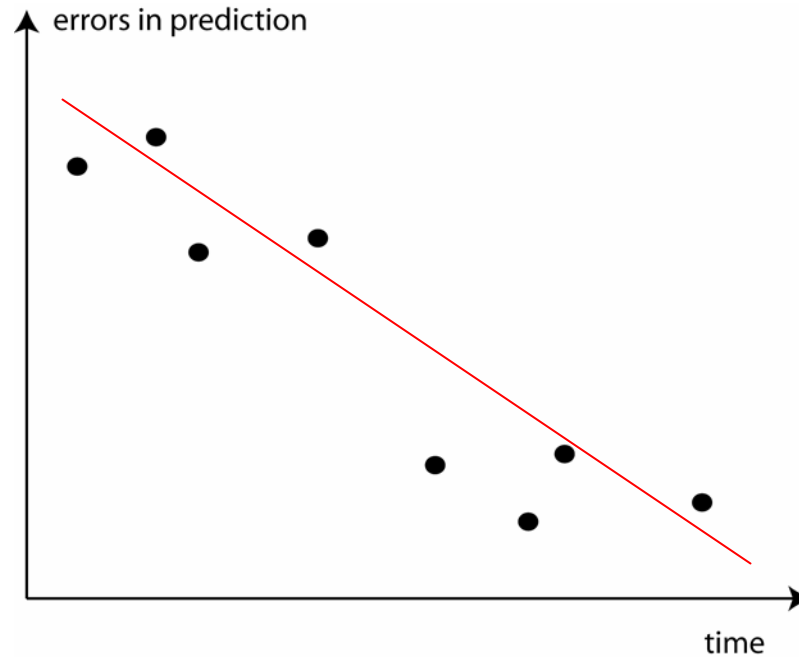
Active learning (Cohn et al., 1996, Hasenjager and Ritter, 2002)

C'est un champ de recherche actif en apprentissage automatique, dans lequel les chercheurs tentent de construire des algorithmes qui peuvent choisir leurs exemples d'entraînement de manière à maximiser le gain informationnel qu'ils apportent

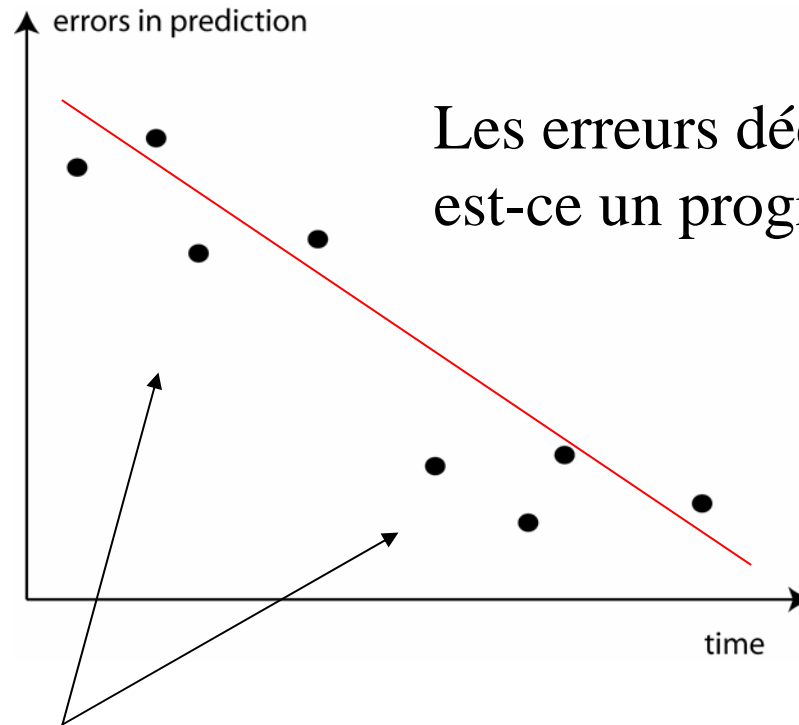
La notion de « nouveauté » a été modélisée dans cette communauté comme caractérisant les situations dans lesquelles les prédictions de la machine apprenante sont les plus mauvaises

→ Cette mesure ne fonctionne que dans un monde idéal préparé à la main, et ne peut pas s'appliquer aux robots qui agissent dans le monde réel.

Le progrès en apprentissage = la diminution des erreurs en prédiction



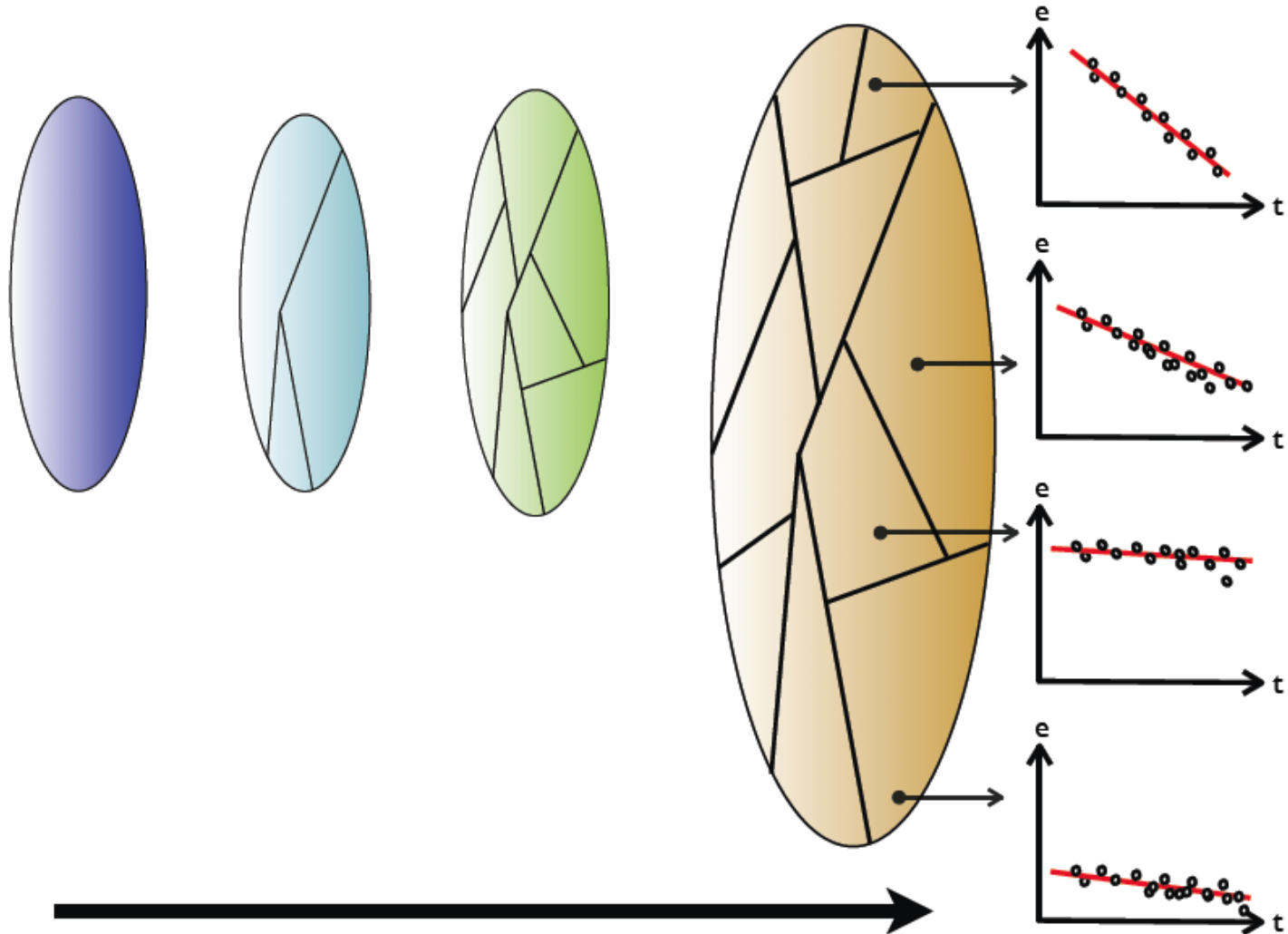
Quels progrès en apprentissage ?



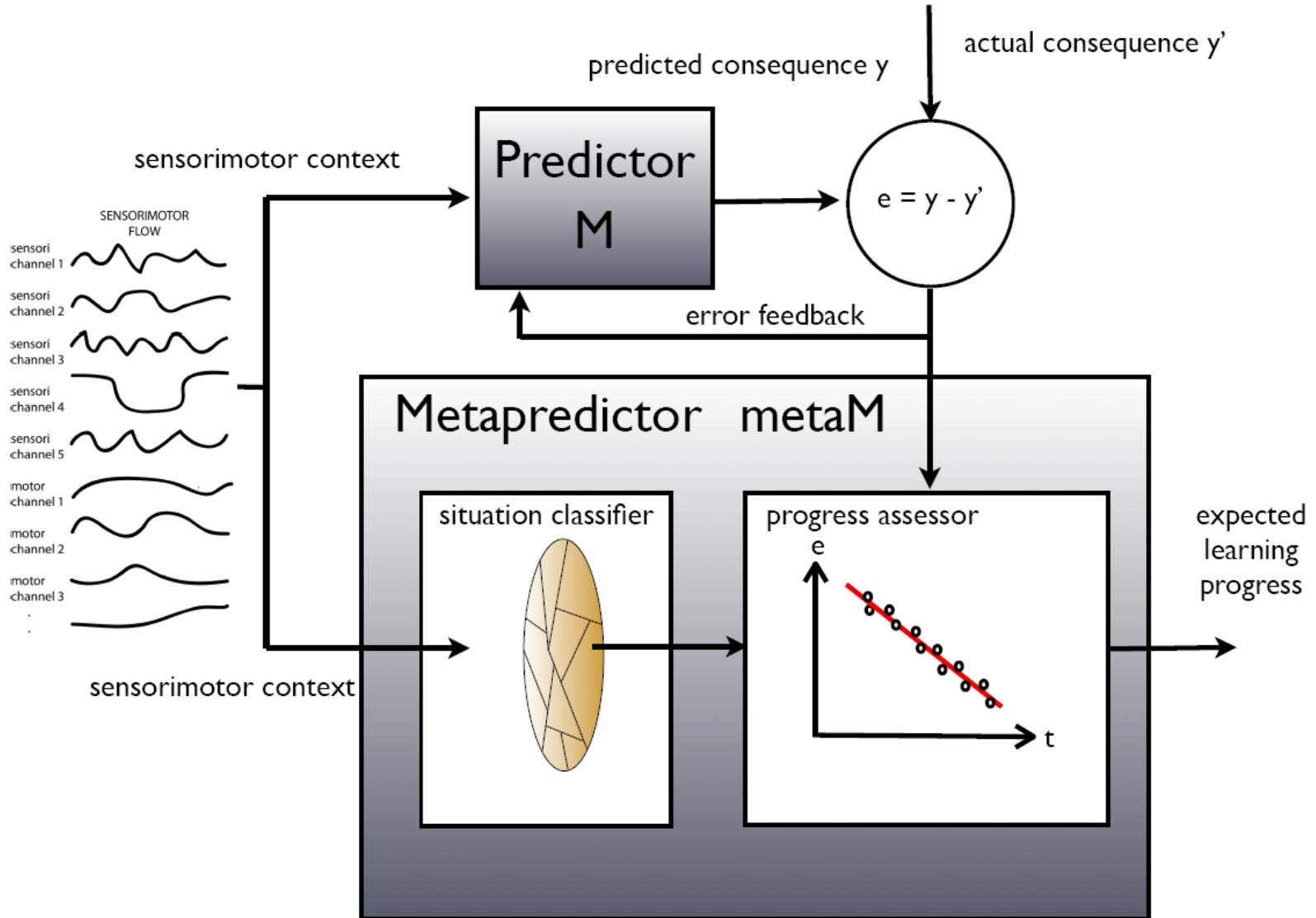
Les erreurs décroissent,
est-ce un progrès en apprentissage ?

Est-ce que ces erreurs correspondent à des contextes sensorimoteurs similaires ?

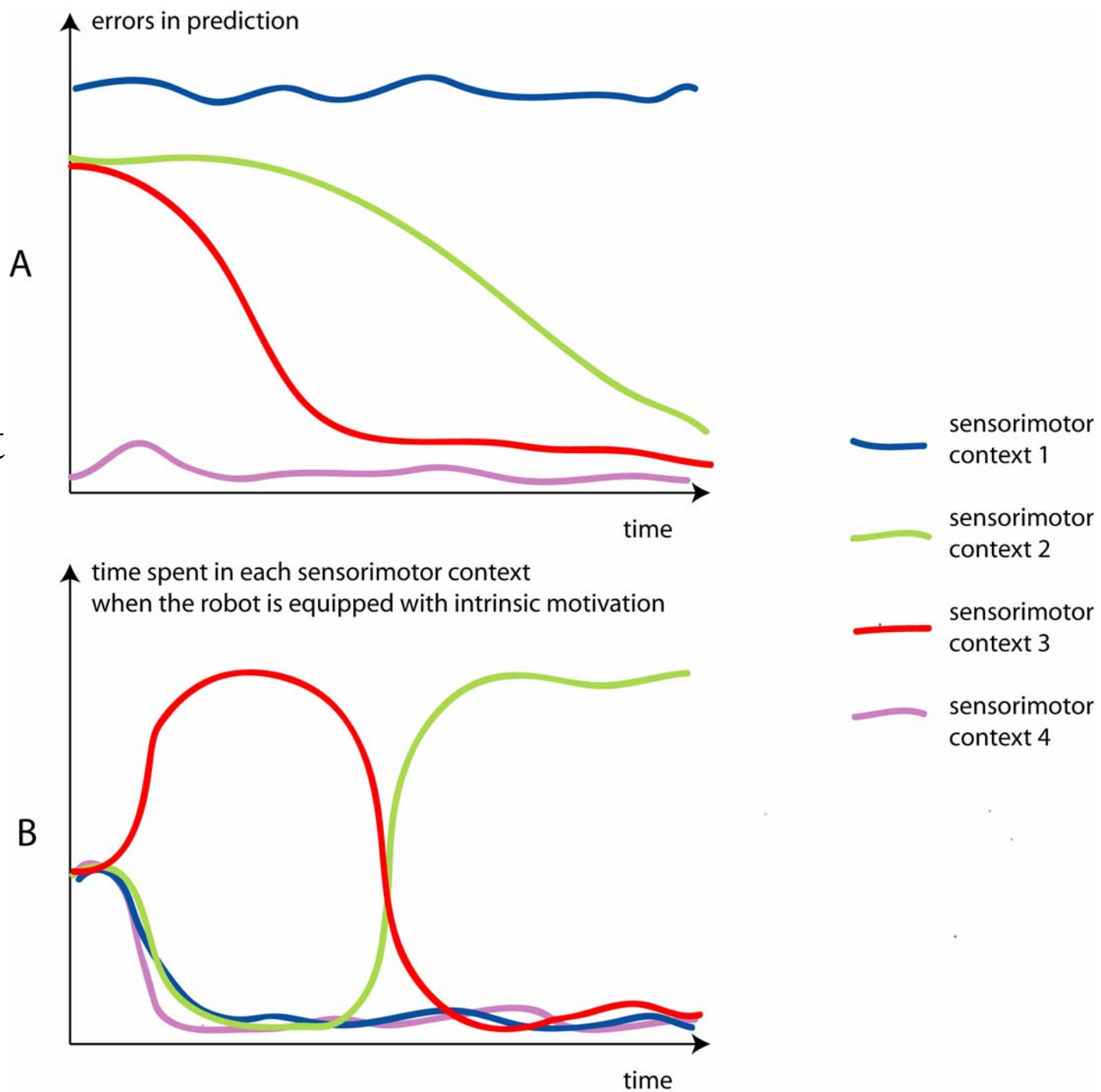
La division récursive de l'espace sensorimoteur



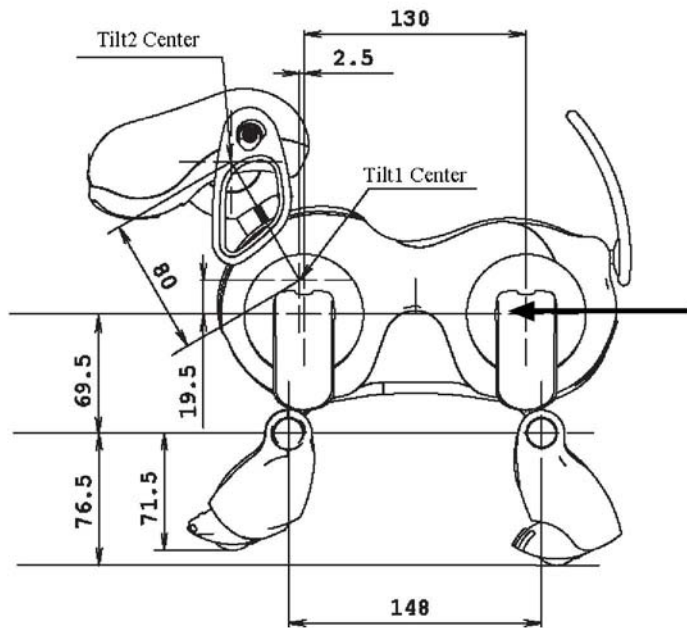
Prédiction et méta-prédiction



Exemple de fonctionnement de la Curiosité Intelligente Adaptative (IAC)



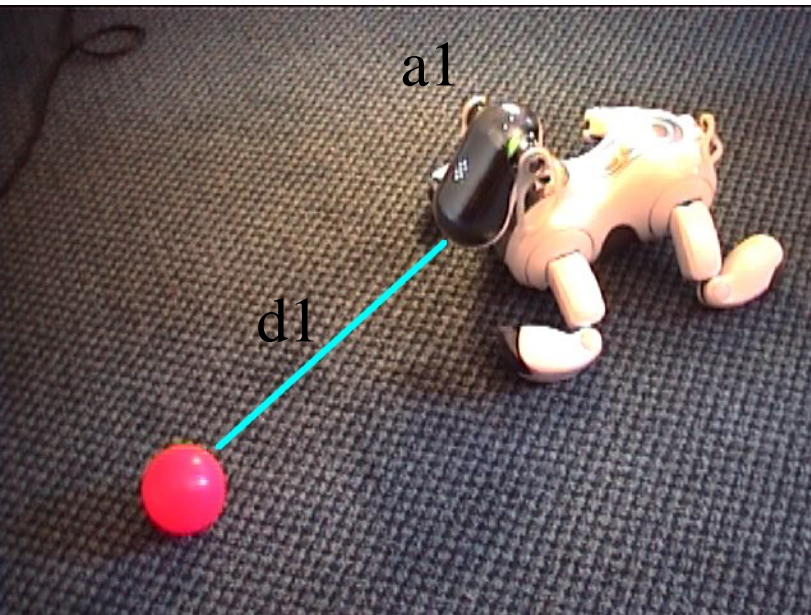
1ère expérience : explorer son corps



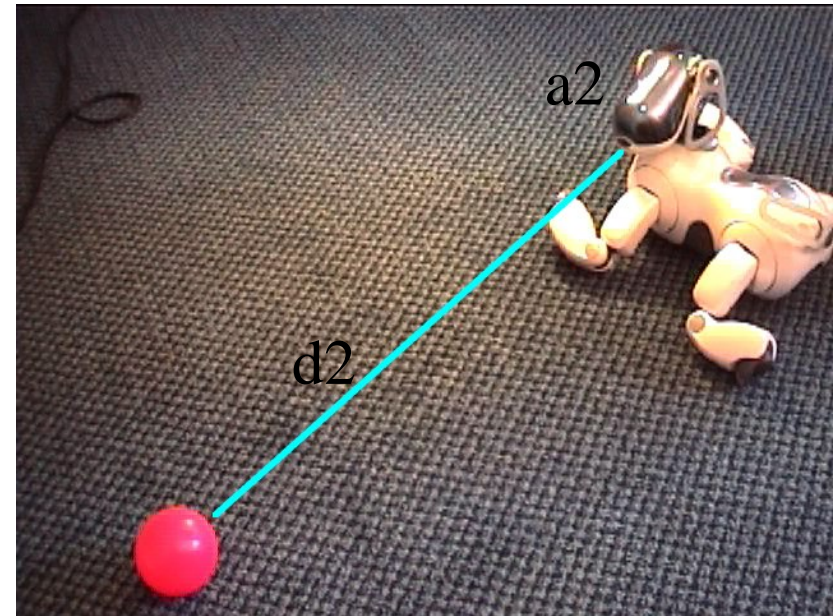
$$j(t) = m + a.\sin(\omega.t + \phi)$$

8 joints * 3 paramètres =
vecteur moteur M à 24 dimensions

Explorer la conséquence de ses mouvements



Position initiale (d1, a1)



Position finale (d2, a2)

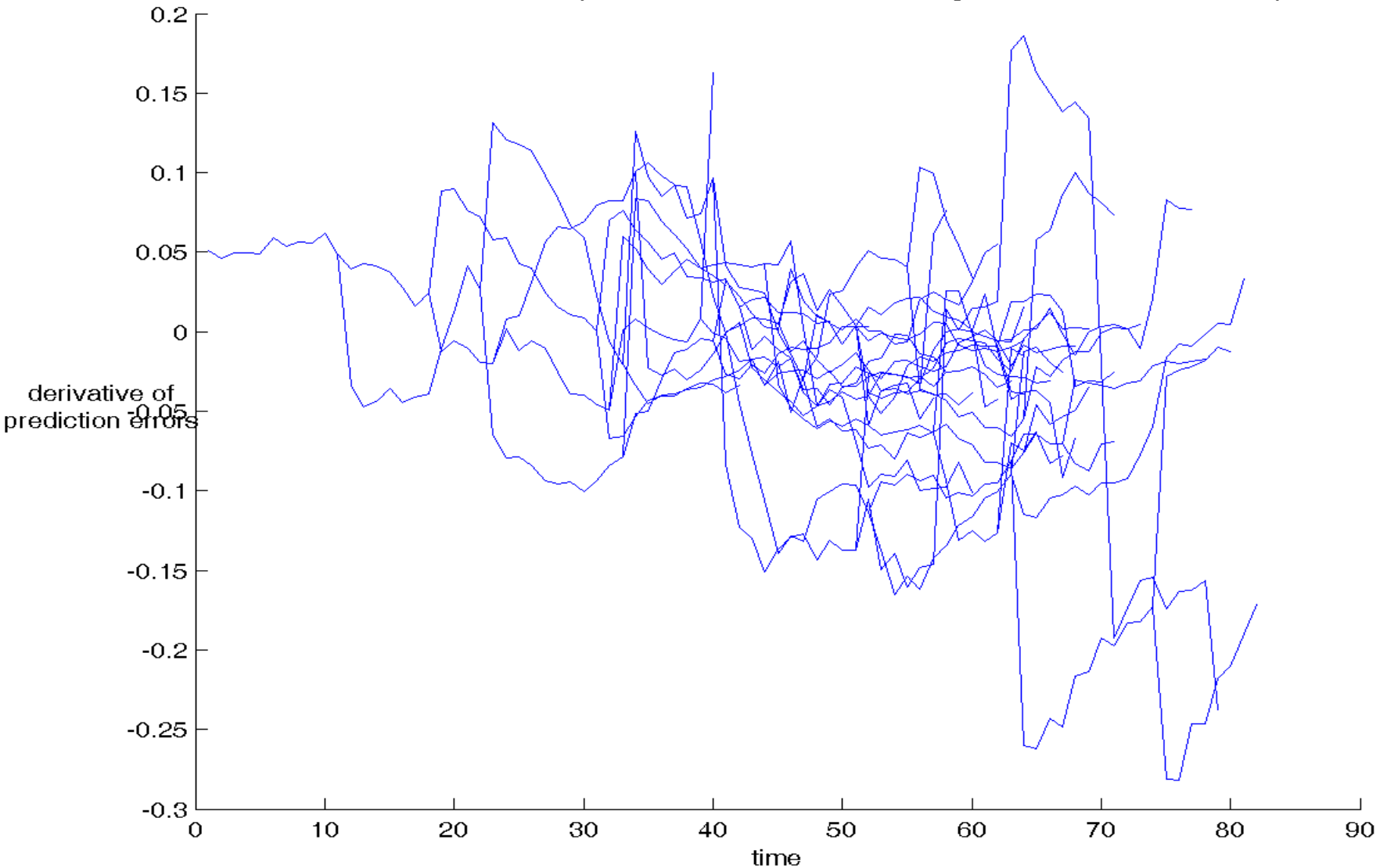
Le robot essaie de prédire :
 $f(d1, a1, M) = (d2 - d1, a2 - a1)$

Exemple



L'arbre des dérivées

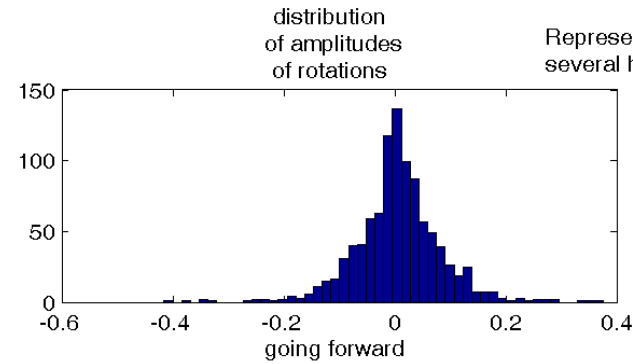
Evolution of the derivatives of prediction errors for different regions of the sensorimotor space



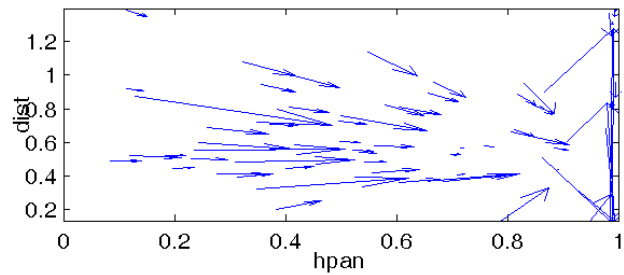
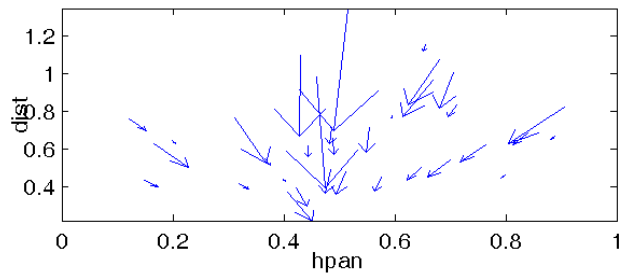
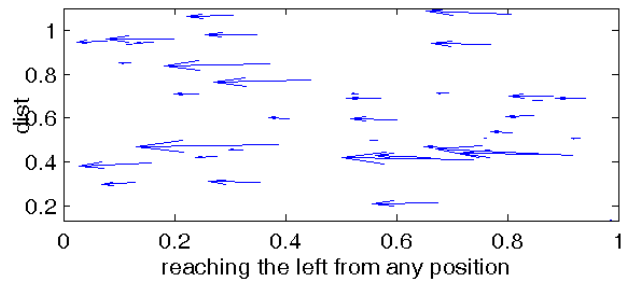
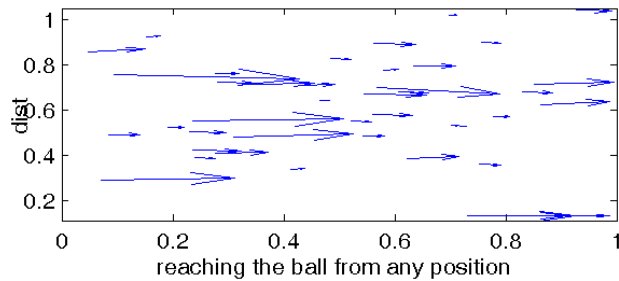
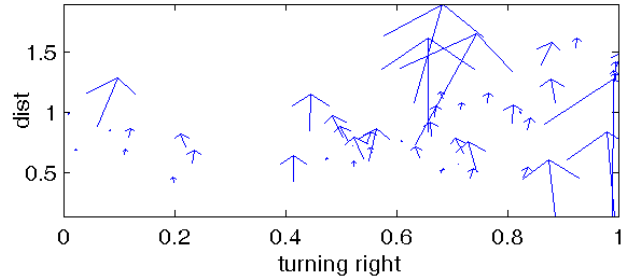
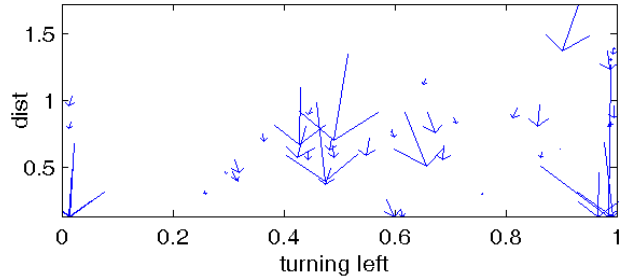
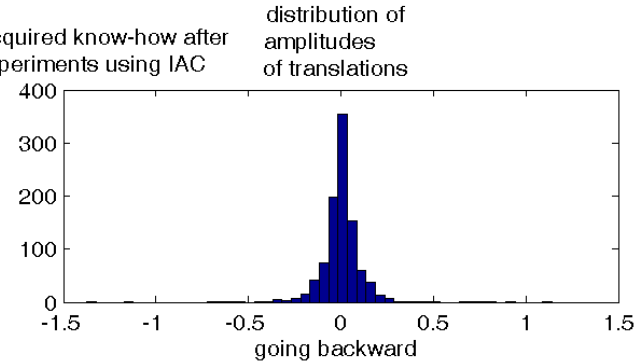
Evolution du comportement



Le savoir-faire acquis

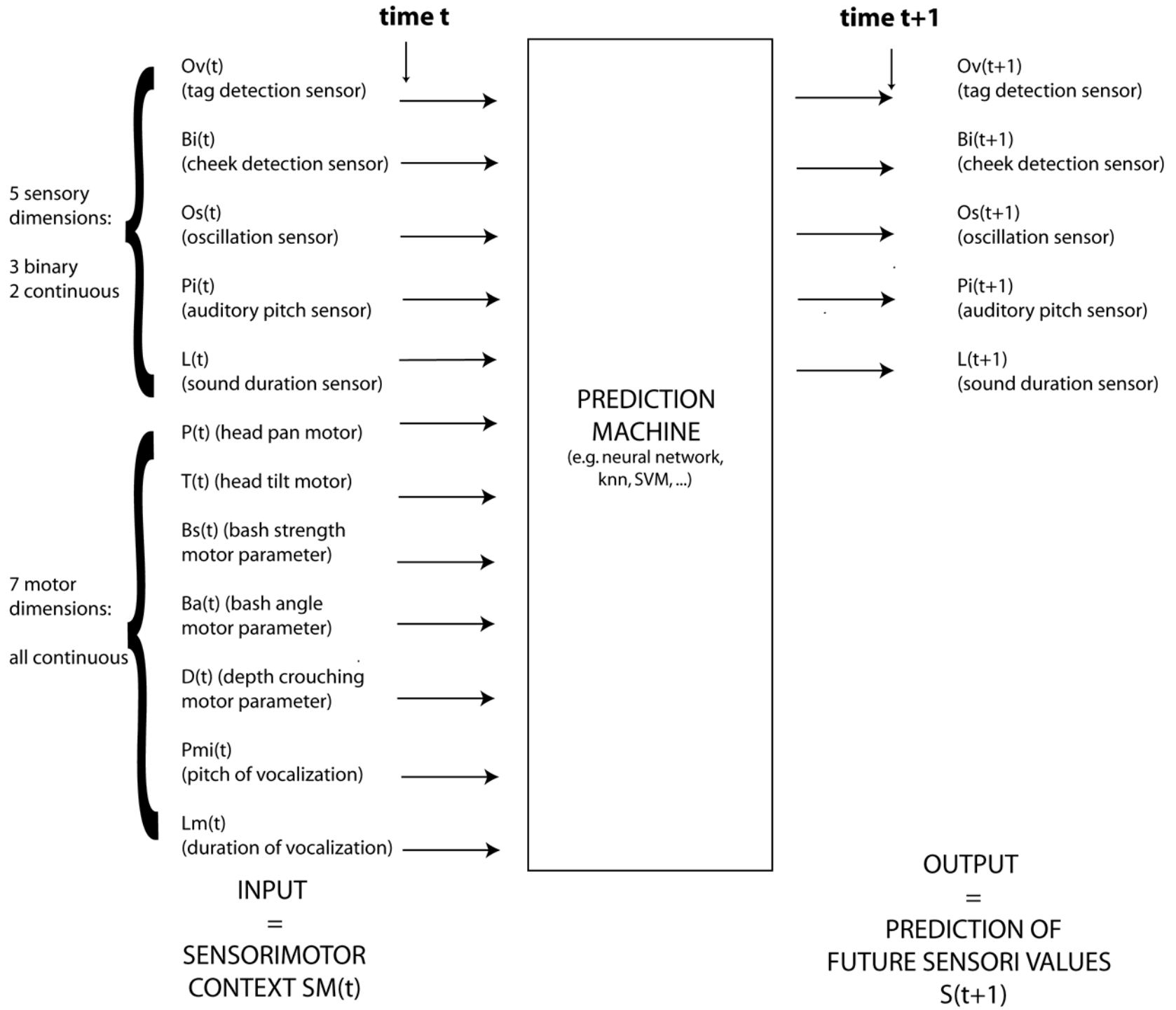


Representation of acquired know-how after several hundreds experiments using IAC



L'expérience du Playground

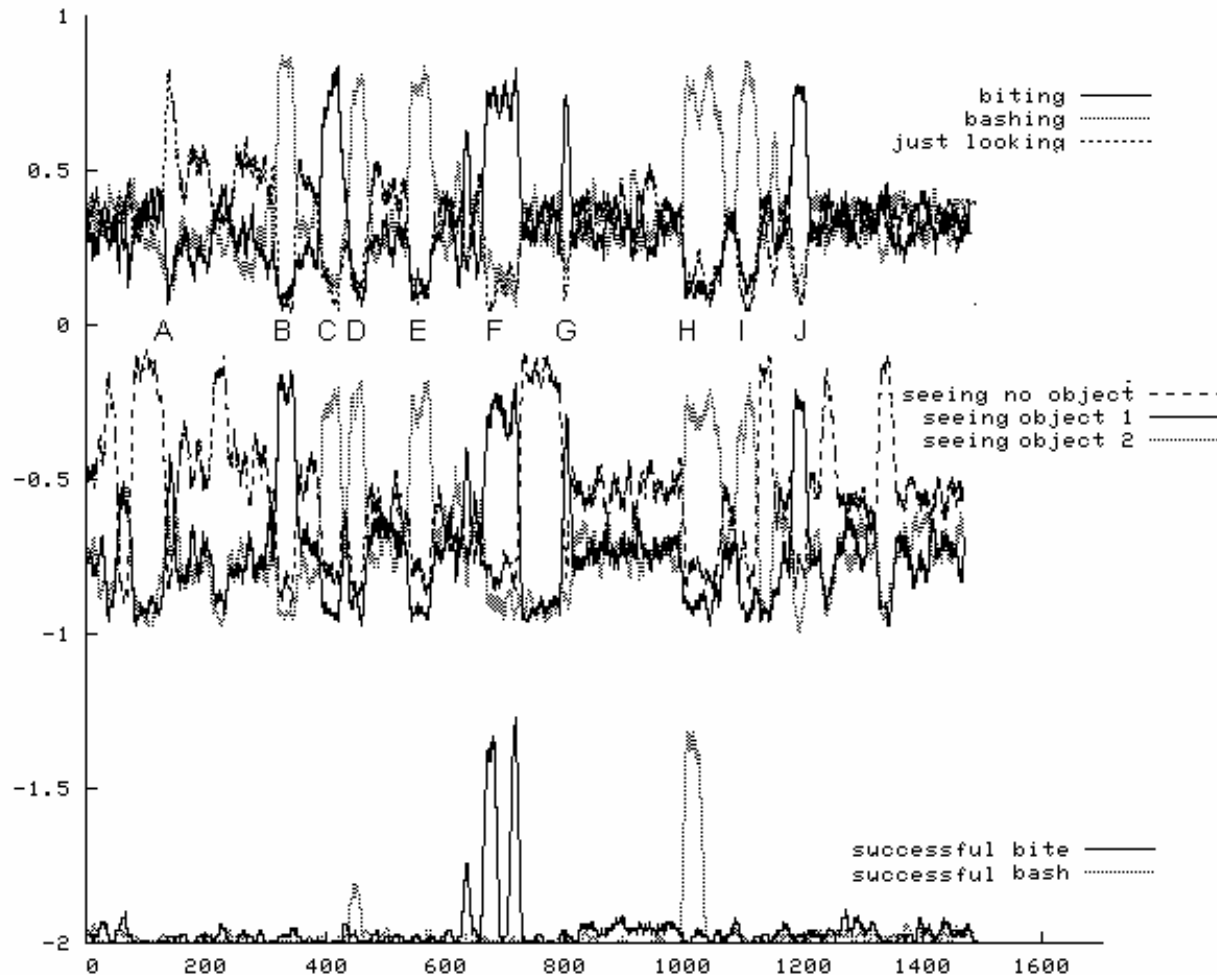






<http://playground.csl.sony.fr>

La formation de pattern développementaux



Régularités statistiques

Measure 1 (number of peaks?)	9.67
Measure 2 (complete scenario?)	Yes: 34 %, No: 66 %
Measure 3 (near complete scenario?)	Yes: 53 %, No: 47%
Measure 4 (non-affordant bite before affordant bite?)	Yes: 93 %, No: 7 %
Measure 5 (non-affordant bash before affordant bash?)	Yes: 57 %, No: 43 %
Measure 6 (period of systematic successful bite?)	Yes: 100 %, No: 0 %
Measure 7 (period of systematic successful bash?)	Yes: 78 %, No: 11 %
Measure 8 (bite before bash?)	Yes: 92 %, No: 8 %
Measure 9 (successful bite before successful bash?)	Yes: 77 %, No: 23 %

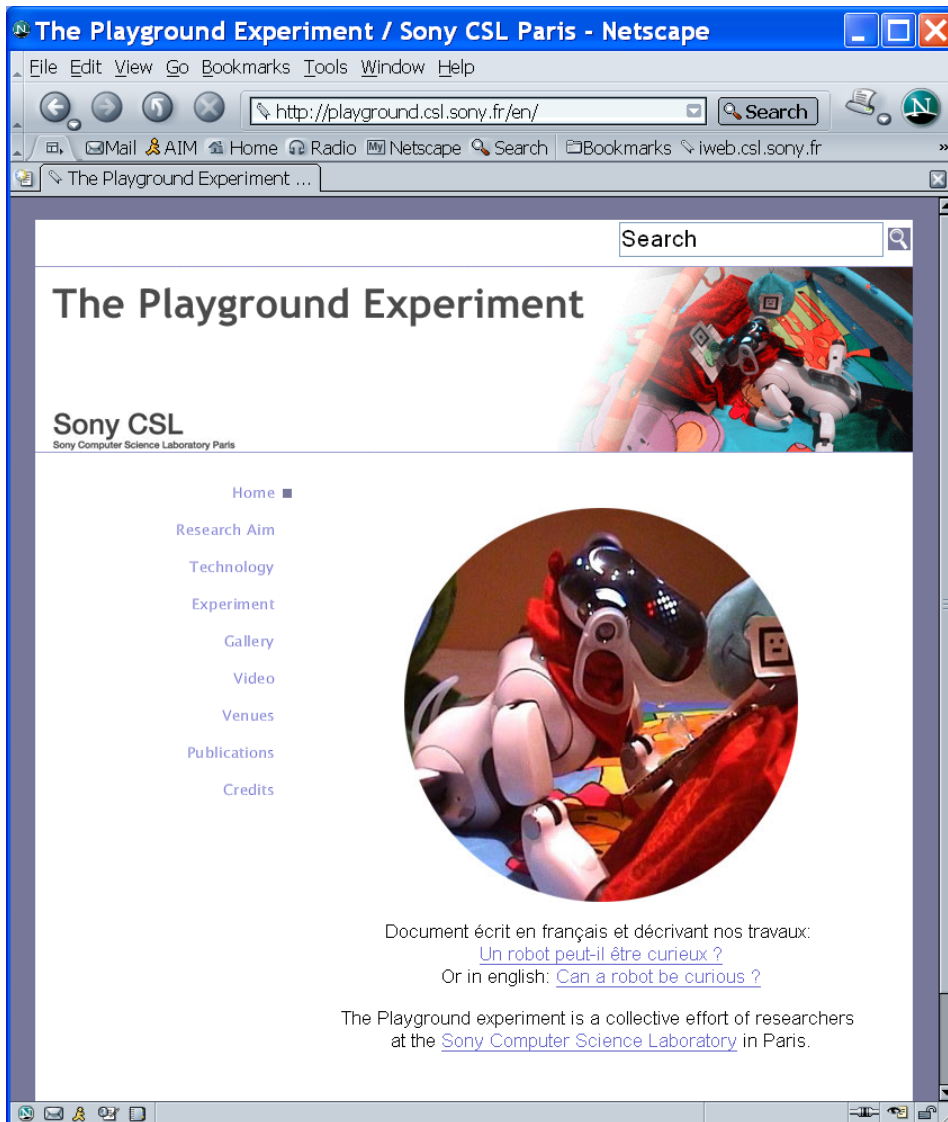
Passer à l'échelle



Augmenter la taille et enrichir la diversité des espaces sensorimoteurs.



Mécanismes d'abstractions des espaces sensorimoteurs et création de représentations internes plus complexes et hiérarchiques.



The PlayGround Experiment Web site:

<http://playground.csl.sony.fr>

Developmental Robotics Group
Sony CSL Paris

Pierre-Yves Oudeyer
Frederic Kaplan
Verena Hafner
Andrew Whyte