

Cours de Robotique et d'Automatisation

## Exercices (partiel), yc. corrigés

Pour la partie 4.6 du cours  
**AIC-Automatisation  
avancée, Intelligence  
artificielle et Cognitive**

v. 31 janvier 2014

heig-vd

Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion  
du Canton de Vaud

institut d'  
Automatisation  
industrielle

Jean-Daniel Dessimoz

Hes·SO

Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse occidentale

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 31.01.2014

1

## Exo. Notion de modèle AIC 008.02.18, 011.02.15,

- **Citer au moins quatre différences importantes entre le tableau de Magritte ci-dessous et une vraie pipe**



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

2

## Exo. Notion de modèle

corr AIC 008.02.18 , 011.02.15,

- Citer au moins quatre différences importantes entre le tableau de Magritte ci-dessous et une vraie pipe

- Volume
- Matière
- Dimension
- Possibilité de fumer
- Même la couleur ne peut pas être exactement la même
- etc.



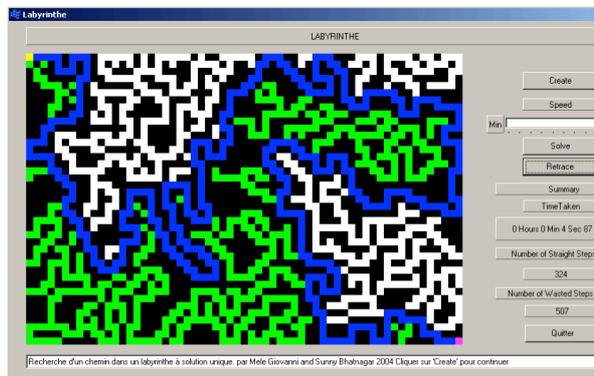
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

3

## Exo. Notion de modèle

AIC 009.02.24, 010.02.15, 013.03.08

- Citer au moins quatre différences importantes entre le labyrinthe ci-dessous et un vrai labyrinthe (négliger les couleurs).



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

4

## Exo. Notion de modèle

corr AIC 009.02.24, 010.02.22, 013.03.08

- **Citer au moins quatre différences importantes entre le labyrinthe précédent et un vrai labyrinthe (négliger les couleurs).**

**Considérons un labyrinthe réel, comme par exemple au labyrinthe-aventure en Valais, fait de thuyas; voici quelques paramètres le rendant très différents du modèle sur ordinateur:**

- **3D – par ex. pour des mulots tout est dégagé**
- **Sol inégal – d'où des problèmes de stabilité pour un robot**
- **Pluie éventuelle**
- **Caractère non-booléen de l'obstacle**
- **Orientation des surfaces à plus de 4 valeurs**
- **Etc.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

5

## 4.6. Sciences cognitives

AIC 008.02.18

**Qu'est-ce qu'un bon modèle et par quels mécanismes intellectuels peut-on le trouver?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

6

## 4.6. Sciences cognitives

**corr** 008.02.18

**Un modèle est bon s'il permet au système d'atteindre l'objectif.**

**Les moyens de trouver un tel modèle sont divers et comprennent un ou plusieurs des éléments ci-dessous:**

- **essais et observation (expérience)**
- **élimination des paramètres d'importance non déterminante pour l'application**
- **intuition (brainstorming)**
- **raisonnement**
- **recours à un expert**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

7

## 4.6. Sciences cognitives

**Qu'est-ce que le "paradoxe du modèle" présenté au cours? expliquez brièvement**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

8

## **4.6. Sciences cognitives**

### **corr**

**« Un modèle, plus il est bon, plus il est faux »**

**Un modèle est bon s'il mène à l'objectif.**

**Plus il est simple, plus il est bon.**

**Or pour être simple, le modèle doit être allégé de tous les éléments non critiques pour atteindre l'objectif. Ce faisant il devient très incomplet et ne représente plus la réalité à laquelle il correspond. Dans ce sens, il est faux.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

9

## **Exo. Quantité d'information**

AIC 007.03.16, AIC 008.02.18 , AIC 009.02.24, 010.02.22, 011.02.15 , **013.03.08**

- **Quelle est la quantité moyenne d'information par lancer dans le cas du dé à 6 faces?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

10

## Exo. Quantité d'information

AIC 007.03.16, AIC 008.02.18 , AIC 009.02.24 , 011.02.15 , 013.03.08  
CORR 1 de 2

- Quelle est la quantité moyenne d'information par lancer dans le cas du dé à 6 faces?

**Solution 1, Equiprobabilité:**

$$Q = \log_2(N) = \log_2(6) = 2.58[\textit{bit}]$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

11

## Exo. Quantité d'information CORR 2 de 2

AIC 007.03.16, AIC 008.02.18, AIC 009.02.24, 010.02.22 , 011.02.15

013.03.08

**Solution 2, Formule générale:**

$$Q = \sum_N \frac{1}{N} \log_2 \left( \frac{1}{\frac{1}{N}} \right) = \frac{1}{6} \log_2(6) + \frac{1}{6} \log_2(6) + \dots = 2.58[\textit{bit}]$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

12

### 1.3.3.2 Quantité d'information

006.02.27, 006.11.11 , **011.02.22**

- Quelle est la quantité d'information contenue dans un message décrivant une pièce de 1 franc retombée sur la tranche? (supposons  $p=1/1000$ ).

### 1.3.3.2 Quantité d'information

**CORR** 006.02.27, 006.11.11 , **011.02.15**

$$Q = \log_2 \left( \frac{\frac{1}{1}}{\frac{1}{1000}} \right) = 9.96 \approx 10 \textit{bit}$$

### 1.3.3.3 Quantité d'information

006.02.27b, 006.11.11

- Dans le cas de l'exercice précédent, comment peut-on trouver  $p$  (c'est-à-dire 1/1000 comme probabilité que la pièce retombe sur sa tranche)?

### 1.3.3.3 Quantité d'information

006.02.27b, 006.11.11 **Corr**

Type de solution 1: Expérimenter: lancer  $n$  fois la pièce, et constater qu'elle retombe  $m$  fois sur la tranche. Dès lors  $p$  peut s'estimer comme le rapport de  $m$  sur  $n$ .

Type de solution 2: Analyser: connaissant la gravité, la dynamique de vol, la forme de l'objet et la nature du support, on peut en principe estimer  $p$

Considérer des fourchettes (min-max)

Faire des hypothèses

Faire un mix des solutions 1 et 2 avec des simulations

### 1.3.3.4 Quantité d'information

006.02.27c

- Quelle est la quantité moyenne d'information pour un lancer de pièce caractérisé par les probabilités suivantes:  
pile: 0.45  
face: 0.45  
tranche: 0.1 ?

### 1.3.3.4 Quantité d'information

**CORR** 006.02.27c

$$\begin{aligned} Q_m &= 0.45 * 1.15 + 0.45 * 1.15 + 0.1 * 3.32 = \\ &= 0.515 + 0.52 + 0.33 = 1.37 \text{ bit} \end{aligned}$$

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2: 006.11.11, 010.02.22

- Quelle est la quantité moyenne d'information délivrée, en une mesure, par un capteur inductif linéaire tel que dans la manipulation 22 au laboratoire: portée de 3mm et précision de 0.1 mm?
- Et si la mesure est répétée 5 fois par seconde, quel est le débit?

### 1.3.3.5 Quantité d'information

**006.02.27c corr v2: 006.11.11, 010.02.22**

$$Q_m = \log_2 (S/B) = \log_2 (3/0.1) = 4.9 \text{ bit}$$

$$D = 5 * 4.9 \approx 25 \text{ bit/s} \quad (\text{ici } 5\text{Hz c'est } f_e \text{ et non } f_{\text{max}})$$

## 1.3.2.2 Débit d'information

AIC008.02.25, AIC 009.03.03

- Un capteur de force mesure au pourcent près des forces comprises entre 0 et 10 N, selon trois axes de coordonnées indépendantes. La mesure peut se renouveler 5 fois par seconde. Estimer le débit d'information de ce capteur.

## 1.3.2.2 corrigé AIC 008.02.25 , AIC 009.03.03

Analyse selon 1 axe:  $Br=10N/100=0.1N$

$$Q = \log_2(N_v) = \log_2\left(\frac{S}{Br}\right) = \log_2\left(\frac{10.0N}{0.1N}\right) = 6.64[bit]$$

Trois axes:

- $Q = 3 * 6.64 = 19.96 \text{ bit} \approx 20 \text{ bit}$
- Débit  $D = F_{éch} * Q = 5 * 20 = 100 \text{ bit/s}$   
(on peut penser que les 5 mesures par seconde sont adéquates, c'est-à-dire respectent la loi  $f_{éch} \geq 2 * f_{max}$ )

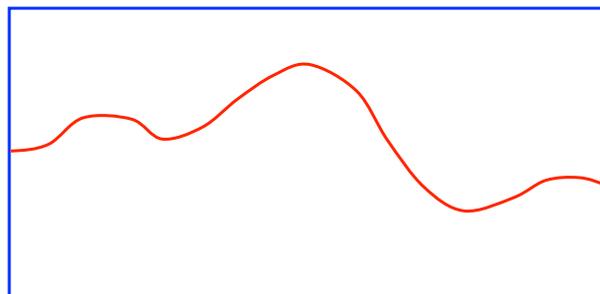
### 1.3.2.2 corrigé AIC 008.02.25 , AIC 009.03.03

Variante équivalente: Prise en compte immédiate des 3 axes pour le calcul du nombre de variantes:

$$Q = \log_2(N_v = 100 * 100 * 100) = \log_2(10^6) \approx 20[\text{bit}]$$

## Exo. Quantité d'information

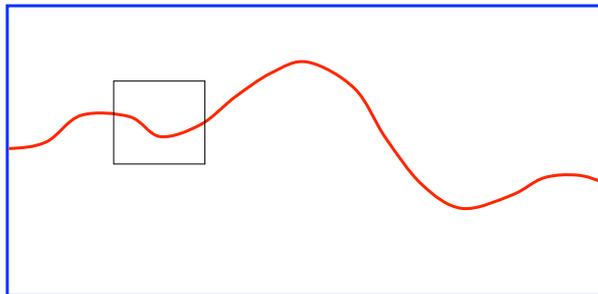
AIC 007.03.1. V.a. 1.3.3.16



**Quelle est la quantité d'information contenue dans la courbe ci-dessus**

## Exo. Quantité d'information

AIC  
007.03.16  
CORR



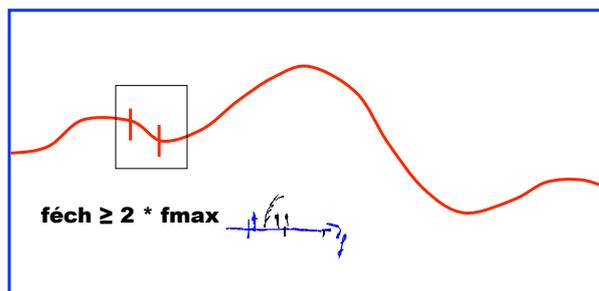
### 1. Estimer la période la plus courte

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

25

## Exo. Quantité d'information

AIC  
007.03.16  
CORR



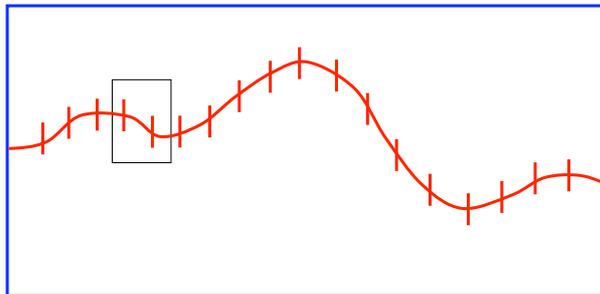
### 2. Y mettre au moins deux échantillons

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

26

## Exo. Quantité d'information

AIC  
007.03.16  
**CORR**

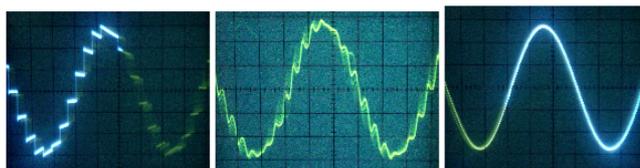


**3. Echantillonner de même la courbe;  
il apparaît ainsi 16 échantillons .**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

27

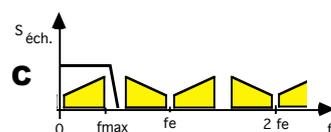
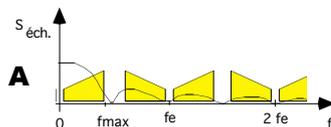
AIC  
007.03.16  
**CORR**



**A**

**B**

**C**



**... reconstruit avec  
simple maintien**

**... parfaitement  
reconstruit,**

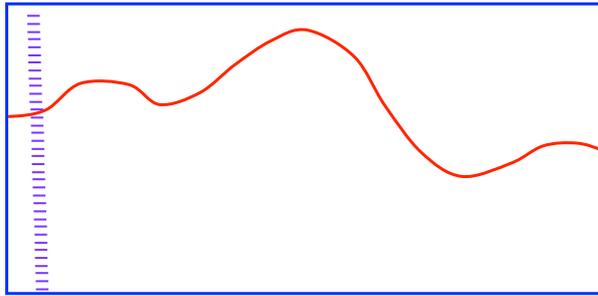
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

28

## Exo. Quantité d'information

### 4. Estimer la quantité d'information par échantillon

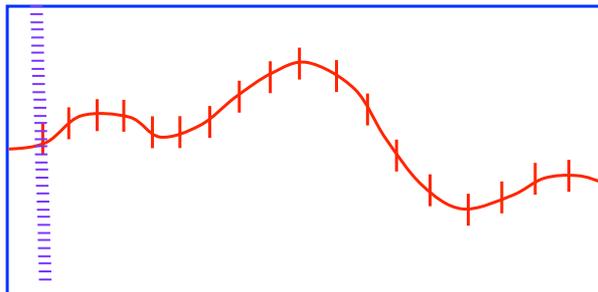
AIC  
007.03.16  
CORR



$$Q = \log_2(N_v) = \log_2\left(\frac{S}{Br}\right) = \log_2\left(\frac{0.40m}{0.01m}\right) = 5.32[bit]$$

## Exo. Quantité d'information

AIC  
007.03.16  
CORR



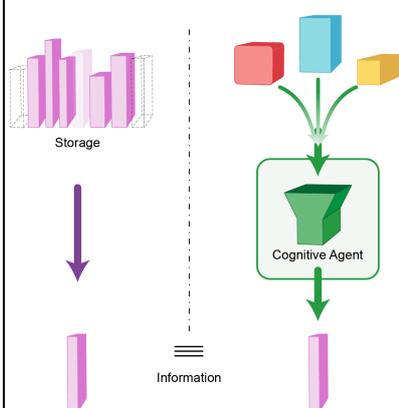
**Conclusion:  $Q=16 \times 5.32=85.12$  [bit]**

## Système cognitif

### -Qu'est-ce que la cognition?

## Système cognitif

### -Qu'est-ce que la cognition? **Corr**



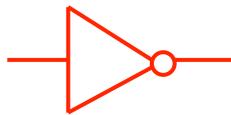
- La cognition décrit la faculté générale d'un système à générer l'information pertinente de façon dynamique, à la demande (cas de droite), sans l'avoir « toute faite », « prémâchée », déjà disponible au préalable en mémoire (cas de gauche).
- Le terme désigne aussi l'ensemble des processus concernés.



## Systeme cognitif – exo 007.03.23

AIC 008.02.25, AIC 009.03.10 , 010.02.22, 011.02.22 , 013.03.08

**-Si l'on veut implémenter un inverseur avec une mémoire, quelle doit être la taille de celle-ci?**



## Systeme cognitif – **Corr** 007.03.23

corrAIC 008.02.25 , AIC009.03.10 , 010.02.22 , 011.02.22, 013.03.08

**-Si l'on veut implémenter un inverseur avec une mémoire, quelle doit être la taille de celle-ci?**

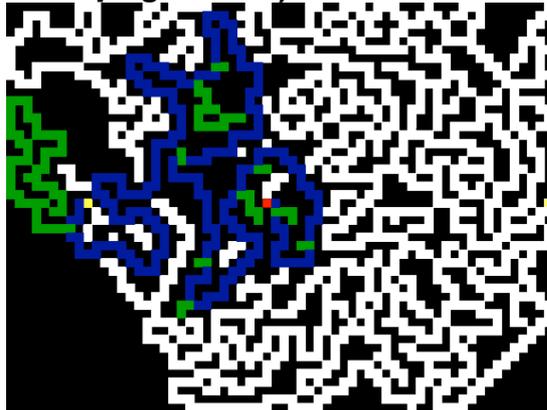


$$M = n_{out} * 2^{n_{in}} = 2[bit]$$

## Estimation de la quantité d'information

Exo 007.03.23, AIC009.03.10 , 010.02.22 , 011.03.08 , 013.03.15

- Observer "labyrinthe". Quelle est la quantité moyenne d'information associée à l'état d'une cellule? (sans marquage coloré)



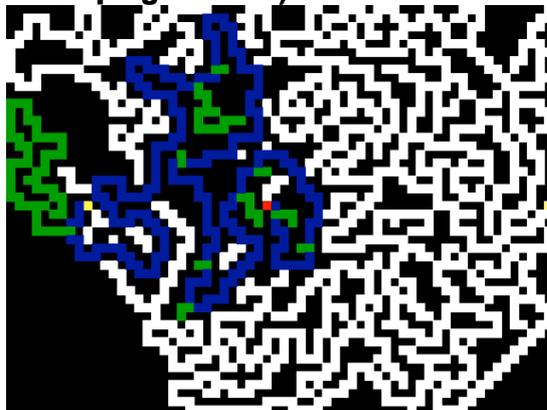
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

35

## Estimation de la quantité d'information

Exo 007.03.30 corr , AIC009.03.10 , 010.02.22 , 011.03.08 , 013.03.15

- Observer "labyrinthe". Quelle est la quantité moyenne d'information associée à l'état d'une cellule? (sans marquage coloré)



Les cellules noires et blanches sont équiprobables, et la quantité d'information est donc de 1 bit par cellule.

$$Q = \log_2(N)$$

$$Q = \log_2(2) = 1[\text{bit}]$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

36

## Estimation de la quantité d'information

Exo 007.03.30 **CORR** , AIC009.03.10 , 010.02.22 , 011.03.08 , 013.03.15

- Observer "labyrinthe". Quelle est la quantité moyenne d'information associée à l'état d'une cellule? (sans marquage coloré)
- Autre raisonnement:
  - 2 messages possibles
    - Libre; Prob.: 0.5
    - Occupé; Prob. 0.5

$$Q_i = \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right) = \log_2(2) = 1 [\text{bit}]$$

$$Q_m = \sum_n p_i Q_i = 0.5 \cdot 1 + 0.5 \cdot 1 = 1 [\text{bit}]$$

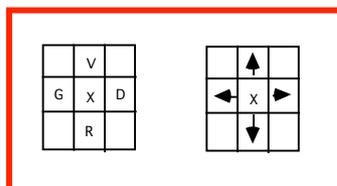
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

37

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

007.03.23, AIC 008.02.25, AIC009.03.03, 010.02.22 , 011.03.08, 013.03.15

- Analyser "labyrinthe":
  - Au niveau local, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

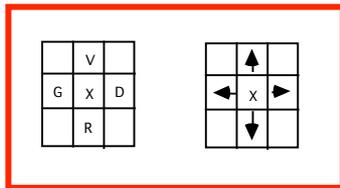
38

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

corrAIC 007.03.23, 008.02.25 , AIC009.03.03, 010.03.08 , 011.03.08

### - Analyser "labyrinthe":

- Au niveau local, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



En entrée: 4 cellules à 1 bit,  
 $n_{in} = 4 \text{ bit}$

En sortie: 4 actions possibles,  
équiprobables:

$$n_{out} = \log_2(4) = 2 \text{ bit.}$$

$$K = \log_2(n_{out} \cdot 2^{n_i} + 1) \text{ [lin]}$$

**K: environ 5 lin (5.04 lin)**

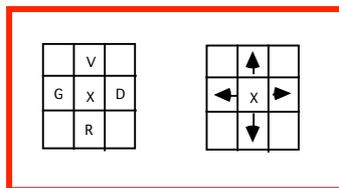
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

39

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

007.03.23 CORR AIC 008.02.25 , AIC009.03.03, 010.03.08 , 011.03.08

### Autre solution pour l'entrée:



Il y a en principe 16 configurations possibles mais 2 ne se rencontrent pas dans les labyrinthes proposés:

```

0      1
0 0 1  1
0      1
    
```

Si les 14 autres configurations sont considérées équiprobables:

$$n_{in} = \log_2(14) = 3.8 \text{ bit}$$

$$K = \log_2(n_{out} \cdot 2^{n_i} + 1) \text{ [lin]}$$

**K: environ 5 lin (4.9 lin)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

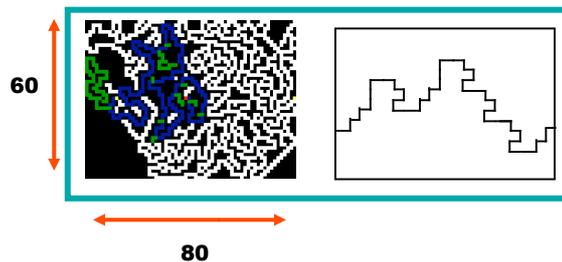
40

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

Exo 007.03.23, AIC 008.03.03 , AIC009.03.03 , 011.03.08

### - Analyser "labyrinthe":

- Au niveau global, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

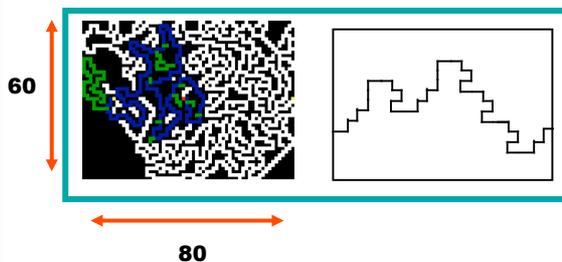
41

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

Exo 007.03.23 CORR AIC 008.03.03 , AIC009.03.03 , 011.03.08 1 de 3

### - Analyser "labyrinthe":

- Au niveau global, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



Entrée:  
80 col. X 60 lignes => 4800  
cellules  
Chaque cellule: 1 bit  
=>  $n_{in}=4'800$  bit

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

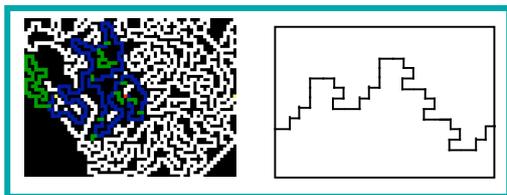
42

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

Exo 007.03.23 CORR AIC 008.03.03 , AIC009.03.03 , 011.03.08 2 de 3

### - Analyser "labyrinthe":

- Au niveau global, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



Sortie:

2 bit par pas

(cf. exercice précédent)

X Npas (environ 300 – en moyenne- estimation grossière)

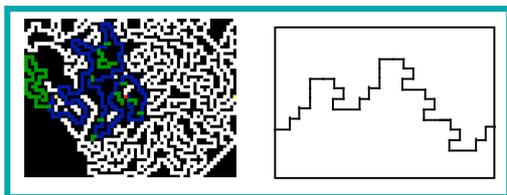
=>  $n_{out}=600$  bit

## Estimation de quantités d'info et de connaissance

Exo 007.03.23 CORR AIC 008.03.03 , AIC009.03.03 , 011.03.08 3 de 3

### - Analyser "labyrinthe":

- Au niveau global, quelle est la quantité d'information entrant et sortant de l'"animat"? et pour la connaissance?



$$K = \log_2(n_{out} \cdot 2^{n_i} + 1) [lin]$$

Ici, 1 est négligeable

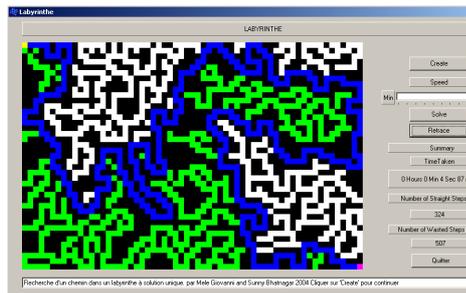
$$K = \log_2(n_{out}) + \log_2(2^{n_i}) [lin]$$

$$K=9.22+4'800 = \text{env. } 4'810 [lin]$$

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 011.03.08 (1 de 2) , 011.03.08

- Analyser “labyrinthe”, sur la figure (la suivante est plus grande).
- Quelles sont les quantités d’expertise:
  - Pour traverser le labyrinthe?
  - Pour faire un pas correct, en moyenne?

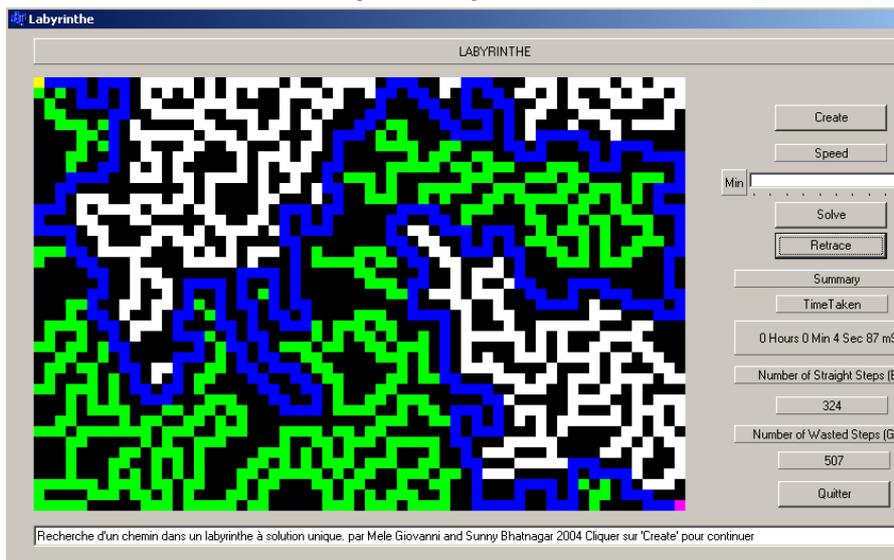


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

45

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 007.03.30 (2 de 2) AIC 008.03.03 , AIC009.03.10 , 011.03.08



$$NFauxPas \approx 2 * NCellulesVertes = 2 * 507 = 1114$$

46

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 011.03.08 (1 de 2) , 011.03.08 CORR

Quantité d'expertise:  $E = K \cdot f = K \cdot c = \frac{K}{\Delta t} [\text{lin} / \text{s}]$

1. Pour traverser le labyrinthe?  
 $K = 4810 [\text{lin}] \quad \Delta t = 4.09 [\text{s}] \quad E = \frac{K}{\Delta t} = \frac{4810}{4.09} \approx 1200 [\text{lin} / \text{s}]$

2. Pour faire un pas correct, en moyenne?

Le temps total:  $\Delta t = 4.09 [\text{s}]$

Considérons 324 pas corrects (cf. écran)

En moyenne :  $\Delta t = \frac{4.09}{324} = 0.015 [\text{s}]$

$K \approx 5 [\text{lin}] \quad E = \frac{K}{\Delta t} = \frac{5}{0.015} \approx 333 [\text{lin} / \text{s}]$

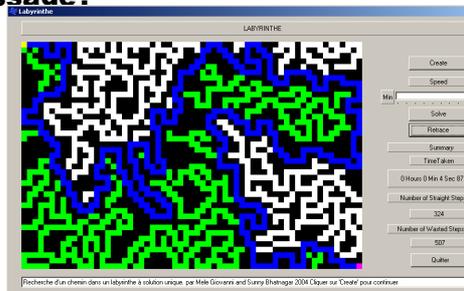
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

47

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 007.03.30 (1 de 2) AIC 008.03.03, AIC009.03.10, 010.03.08, 011.03.08

- Analyser "labyrinthe", sur la figure (la suivante est plus grande).
- En modélisant le labyrinthe et colorant ses passages, un animat peut-il apprendre?
- Quelles sont dans ce cas les quantités d'expertise, avant et après apprentissage?
- Y a-t-il intelligence?
- Si oui combien?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

48

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 007.03.30 (2 de 2) AIC 008.03.03 , AIC009.03.10 , 011.03.08

$$NFauxPas \cong 2 * NCellulesVertes = 2 * 507 = 1114$$

49

## Estimation de grandeurs cognitives

Exo 007.03.30 **Corr** AIC 008.03.03, 009.03.10 , 011.03.08

- En modélisant le labyrinthe et colorant ses passages, un animat peut-il apprendre? **Oui, car il termine plus vite la deuxième fois (chemin bleu) que la première fois (chemin bleu + visite des impasses en vert.)**
- Quelles sont dans ce cas les quantités d'expertise, avant et après apprentissage?

Calcul de l'expertise pour le cas local:  $E = K \cdot f = K \cdot c = \frac{K}{\Delta t} [lin / s]$

Avant (cf. exo précédent) :  $K \cong 5 [lin]$

Ici,  $T_{total} = 4.087$  s,  $NPasJustes = 324$ ;

$\Delta t = 0.015 [s]$  = temps de prise de décision

=>  $E_{local} = 5 / 0.015 \cong 333 [lin / s]$  (cf. exo précédent)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 8.3.2011

50

## Estimation de grandeurs cognitives

**Exo 007.03.30 Corr** AIC 008.03.03, 010.03.10, 011.03.08

- En modélisant le labyrinthe et colorant ses passages, un animat peut-il apprendre? Oui, car il termine plus vite la deuxième fois (chemin bleu) que la première fois (chemin bleu + visite des impasses en vert.)
- Quelles sont dans ce cas les quantités d'expertise, avant et après apprentissage?

Calcul de l'expertise pour le cas local, après un passage:

Si pas de mémorisation :

idem => pas d'apprentissage ni d'intelligence

Si mémorisation : traitement du chemin bleu (recolorié de façon exclusive en blanc) => processus idem, au niveau local!

## Estimation de grandeurs cognitives

**Exo 007.03.30 Corr** AIC 008.03.03, 010.03.08, 011.03.08

- En modélisant le labyrinthe et colorant ses passages, un animat peut-il apprendre? Oui, car il termine plus vite la deuxième fois (chemin bleu) que la première fois (chemin bleu + visite des impasses en vert.)
- Quelles sont dans ce cas les quantités d'expertise, avant et après apprentissage?

Avant (cf. exo précédent) :  $E(t_0) = Kf = \frac{K}{\Delta t} = \frac{4'810 \text{ lin}}{4.09 \text{ s}} \approx 1'200 [\text{lin} / \text{s}]$

Après:  $E(t_1) = \frac{4'810}{0.99^*} = 4'859 [\text{lin} / \text{s}]$

\* Estimé au pro rata du nombre de pas:  $\frac{324}{324 + 2 * 507} * 4.09 = 0.99 \approx 1 \text{ s}$

- Y a-t-il intelligence?

Oui (cf. définition: capacité d'apprendre, càd. d'augmenter E)

- Si oui combien?  $\frac{\Delta E}{\Delta t} \approx \frac{4'859 - 1'200}{4.09} = 895 \text{ lin} / \text{s}^2$

## **Estimation de grandeurs cognitives**

**Exo 002.06.18**

**Quelle est la quantité d'expertise caractérisant un mobile capable de faire 1 pas dans le labyrinthe vu au cours, sachant que le mobile fait en moyenne un pas par milliseconde ?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

53

## **Estimation de grandeurs cognitives**

**Exo 002.06.18a**

**Quelle est la quantité de connaissances nécessaire pour additionner deux nombres à 2 chiffres décimaux ? (nombres positifs)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

54

## **Estimation de grandeurs cognitives**

**Exo 002.06.18 b**

**Donner un exemple de système qui apprend.  
Justifier votre réponse.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

55

## **Structure de commande**

**007.04.20, AIC 008.03.03, 010.03.15, 013.03.22**

**Aussi 3.4...Servocommandes** 006.01.24b, 006.11.27, 007.04.20

On souhaite régler un système dont la constante de temps (caractéristique) est de 1 milliseconde, avec un régulateur P échantillonné à la cadence d'une milliseconde également. Est-ce possible ? Justifier votre réponse.

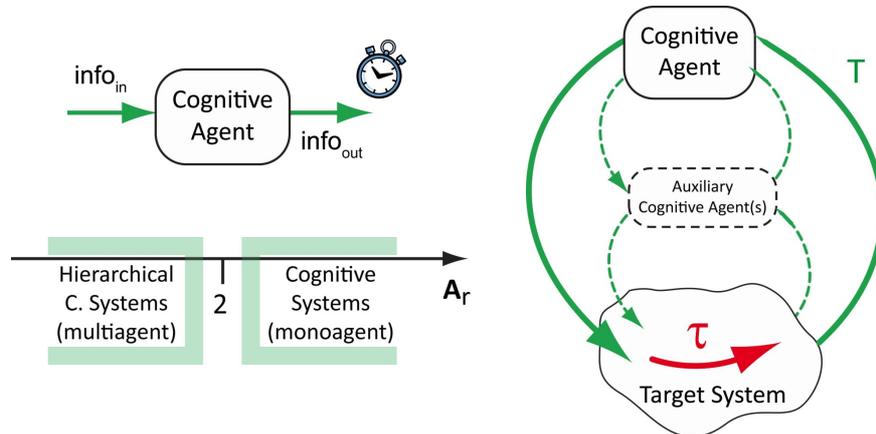
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

56

# Structure de commande

**Corr 007.04.20, AIC 008.03.03, 010.03.15 , 011.03.15**

Point de vue cognitif



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

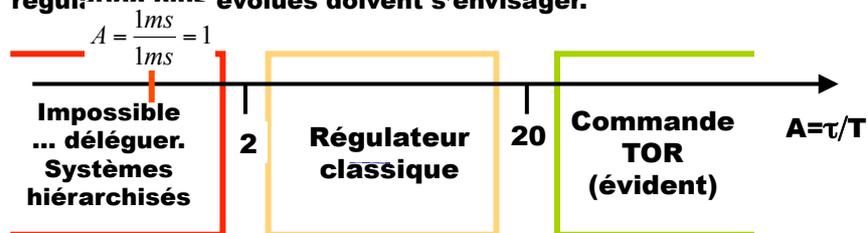
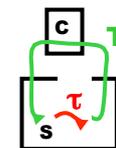
57

# Structure de commande

**corr 1 de 2 007.04.20, 009.03.10 , 010.03.15 , 011.03.15**

On observe que pour des commandes, **C**, rapides avec retards faibles (**T** petit), les solutions simples sont appropriées. Lorsqu'au contraire, **T** avoisine ou dépasse la constante de temps caractéristique,

**tau**, du système à commander, **S**, des modes de régulation plus évolués doivent s'envisager.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

58

## Structure de commande

corr 2 de 2, 007.04.20, 010.03.15 , 011.03.15

•La réponse est « non » comme le graphique ci-dessous le montre, vu l'agilité relative, le rapport  $T/\tau$ , qui vaut 1.

•( $T$ , c'est le temps de régulation, d'environ 1ms; et  $\tau$  , c'est la constante de temps caractéristique du système, qui vaut ici 1 ms également; pour une telle situation, un régulateur supplémentaire, plus agile, en aval, est nécessaire)

L'agilité se définit ici comme l'inverse du temps de réaction. Et l'agilité relative d'une commande par rapport à un système qu'elle contrôle correspond à l'inverse du rapport des temps de réactions respectifs

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

59

## Structure de commande

•Si l'agilité relative indique qu'un régulateur classique serait utile (P, , PD, PID, ... ), comment le dimensionner?

•Décrire la méthode basique de Ziegler-Nichols

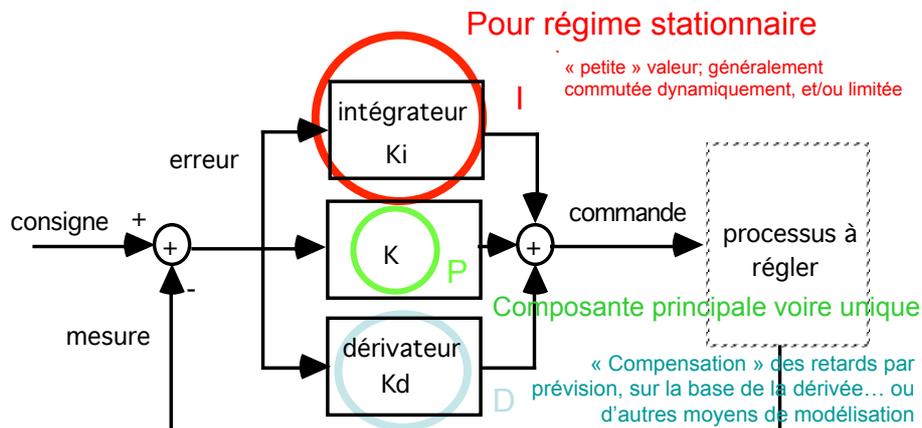
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

60

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

corr 1 de 2

## Aperçu: régulateur PID



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 30.01.2014

61

## Méthode de Ziegler-Nichols pour dimensionner un régulateur PID 1 de 2

corr 2 de 2

Brancher le régulateur au système avec des gains P, I et D initialement nuls. Augmenter progressivement le gain de la branche proportionnelle ( $K_P$ ).

3 scénarios sont possibles:

- Dans certains cas on peut augmenter ce gain arbitrairement et cela va de mieux en mieux. Un réglage tout-ou-rien est alors indiqué.
- Dans d'autres cas, le système ne bouge pas (gain très faible) ou est instable pour toutes (autres) valeurs du gain, et il faut changer d'approche. On ne peut utiliser un régulateur PID dans ce contexte (cf. systèmes hiérarchisés).
- Le cas intéressant ici est celui où un régulateur PID (ou P, PI, etc.) est à la fois nécessaire et utile.

Dans ce cas on observe généralement que l'augmentation de  $K_P$  est d'abord judicieuse (amélioration en terme de précision, de vitesse de régulation), jusqu'à une certaine valeur critique,  $K_C$ , au-delà de laquelle le système se met à osciller.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 12.02.2010

62

## **4.6... Définition de l'I.A. 1**

**007.04.20, 008.03.10, 009.03.24, 010.03.16,  
011.03.29 , 013.03.22**

**Qu'est-ce que l'intelligence artificielle selon  
Alan Turing ?**

## **4.6... Définition de l'I.A. 1**

**007.04.20 , 009.03.24 , 010.03.16 **CORR**, 011.03.29**

**Qu'est-ce que l'intelligence artificielle selon  
Alan Turing ?**

**Cf. cours. En bref: capacité pour une machine  
de « chatter » comme un humain.**

## 4.6... Définition de l'I.A. 2

007.04.20, 009.03.24 , 010.03.16, 011.03.29

**Qu'est-ce que l'intelligence selon le modèle MSC vu au cours?**

## 4.6... Définition de l'I.A. 2

007.04.20 , 009.03.24 , 010.03.16 **CORR**, 011.03.29

**Qu'est-ce que l'intelligence selon le modèle MSC vu au cours?**

**Cf. cours. En bref: capacité pour une machine de « d'apprendre », c'est-à-dire d'augmenter son niveau « d'expertise ».**

## **4.6... Définition de l'I.A. 3**

**007.04.20** ,010.03.16

**Quelle définition de l'intelligence rend toute intelligence artificielle impossible?**

## **4.6... Définition de l'I.A. 3**

**corr**

**Quelle définition de l'intelligence rend toute intelligence artificielle impossible?**

**Cf. cours. En bref: capacité cognitive propre à l'homme.**

## **4.6... Définition de l'IA. 4**

**Expliquer comment l'intelligence artificielle se définit concrètement par sa réalité sociale et historique, plutôt que par ses propriétés essentielles (définition ontologique)?**

## **4.6... Définition de l'IA. 4**

**corr**

**Expliquer comment l'intelligence artificielle se définit concrètement par sa réalité sociale et historique, plutôt que par ses propriétés essentielles (définition ontologique)?**

**Cf. cours. En bref: voir ce qui se passe dans les labos d'IA. Par exemple à l'Uni de ZH: système capable de bouger des nageoires comme un poisson.**

## 4.6... Système-expert

**Qu'est-ce qu'une base de connaissance, et comment est-elle réalisée ?**

## 4.6... Système-expert

**corr**

**Qu'est-ce qu'une base de connaissance, et comment est-elle réalisée ?**

**Voir cours. En bref, c'est un ensemble de « granules » de connaissances; en pratique c'est généralement une collection de « règles » de la forme « Si ... condition ... alors ... action ».**

## 4.6... Arbre de décision

AIC 008.03.10 , 009.03.24

**On souhaite obtenir 12 points en cumulant les points de trois lancers successifs d'un dé à 6 faces. Créer l'arbre de décision correspondant.**

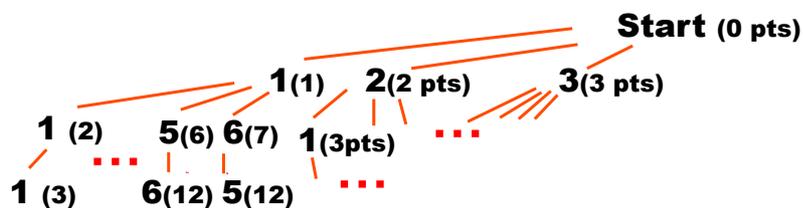
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

73

## 4.6... Arbre de décision

AIC 008.03.10 , 009.03.24, **Corr**

**On souhaite obtenir 12 points en cumulant les points de trois lancers successifs d'un dé à 6 faces. Créer l'arbre de décision correspondant.**



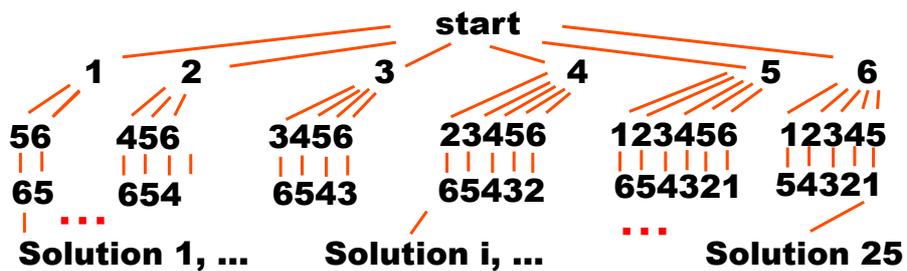
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

74

## 4.6... Arbre de décision

**CORR** (1 de 2) AIC 008.03.10 , 009.03.24

Ici, pour une bonne lisibilité, seules les branches menant au succès sont représentées.



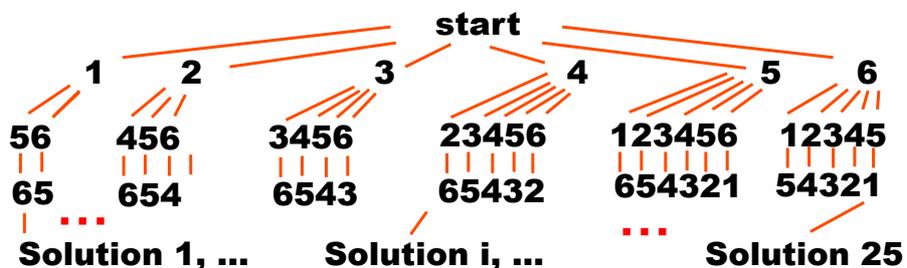
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

75

## 4.6... Arbre de décision

**CORR** (2 de 2) AIC 008.03.10 , 009.03.24

Les heuristiques, telles que « Plus que 12, c'est trop », permettent de tailler l'arbre de décision, c'est-à-dire d'ignorer certaines branches.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

76

## 4.6... Arbre de décision

**Sur la base de l'exercice précédent, expliquer les notions de « chaînage avant », « chaînage arrière », recherche « en largeur » et « en profondeur ».**

## 4.6... Arbre de décision **corr**

**Sur la base de l'exercice précédent, expliquer les notions de « chaînage avant », « chaînage arrière », recherche « en largeur » et « en profondeur ».**

**On cherche une solution dans l'ordre suivant:**

**Chaînage avant, en largeur: Start, puis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 6, 4, 5, 6, etc. jusqu'à Solution 1.**

**Chaînage arrière, en largeur: Solution 1, puis 6,5, 6,5,4, 6,5,4,3, 6,5,4,3,2, 6,5,4,3,2,1, 5,4,3,2,1, 5,6, 4,5,6, etc. jusqu'à Start.**

**Chaînage avant, en profondeur: Start, puis 1, 5, 6, Solution 1.**

**Chaînage arrière, en profondeur: Solution 1, puis 6, 5, 1 Start.**

## 4.6. Eliza 1

010.03.16 , 013.04.12

**Selon quelle définition classique le programme Eliza tente-t-il d'être intelligent? Dans quelle mesure, à votre avis, réussit-il?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

79

## 4.6. Eliza 1

**corr**, 010.03.16

**Selon quelle définition classique le programme Eliza tente-t-il d'être intelligent? Dans quelle mesure, à votre avis, réussit-il?**

**Voir cours. En bref,**

**-il s'agit pour la machine de dialoguer avec l'homme comme un humain, selon le test d'intelligence de Turing**

**-La solution d'Eliza est très superficielle et peut faire illusion pour un observateur naïf imaginant qu'Eliza comprenne chaque mot utilisé.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

80

## 4.6. Eliza 2

**Quelle est le principe le plus important implémenté dans le programme Eliza?**

## 4.6. Eliza 2

**corr**

**Quelle est le principe le plus important implémenté dans le programme Eliza?**

**Voir cours. En bref,  
Eliza se limite pratiquement à rebondir sur  
des mots-clefs avec des phrases  
préparées.**

## 4.6. Eliza 3

007.04.27, 008.03.10 , 009.03.24, ,010.03.16, 011.03.29

**On souhaite faire un système d'information, ou éventuellement de divertissement, relatif à la HEIG-VD sur le principe d'ELIZA.**

**Donner**

- **2 mots-clefs**
- **2 réponses-types par mot-clef, et**
- **faites un exemple de session interactive.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

83

## 4.6. Eliza 3 (1 de 4)

**CORR** 007.04.27 , AIC008.03.17, 009.03.31, , 010.03.16, 011.05.11

**-Au lieu d'Eliza, appelons notre interlocuteur « Elie »**

**- 2-3 mots-clefs: étudiant; concept; secrétariat**

**- 2 réponses-types par mot-clef**

**Etudiant:**

- **Qu'étudiez-vous?**
- **Où étudiez-vous?**
- **Comme étudiant, quel type de formation envisagez-vous?**

**Concept :**

- **C'est quoi pour vous cette notion \* (ce symbole « \* » demande la répétition brute de la fin de la phrase originale, à partir du mot reconnu)**
- **Vous utilisez souvent des mots compliqués?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

84

## 4.6. Eliza 3 (2 de 4)

**CORR** 007.04.27 , AIC008.03.17, 009.03.31, , 010.03.16, 011.05.11

### - 2-3 réponses-types par mot-clef

#### **Secrétariat :**

- **Vous trouverez le secrétariat au niveau « F » du bâtiment de la route de Cheseaux N0 1**
- **Les heures d'ouverture du secrétariat sont les suivantes .... Et le numéro de tél. ....**

## 4.6. Eliza 3 (3 de 4)

**CORR** 007.04.27 , AIC008.03.17 , 009.03.31 , 011.05.11

### -Exemple de session avec « Elie »:

**Elie: Bonjour, qui êtes-vous, comment vous appelez-vous?**

**Utilisateur: Je m'appelle Jérôme. Je suis étudiant.**

**E: Qu'étudiez-vous?**

**U: Je suis en train d'étudier le concept d'Intelligence Artificielle**

**E: C'est quoi pour vous cette notion d'Intelligence Artificielle?**

...

## 4.6. Eliza 3 (4 de 4)

**CORR** 007.04.27 , AIC008.03.17, 009.03.31, 011.03.29

### -Autre idée:

**Répondre en fonction de mots similaires dans les news de l'école ...**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

87

## 4.6. Inférence bayésienne

013.04.12

Soient:

- 1 paquet de cartes ordinaire (jass, 36 cartes)
- 20 paquets contenant 1 seul carreau chacun (jass, 36 cartes, avec des pics à double)
- J'ai tiré un carreau
- Hypothèses:
  - Vient du paquet ordinaire;
  - Vient d'un autre paquet;
- Quelle est la probabilité que ça vienne du paquet ordinaire?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

88

## 4.6. Inférence bayésienne

Donnée bis... ou corrigé partiel?

Soient:

- 1 paquet de cartes ordinaire (jass, 36 cartes)
- 20 paquets contenant 1 seul carreau chacun (jass, 36 cartes, avec des pics à double)
- J'ai tiré un carreau (donnée « D »)
- Hypothèses:
  - Vient du paquet ordinaire (« H1 »);
  - Vient d'un autre paquet (« H2 »);
- Quelle est la probabilité de H1???

## 4.6. Inférence bayésienne

Soient:

Cas 1		
2 paquets	Paquet normal 9 carreau, 27 autres couleurs	
seulement	20 autres	27
	NPNcarreau	9
	PrDsachantH1	0.25
	Autre paquet, 35 autres, 1 carreau	
	NAPautres	35
	NAPcarreau	1
	PrDsachantH2	0.02777778
	Probabilité a priori (Prior prob.) de prendre:	
	H1: l'hypothèse « On a pris dans le paquet normal. »:	
	PrH1	0.5
	H2: l'hypothèse « On tire dans l'autre paquet. »:	
	PrH2	0.5
	<b>D: (données, data) On tire une carte carreau</b>	
	PrH1sachantD?	
	P(H1 D) = Num/Denom	
	Num = (P(D H1)*P(H1))	0.125
	Denom=P(D)	
	P(D)=P(D H1)*P(H1)+P(D H2)*P(H2) (intégrale toutes hypothèses)	
	PrD	0.13888889
	Denom	0.13888889
	<b>PrH1sachantD</b>	<b>0.9</b>

## 4.6. Inférence bayésienne

Soient:

Cas 2		
21 paquets	Paquet normal 9 carreau, 27 autres couleurs	
seulement	NAPautres	27
	NPNcarreau	9
	PrDsachantH1	0.25
	Autre paquet, 35 autres, 1 carreau	
	NAPautres	35
	NAPcarreau	1
	PrDsachantH2	0.02777778
	Probabilité a priori (Prior prob.) de prendre:	
	H1: l'hypothèse « On a pris dans le paquet normal. »:	
	PrH1	0.047619
	H2: l'hypothèse « On tire dans l'autre paquet. »:	
	PrH2	0.95238095
	<b>D: (données, data) On tire une carte carreau</b>	
	PrH1sachantD?	
	P(H1 D) = Num/Denom	
	Num = (P(D H1)*P(H1))	
	Num	0.01190476
	Denom=P(D)	
	P(D)=P(D H1)*P(H1)+P(D H2)*P(H2) (intégrale toutes hypothèses	
	PrD	0.03835979
	Denom	0.03835979
	<b>PrH1sachantD</b>	<b>0.3103448</b>

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

91

## 4.6. Logique floue

002.03.26, 007.05.04 . AIC 008.03.17, AIC 009.03.31, 010.03.22 ,  
011.04.04 , 013.04.19

**Soit une variable floue « jeune ». Estimez-en la fonction d'appartenance pour le cas général.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

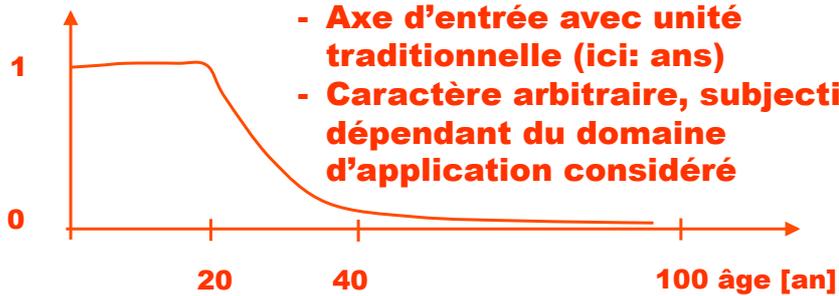
92

## 4.6. Logique floue

002.03.26 corr 007.05.04 . AIC 008.03.17, 009.03.31,010.03.29 ,  
011.04.04

Voici une fonction d'appartenance possible pour  
une variable floue « jeune ».

- Degré d'appartenance entre 0 et 1
- Axe d'entrée avec unité traditionnelle (ici: ans)
- Caractère arbitraire, subjectif, dépendant du domaine d'application considéré



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

93

## 4.6. Logique floue

002.03.26, 007.05.04 , 011.04.04

Que donne la fuzzification selon l'exercice  
précédent pour une personne de 35 ans ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

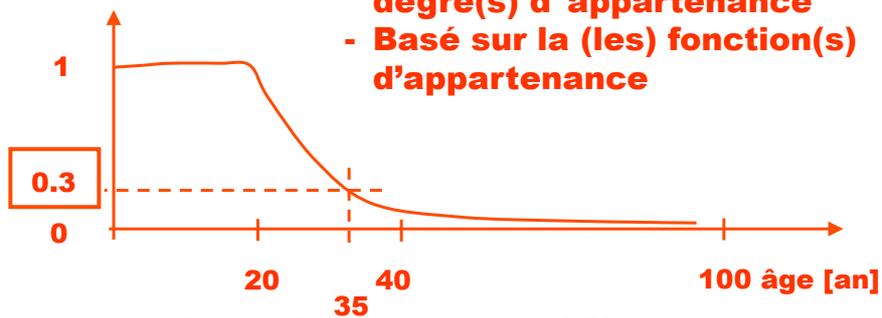
94

## 4.6. Logique floue

002.03.26 corr 007.05.04 , 011.04.04

**Que donne la fuzzification selon l'exercice précédent pour une personne de 35 ans ?**

- Conversion de type: âge à degré(s) d'appartenance
- Basé sur la (les) fonction(s) d'appartenance



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

95

## 4.6. Logique floue

002.03.26, 007.05.04 . AIC 008.03.17, 009.03.31 , 010.03.22 , 011.04.04

**Si deux variables floues, « jeune » et « grand », valent respectivement 0.4 et 0.7, qu'obtient-on si on en fait le produit au sens de la logique floue (généralisation de l'opérateur booléen « Et »)?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

96

## 4.6. Logique floue

002.03.26 corr 007.05.04 . AIC 008.03.17 , 009.03.31,

010.03.29 , 011.04.04

**Si deux variables floues, « jeune » et « grand », valent respectivement 0.4 et 0.7, qu'obtient-on si on en fait le produit au sens de la logique floue (généralisation de l'opérateur booléen « Et »)?**

- L'opérateur « Min » généralise l'opérateur « Et » du monde booléen
- Jeune « Et » grand =  $\text{Min}(0.4, 0.7) = 0.4$

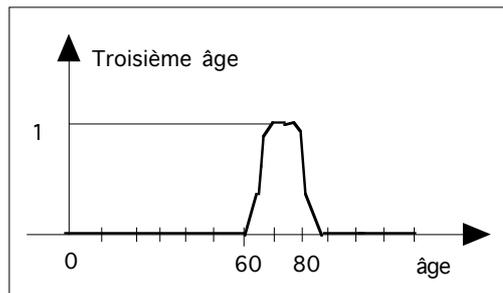
## 4.6. Logique floue

**Proposez une fonction d'appartenance pour une variable floue du type « troisième âge ».**

## 4.6. Logique floue

**corr**

**Proposez une fonction d'appartenance pour une variable floue du type « troisième âge ».**



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

99

## 4.6. Logique floue

007.05.04 . AIC 008.03.17, 009.03.31, 010.03.22 , 011.04.04

**On souhaite défuzzifier un ensemble flou représentant l'âge d'une personne. Cet âge est caractérisé par deux variables floues: jeune, avec degré d'appartenance 0,4, et adulte, avec degré d'appartenance 0,5. Quel est l'âge de cette personne?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

100

## 4.6. Logique floue

007.05.04, 008.03.31 **CORR** (1 de 2), 009.03.31,

011.04.04

- **Défuzzifier : revenir du domaine flou au domaine ordinaire (ici: âge en années)**
- **w : degré d'appartenance**
- **Valeurs typiques:**
  - données comme telles (« singletons »)
  - « moyennes » selon fonction d'appartenance
- **Valeur défuzzifiée: moyenne des valeurs typiques pondérées par le degré d'appartenance:**

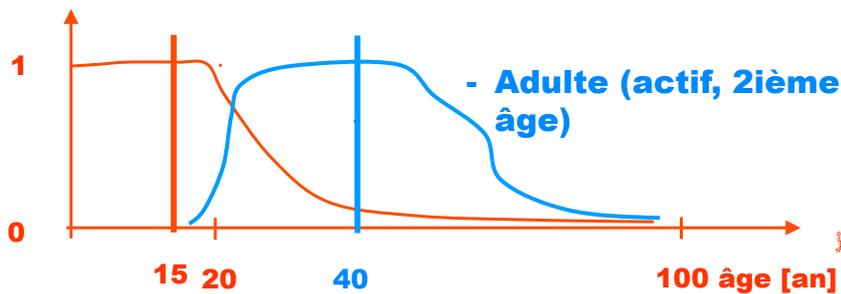
$$V_{\text{défuzzifiée}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot V_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

101

## 4.6. Logique floue

007.05.04, 008.03.31 **CORR** (2 de 2), 009.03.31, 011.04.04, 013.04.26



$$V_{\text{défuzzifiée}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot V_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

$$V_{\text{défuzzifiée}} = \frac{0.4 * 15 + 0.5 * 40}{0.4 + 0.5} \cong 29 \text{ ans}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

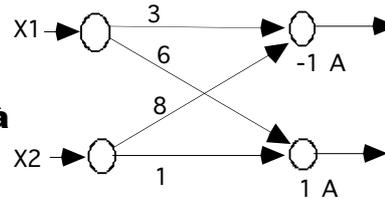
102

## 4.6. Réseau neuronal 1

007.05.11, 008.03.31, 009.04.07, 010.03.29, 011.04.12 , 013.04.26

Soit un réseau neuronal, à 2 entrées et deux neurones :

Donner le courant de sortie du réseau de Hopfield ci-contre , pour les signaux d'entrées  $X1=\text{faux}$  et  $X2=\text{vrai}$ . Le réseau a un fonctionnement similaire à celui du régulateur pour pendule inversé vu au cours. Justifiez brièvement votre réponse.



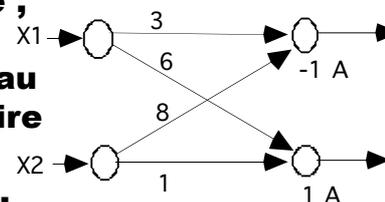
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

103

## 4.6. Réseau neuronal 1

007.05.11 , 009.04.07, 010.04.12 **Corr** , 011.04.12 ,  
013.04.26

Donner le courant de sortie du réseau de Hopfield ci-contre , pour les signaux d'entrées  $X1=\text{faux}$  et  $X2=\text{vrai}$ . Le réseau a un fonctionnement similaire à celui du régulateur pour pendule inversé vu au cours. Justifiez brièvement votre réponse.



**Neurone 1: 8, Neurone2: 1 C'est donc le premier qui l'emporte et le courant est de -1 A.**

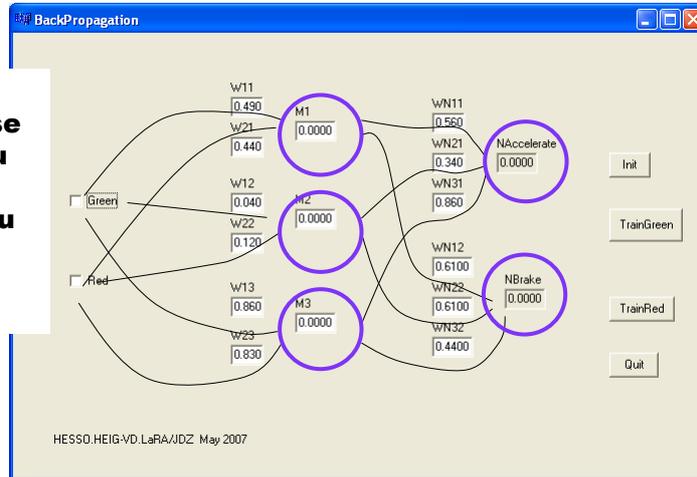
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

104

## 4.6. Réseau neuronal à rétropropagation

008.03.31, 009.04.07, 011.04.12, 013.04.26

Quelle est la décision prise par le réseau ci-contre lorsque le feu est vert? Justifier la réponse



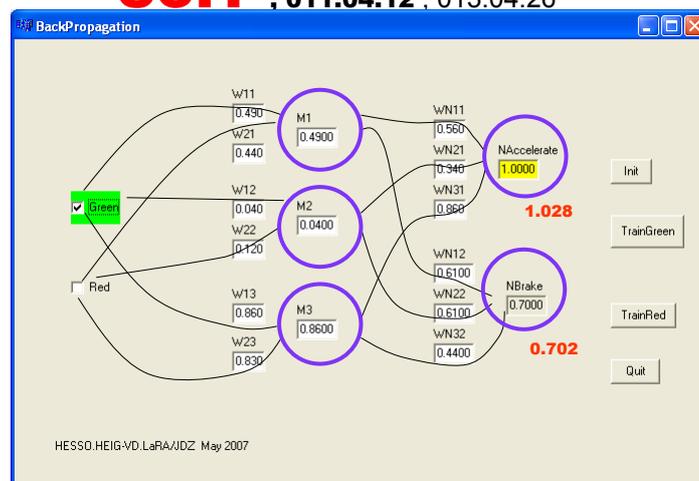
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

105

## 4.6. Réseau neuronal à rétropropagation

008.03.31, 009.04.07

**CORR**, 011.04.12, 013.04.26



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

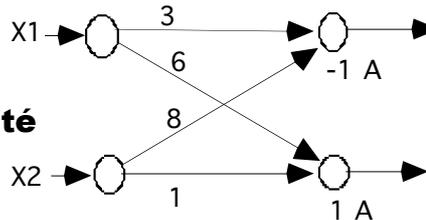
106

## 4.6. Réseau neuronal 2

007.05.11, 010.03.29 , 011.04.12 , 013.05.03

Soit un réseau neuronal, à 2 entrées et deux neurones :

Que se passe-t-il en sortie du réseau ci-contre, sachant que les signaux d'entrées ont une configuration ( $X1=vrai$ ;  $X2=vrai$ ), qui n'a jamais été rencontrée durant l'apprentissage.



Comment appelle-t-on ce phénomène?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

107

## 4.6. Réseau neuronal 2

007.05.11, 010.04.12 , 013.05.03 **corr**

Le phénomène caractérisant un réseau neuronal capable de réagir à une configuration des signaux d'entrées qui n'a jamais été rencontrée durant l'apprentissage s'appelle la « généralisation ».

Il n'est toutefois pas garanti que la généralisation faite soit pertinente.

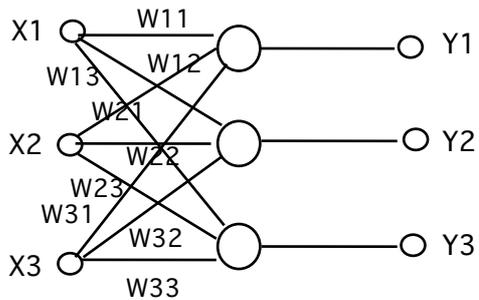
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

108

## 4.6. Réseau neuronal 3

007.05.11, 008.04.07 , 013.05.03

Donnez tous les poids du réseau neuronal ci-dessous, sachant qu'il a appris avec la loi de Hebb un domaine de connaissances caractérisé par les exemples suivants: X1-Y1, X2-Y2, X1-Y1, X2-Y1.



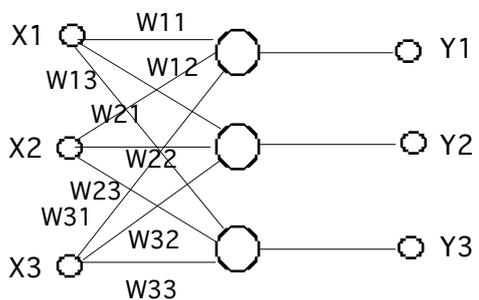
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

109

## 4.6. Réseau neuronal 3

007.05.11, 008.04.07 , 013.05.03 **Corr**

Donnez tous les poids du réseau neuronal ci-dessous, sachant qu'il a appris avec la loi de Hebb un domaine de connaissances caractérisé par les exemples suivants: X1-Y1, X2-Y2, X1-Y1, X2-Y1.



**W11: 2, W22: 1, W21: 1**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

110

## **4.6. Réseau neuronal 4**

**Présentez la structure d'un réseau neuronal capable de commander un moteur tenant un pendule en position verticale.**

**Comment le « programmer » c'est-à-dire en assurer l'entraînement?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

111

## **4.6. Réseau neuronal 5**

**009.04.07, 010.04.12 , 011.04.12**

**Pouvez-vous faire un réseau neuronal pour additionner deux chiffres de 0 à 5 ?**

**a Donnez-en si possible la structure ; sinon justifiez votre réponse négative**

**b Donnez-en si possible les poids de toutes les liaisons; sinon justifiez votre réponse négative**

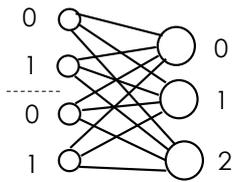
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

112

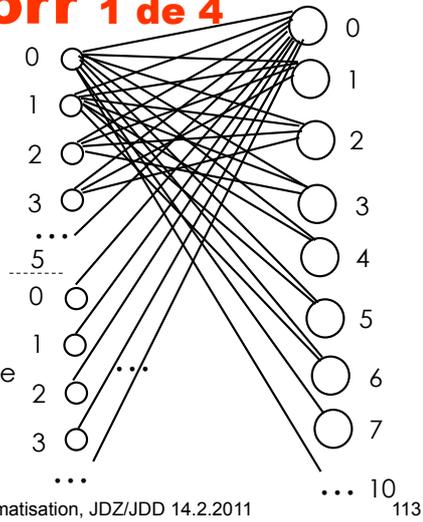
## 4.6. Réseau neuronal 5

, 011.04.12 **CORR 1 de 4**

Essai simple 0..1 + 0..1:



Pas de solution 1D unique et correcte



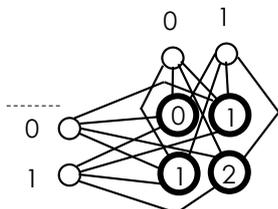
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

113

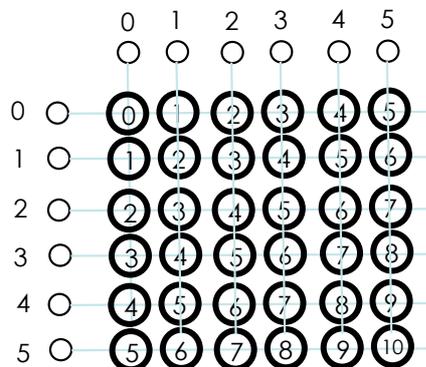
## 4.6. Réseau neuronal 5

, 011.04.12 **CORR 2 de 4**

Essai simple 0..1 + 0..1:



Solution 2D !

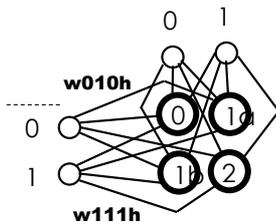


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

114

## 4.6. Réseau neuronal 5

Essai simple 0..1 + 0..1. **CORR 3 de 4**, 011.04.12



**Poids par loi de Hebb:**

**Exemples Poids Actions**  
 $0 + 0 = 0$   $w_{000h}=1$   $w_{000v}=1$   $y_{00}=0$   
 $0 + 1 = 1a$   $w_{010h}=1$   $w_{011v}=1$   $y_{01}=1$   
 $1 + 0 = 1b$   $w_{101h}=1$   $w_{100v}=1$   $y_{10}=1$   
 $1 + 1 = 2$   $w_{111h}=1$   $w_{111v}=1$   $y_{11}=2$   
 (tous les autres poids=0)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

115

## 4.6. Réseau neuronal 5

**CORR 4 de 4**, 011.04.12, 009.04.21

Poids par loi de Hebb:

$0 + 0 = 0$   $w_{000h}=1$   $w_{000v}=1$

$0 + 1 = 1a$   $w_{010h}=1$   $w_{011v}=1$

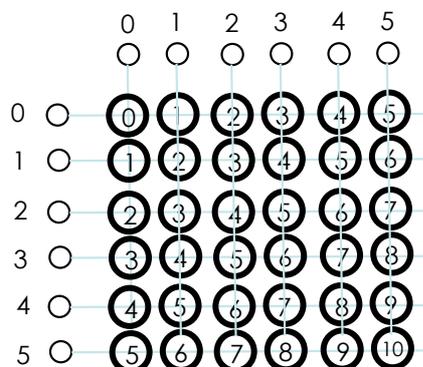
$0 + 2 = 2a$   $w_{020h}=1$   $w_{022v}=1$

...

$1 + 0 = 1b$   $w_{101h}=1$   $w_{100v}=1$

...

$5 + 5 = 10$   $w_{555h}=1$   $w_{555v}=1$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

116

## 4.6. Commande multimodale 1

007.05.25, 008.04.07, 009.04.21, 010.04.12, 011.04.12, 011.04.12,  
013.05.03

**Quel est le principe de la commande multimodale**

## 4.6. Commande multimodale 1

007.05.25, 008.04.07 **corr 1 de 2** 009.04.21, 010.04.12, 011.04.12,  
013.05.03

**-Lorsqu' un régulateur n' apporte pas les résultats souhaités, le principe de la commande multimodale est de restreindre le domaine d' application de ce régulateur au minimum, de l' utiliser là où il va le mieux, et de commander le reste de l' application avec d' autres régulateurs, mieux adaptés aux autres circonstances.**

**- En fonctionnement normal, le signal de commande « i » se définit comme la moyenne de la sortie de tous les régulateurs, chacune pondérée par une fonction W dépendant de la distance entre situation instantanée et situation pour laquelle chacun des régulateurs a été défini**

## **4.6. Commande multimodale 1**

007.05.25, 008.04.07 **corr 2 de 2** 009.04.21, 011.04.12

- Par rapport à la commande à logique floue, nous avons ici des régulateurs élémentaires beaucoup plus évoluées (plus qu' une simple constante).
- Par rapport aux approches informatiques classiques (fonctions « if » et « case ») nous avons ici la méthode de prendre en compte simultanément plusieurs commandes élémentaires (voire toutes), avec pondérations mises à jour de façon instantanée

## **4.6. Commande multimodale 2**

007.05.25, 008.04.07, 011.04.12

**Donner un exemple d'application où la commande multimodale peut être très utile**

## 4.6. Commande multimodale 2

**corr** 007.05.25, 008.04.07, 011.04.12 2 de 2

**Quelques exemples (suite):**

- ABS en fonction de la vitesse, de la distance, de la température...
- Tanker se mettant à quai, en fonction de la charge à bord,
- réglage de température en fonction du volume; ou d'une population de poissons...

## 4.6. Commande multimodale 3

007.05.25, 008.04.07, 010.04.12, 011.04.12

**Soit un ensemble de 10 régulateurs répartis régulièrement sur un domaine de température allant de 0 à 100 degrés.**

**Quels poids proposez-vous pour chacun des régulateurs,**

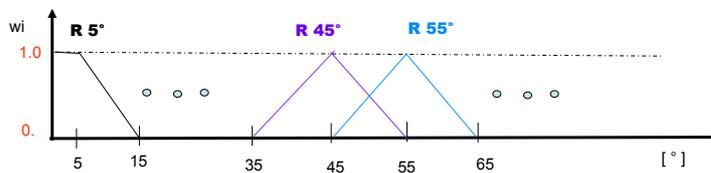
- En général (de 0 à 100 degrés)
- En particulier pour un point de fonctionnement à 53 degrés?

## 4.6. Commande multimodale 3

**CORR** (1 de 3) 07.05.25, 008.04.07, 010.04.19, 011.04.12

**Poids pour chacun des régulateurs, en général (de 0 à 100 degrés):**

- Fonctions centrées en 5, 15, ..., 95 degrés
- Fonctions triangulaires entre 0 et 1 d'amplitude, avec 20 degrés de base; sauf la première et la dernière qui se prolongent en constante de 1 vers l'extérieur.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

123

## 4.6. Commande multimodale 3

**CORR** (2 de 3) 007.05.25 , , 010.04.19, 011.04.12

**Remarque:**

**Il n'est pas nécessaire que la somme de toutes les fonctions-poids donnent « 1 » pour toutes températures.**

**Cette propriété de normalisation est sûrement désirable mais peut être facilement obtenue par un traitement spécifique, ultérieur à la première définition des poids.**

**Si par exemple la somme à 53 degrés donne 1.2, on peut simplement y diviser tous les poids par 1.2.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

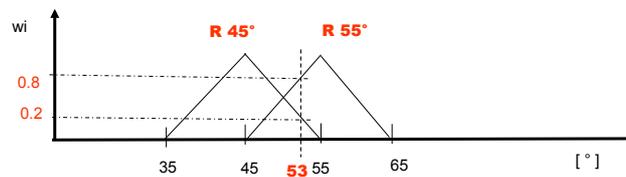
124

## 4.6. Commande multimodale 3

**CORR** (3 de 3) 07.05.25. 008.04.07 , 010.04.19 , 011.04.12

2. En particulier pour le point de fonctionnement à 53 degrés, les poids sont approximativement les suivants:

- 0.2 pour le régulateur à 45 degrés et
- 0.8 à 55 degrés;
- 0 pour tous les autres.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

125

## 4.6. Commande multimodale 3b

009.04.21, 013.05.03

Une commande multimodale pour ligne d'impression comprend 3 régulateurs dont les tensions de sortie, à un moment donné, valent respectivement 3, 4, et 5 volts. Sachant que le premier a été dimensionné pour une vitesse de la ligne à 1 m/s, le deuxième pour 10 m/s et le troisième pour 15 m/s, proposez le signal de commande global, sachant que la valeur instantanée de vitesse pour la ligne est de 12,5 m/s. Justifiez votre réponse.

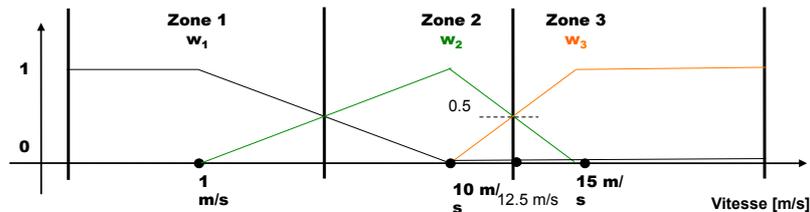
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

126

## 4.6. Commande multimodale 3b

**CORR** 009.04.21 , 013.05.03

Computation of weights (ex. linear, 1-dimensional)



$$V_{out} = \frac{0 * 3V + 0.5 * 4V + 0.5 * 5V}{0 + 0.5 + 0.5} = 4.5V$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

127

## 4.6. Commande multimodale 3c

009.04.21 , 010.04.12. 011.04.19

**Proposer des fonctions de pondérations pour trois régulateurs dimensionnés en fonction de deux variables physiques. Par ex. Vitesse et température.  $R1(v1,t1)$ ,  $R2(v2,t2)$ ,  $R3(v3,t3)$**

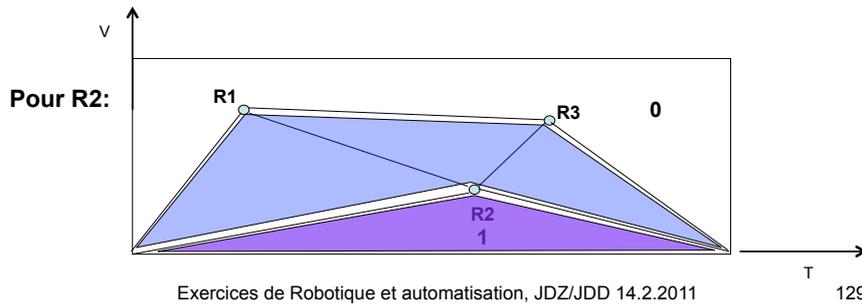
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

128

## 4.6. Commande multimodale 3c

corr 1 de 7 (Sol. A) 009.04.28 , 010.04.19

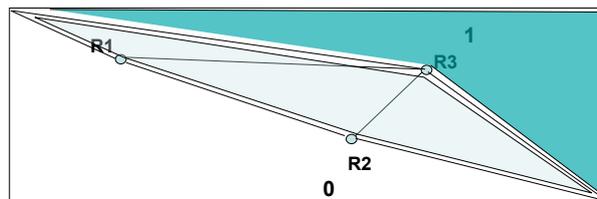
- Adoptons une interpolation linéaire entre régulateurs voisins.
- Cela donne une (des) facette(s) triangulaire(s) entre les régulateurs.
- Pour le reste (entre régulateurs et bords) une autre loi est à définir. Ici, A, la première des trois (voir graphiques)



## 4.6. Commande multimodale 3c

corr 2 de 7 (Sol. A)

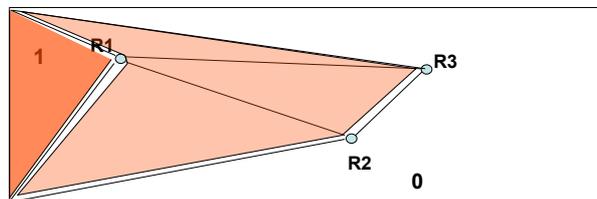
Pour R3:



## 4.6. Commande multimodale 3c corr 3 de 7 (Sol. A)

---

Pour R1:



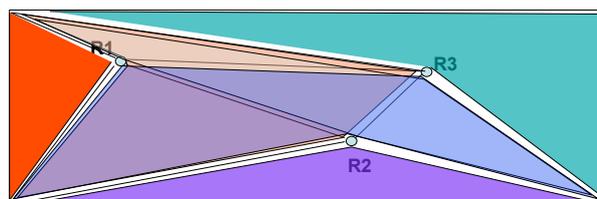
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

131

## 4.6. Commande multimodale 3c corr 4 de 7 (Sol. A)

---

Superposition des trois fonctions de pondération, pour R1, R2, et R3:

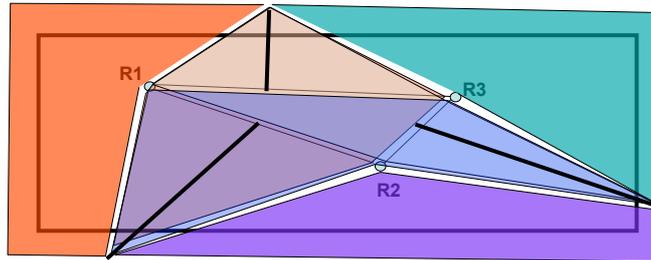


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

132

## 4.6. Commande multimodale 3c corr 5 de 7 (Sol. B)

Définir des points sur une médiatrice de chaque côté du triangle R1-R2-R3, à 10% à l'extérieur du domaine de travail. Ainsi des triangles d'interpolation linéaire peuvent se définir. Le fait que les points soient à l'extérieur préserve une zone d'interpolation même en limite du domaine de travail.

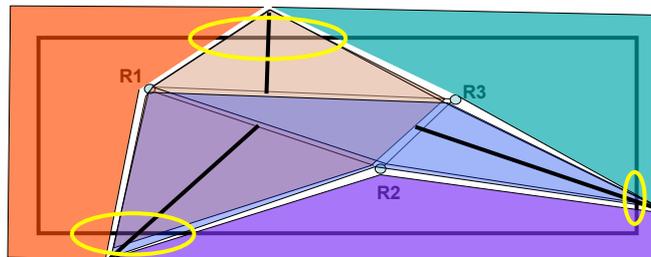


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

133

## 4.6. Commande multimodale 3c corr 6 de 7 (Sol. B)

Le fait que les points soient à l'extérieur préserve une zone d'interpolation même en limite du domaine de travail (cf. ellipses).



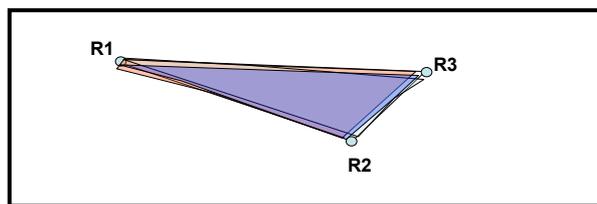
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

134

## 4.6. Commande multimodale 3c

corr 7 de 7 (Sol. C) 009.04.28

- Extrapolation par maintien (ordre 0) hors du (des) triangle(s)  $R_iR_jR_k$  : copie de la valeur la plus proche. (Non représentée sur le graphique ci-dessous – zone blanche)
- puis normalisation en tous points de la somme des poids



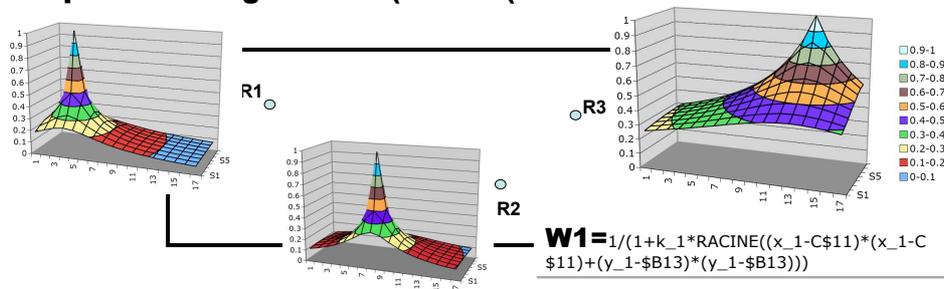
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

135

## 4.6. Commande multimodale 3c

corr 8 de 8 (Sol. D) , 010.04.26

- Extrapolation de chaque régulateur par une courbe en « cloche » (exemple: fonction  $w = 1/(k*(d+1))$ , ou gaussienne par ex.)
- puis normalisation en tous points de la somme des poids des régulateurs ( $W_i' = W_i / (W_i1 + W_i2 + W_i3)$ )



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

136

## 4.6. Commande multimodale 3c

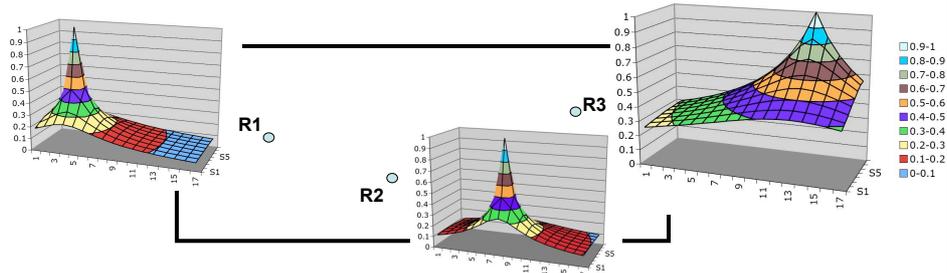
corr 8 de 8 (Sol. D) , 010.04.26 , 011.04.19

- Extrapolation de chaque régulateur  $R_i$  avec une surface de pondération en « cloche » (exemples: fonctions de distances inverses  $W_i$  , ou gaussiennes, ci-dessous pour 3 régulateurs et un domaine 2-D)
- Avec normalisation en tous points avec une division par la somme des poids des régulateurs en ces points

$$w_i = \frac{1}{k_i \cdot (1 + d_i)}$$

$$d_i(x,y) = \sqrt{(x - R_{ix})^2 + (y - R_{iy})^2}$$

$$w_i' = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + w_3}$$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

137

## 4.6. Algorithme génétique 1

07.05.25 , 008.04.14 , 009.04.28 , 010.04.19., 013.05.17

**Quelles sont les étapes principales d'un algorithme génétique pour trouver une bonne solution (par ex. un régulateur P-D pour maintenir un balancier en position verticale)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

138

## 4.6. Algorithme génétique 1

corr.: 007.06.01 , 008.04.14, 009.04.28, 010.04.26, , 013.05.17

- Voir cours (par ex.diapo p133).
- En bref:
  - (0.Génération aléatoire d'une population)
  - 1. Hybridation, par paires, des chromosomes d'individus de la population: gain Kp de l'un, et gain Td de l'autre.
  - 2. Mutation occasionnelle aléatoire de Kp et de Td
  - 3. Sélection par critère de performance (par ex. précision asymptotique)
- (des variantes sont possibles, et on peut par exemple passer directement de l'étape 0 à l'étape 3, lors de l'initialisation du processus)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

139

## 4.6. Algorithme génétique 1b

010.04.28, 013.05.17

**Donner un exemple de « chromosomes » caractérisant un processus industriel.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

140

## 4.6. Algorithme génétique 1b

CORR, 010.04.26

**Donner un exemple de « chromosomes » caractérisant un processus industriel.**

- 1. Polissage d'éléments de genou pour arthrose  
=> paramètres de vitesse et de pression  
d'éléments abrasifs=> 2 « chromosomes », etc.**
- 2. Injection de polymères pour swatch:  
température et pression=> 2 chromosomes,  
etc.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

141

## 4.6. Algorithme génétique 2

007.06.01 , 008.04.14

- Si les phases 1 (hybridation) et 2 (mutation) sont supprimées, et mais que les étapes 0 (génération aléatoire) et 3 (sélection naturelle) sont maintenues à chaque itération, est-ce que le processus de synthèse a des chances de marcher? Quels seraient les avantages et les défauts de cette approche, par rapport à l'approche classique, de nature génétique?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

142

## **4.6. Algorithme génétique 2**

**corr.: 007.06.01, 008.04.14**

- **Le processus pourrait sans doute marcher**
- **Avantages: simplicité du principe (méthode « Monte Carlo »)**
- **Désavantages:**
  - **similitude moindre avec les processus naturels**
  - **synthèse d'alternatives très ouvertes, au lieu d'une concentration sur de bonnes valeurs**

## **4.6. Algorithme génétique 3**

**008.04.14, 009.05.05, 010.04.26**

**Proposer une formule d'hybridation différente de celle vue au cours, pour le système de dimensionnement d'un régulateur pour pendule inversé à algorithme génétique; par exemple inspiré du système de localisation 3D à mouches, pour la navigation de robots.**

## 4.6. Algorithme génétique 3

008.04.14 , corr 009.05.05, 010.04.26

**Sol. 1 Moyenne des parents.**

**Sol. 2 Moyenne des parents avec pondération aléatoire:**  $K_{\text{enfant}} = \lambda * K_{\text{parent1}} + (1-\lambda) * K_{\text{parent2}}$ , avec  $\lambda$  aléatoire entre 0 et 1.

**Sol. 3 Moyenne avec une certaine extrapolation:**  $K_{\text{enfant}} = \lambda * K_{\text{parent1}} + (1-\lambda) * K_{\text{parent2}}$ , avec  $\lambda$  aléatoire entre -0.2 et 1.2?

...

## 4.6. Algorithme génétique 4

008.04.14, 009.05.05, 010.04.19

**Si, au lieu d'un régulateur P, il s'agit d'un régulateur PID avec composante a priori constante, comment faire l'étape d'hybridation?**

## 4.6. Algorithme génétique 4

008.04.14 corr. 009.05.05

**Par exemple:**

- **Vecteur à 4 composantes (Kp, Td, Ti, A) plutôt que le simple scalaire Kp**
- **Et loi d'hybridation similaire pour chacune des 4 composantes que pour Kp tout seul. Par exemple, 4 fois la moyenne à pondération aléatoire des paramètres respectifs des deux parents.**
- **Ou encore plus simplement, 4 choix aléatoires, respectivement de Kp1 ou Kp2, Td1 ou Td2, etc.(avec Kp1 le gain de l'un des parents, et Kp2, le gain de l'autre, etc.)**

## 4.6. Algorithme génétique 5

**On souhaite utiliser un algorithme génétique pour définir/réaliser des inverseurs à l'aide de petites mémoires à 2 bit. Est-ce possible ? Justifiez votre réponse**

## 4.6. Algorithme génétique 5

**corr.**

**Oui c' est évidemment possible. Par exemple:**

- **Génération aléatoire de contenus de mémoire à 2 bit (00,01,10,11, répétition aléatoire, dans un ordre aléatoire), lors de l'initialisation**
- **Puis pour n générations**
  - **Hybridation (1 bit de chacun des 2 parents)**
  - **Mutation éventuelle de l' un ou l' autre bit**
  - **Sélection par comparaison des résultats (benchmark; solution correcte: « 10 »)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

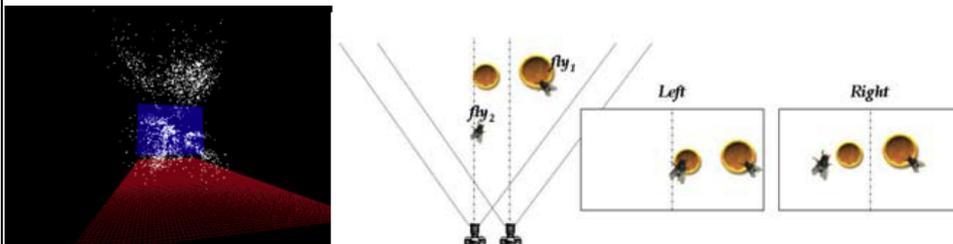
149

## 4.6. Algorithme génétique 6

009.04.28

**Que représente**

- **une mouche dans l'algorithme de Montufar et al. vu au cours?**
- **concrètement, la mouche dans la figure tout à droite ci-dessous? Que peut-on conclure dans ce cas?**



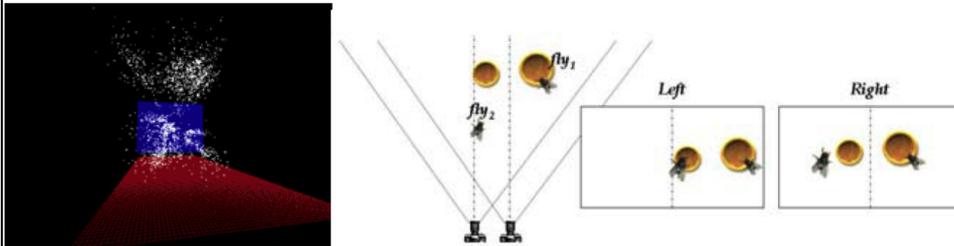
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

150

## 4.6. Algorithme génétique 6

**Corr 1 de 2** 009.04.28

- Une mouche représente un point dans l'espace où l'on suppose un élément d'objet. Par la suite cette supposition est validée si le point est voisin de pixels aux caractéristiques similaires sur les deux images stéréoscopiques.



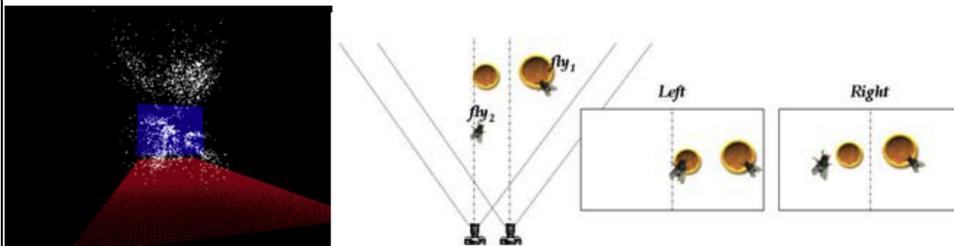
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

151

## 4.6. Algorithme génétique 6

**Corr 2 de 2** 009.04.28, 010.04.19

- Concrètement, en bas à droite, la mouche a été positionnée arbitrairement en termes de distance à la caméra (z). On constate ensuite que, suite à ce choix, elle a le même voisinage (en xy) que sur l'image correspondante de gauche. Dès lors la position de la mouche en z peut également caractériser l'éloignement du « grand » objet circulaire brun, qui était jusque là indéterminé en z.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

152

## 4.6. Animat 1

007.06.01, 008.04.28 , 009.05.12, 010.05.03, 011.05.10

**Quel est le principe fondamental dans l'approche typiquement proposée par Rodney Brooks, les « automates en situation » (situated automata)?**

## 4.6. Animat 1

**corr.: 007.06.01, 008.04.28 , 009.05.12, 010.05.03,  
011.05.10**

**Quel est le principe fondamental de l'approche de Rodney Brooks ?**

**Voir le cours. En bref: « Le modèle c'est le monde ». La machine est dispensée d'élaborer ou de gérer des modèles. Au lieu de cela, elle peut simplement exploiter des capteurs et acquérir l'information directement du monde réel.**

**Cf. exemples avec « Labyrinthe » et « Fourmi » où aucune mémorisation n'est faite par le mobile.**

## **4.6. Animat 2**

**007.06.01, 008.04.28**

**Quelles sont les limites majeures de l'approche de Rodney Brooks pour les animats?**

## **4.6. Animat 2**

**corr.: 007.06.01, 008.04.28**

**Quelles sont les limites majeures de cette de l'approche de Rodney Brooks pour les animats?**

**Seul le présent et le « local -ici» sont accessibles aux capteurs.**

**Pour la machine, il n'y a ni passé, ni futur, et l'espace perçu est minimal. Il n'y a pas non plus de monde hypothétique ou virtuel qui puissent être pris en compte.**

**Seules des applications simplistes sont ainsi envisageables; ou des composantes élémentaires d'applications plus complexes.**

## 4.6. Animat 3

**Citez au moins une similitude et une différence fonctionnelles importantes entre les automates en situation de Brooks et un robot mobile autonome typique des concours Eurobot.**

## 4.6. Animat 3

**corr**

**Citez au moins une similitude et une différence fonctionnelles importantes entre les automates en situation de Brooks et un robot mobile autonome typique des concours Eurobot.**

**Considérons Lomu et le rugby.**

**Similitude: Bien que les balises bleue et magenta soient à un endroit prédéfini, on en estime la position par capteurs.**

**Différence: Les positions après déplacement sont calculées sur la base des consignes gérées dans les programmes**

## 4.6. Animat 3.b

008.04.21, 009.05.12, 011.05.10

**•Citez deux différences principales entre les architectures des années 90 et celle des années 2000 pour un système destiné à l'automatisation par ordinateur, et notamment à la commande d'un robot mobile autonome.**

## 4.6. Animat 3.b

**corr 008.04.21** , 009.05.12 , 011.05.10

- **Deux différences principales:**
  - **Interdiction depuis Windows NT, pour l'utilisateur ordinaire, d'accéder aux entrées/sorties ainsi qu'aux adresses physiques en mémoire. Il faut impérativement passer par le système d'exploitation.**
  - **Disparition du port parallèle (E/S booléennes multiples, à 1 microseconde de temps de commutation.**
- **Dans les années 90: « Tout » peut se faire sur l'ordi**
- **Dans les années 2000: l'ordi supervise et délègue, utilisant Ethernet, TCP/IP, à des ressources réparties la gestion des E/S lentes (>0.1) et la conduite des comportements rapides**

## 4.6. Animat 3.c

008.04.21

•Quels sont les avantages respectifs des « grands » (PC et Windows typiquement) et des « petits » (DSP, ou microcontrôleurs) systèmes ?

## 4.6. Animat 3.c

008.04.21, corr, 008.04.28

	Avantages	Désavantages
<b>grands systèmes (PC et Windows)</b>	<b>Puissance de calcul Flexibilité Disponibilité de mémoire Variété d'applications</b>	<b>Bcp de tâches « parasites », volume?</b>
<b>petits systèmes, DSP, ou microcontrôleurs</b>	<b>Petit volume, petite consommation, autonomie, réactivité</b>	<b>Spécialisation Accès mémoire de masse difficile</b>

**Pour les cas les plus performants, il faut en même temps un grand système et de petits systèmes annexes**

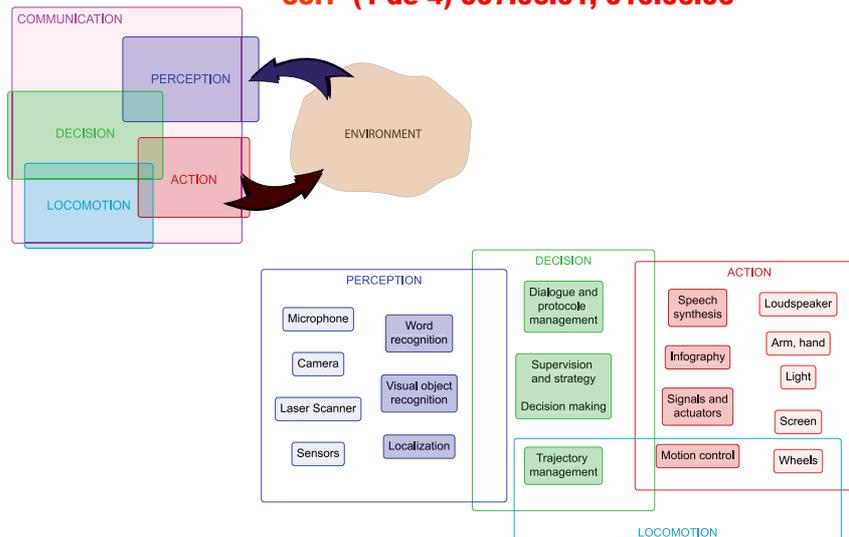
## 4.6. Animat 4

007.06.01, 008.04.28, 010.06.06

- Citez les composants principaux du robot mobile pour applications domestiques RH-Y, réalisé pour participer au championnat Robocup-at-Home.
- Ou d' un autre robot qui vous paraîtrait approprié pour les tâches domestiques.

## 4.6. Animat 4

corr (1 de 4) 007.06.01, 010.06.06



Capteurs ultrasons  
Mesure de la distance  
séparant le robot de la personne

Caméra  
Ethernet Axis

Boîtes de rangement pour l'utilisateur

PC  
Contrôle du robot  
Reconnaissance vocale

Capteur ultrason  
Détection d'obstacles latéraux

Pneu en caoutchouc souple

Automate Beckhoff & Switch Ethernet

Moteur 24V DC

Batterie 24V

Servocommande Galil

Capteur plan laser

```

while (! InteractionSouhaitee)
{
  Ticks+=1;
  // Task01();
  Task02(); // Faire un pas
  Task03(); // Lire clavier
  Task04(); // Mouvements PTP
  Task05(); // Stratégie
  Task06(); // Entrées / Sorties
  Task07(); // Affichage
  Task08(); // Mouvements spatiaux
  Task09(); // Gestion de la diode fonctionnement
  Task10(); // Analyse d'images
  Task11(); // GestionServoCommandesUSB
  // Task13(); // Tester Entree
  Task14(); // Communication
  Task15(); // Mesures plan Laser
  Task18(); // Interpréteur Piaget
  Task19(); // Voice dictation
  Task20(); // Dialogue Manager
  Task21(); // Map Manager
}
InteractionSouhaitee=false;
return;

```

robot camera  
T<sub>robot\_camera</sub>  
T<sub>robot</sub> table  
T<sub>camera\_goalsite</sub>  
T<sub>goalsite</sub>

**corr (2 de 4)**  
007.06.01

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011 165

Supervisory computer

- Multi-agent application
  - Agent 1
  - Agent i
  - Agent n
- Piaget
- C++ Components
- Windows

Distributed processors

- Servocontrol environment
- IEC 61131 PLC
- Linux-based kernel

Communication protocols:

- ARJ Communication
- TCP-IP
- Modbus
- Camera, Motion Control, Laser Scanner

**Architecture de commande de notre robot mobile coopératif RH2-Y**

```

12: if (!SignalIn(NSIstart))
    GoState(6);
    else
    GoState(20); break;case
20: ApproAGN(Table,30); break;case
//Switch light on
21: SignalOutAGN(NSOLamp,true)
    break;case
22: SleepAGN(0.05); break;case
//Visual analysis of a row in scene
23: WatchRowAGN(R,Cstart,Cstop);

```

**Exemple de code en Piaget**

Mur  
Le robot  
Tables

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011 166

**corr (4 de 4)**  
007.06.01

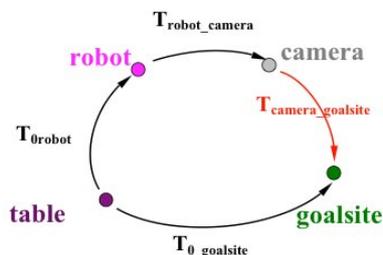
The image shows a screenshot of a RoboCup Atlanta 2007 environment. On the left, a robot is shown with a path of red and blue lines indicating its movement. To the right is the RoboCup Atlanta 2007 logo. Below the logo is a block diagram of a control system. The diagram includes a 'VocalGo' block, an 'Echo' block with 'Mute' selected, and a 'Deal' block with 'Yes' selected. Below these is a 'The path has been completely travelled' message box. To the left of the diagram is a 'house' icon. At the bottom, there are 'ExeListen' and 'ExeSpeak' blocks.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011 167

## 4.6. Animat et robots mobiles

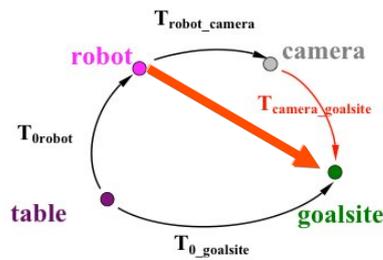
010.05.03

•Donner la position de la cible (goalsite) par rapport au robot, sachant d'une part comment le système de vision a localisé cette cible par rapport à la caméra (càd. que cette « transformation » est connue), et d'autre part comment la caméra est installée sur le robot (càd. que cette transformation est connue également)



## 4.6. Animat et robots mobiles

Corr 010.05.03



Les transformations sont typiquement représentées:

-par des coordonnées (par ex.  $x, y, \phi$  dans un plan),

-des matrices 4x4 (par ex. ci-dessous), ou encore

-par des flèches (par ex. ci-contre)

$$T_{robot}^{goalsite} = T_{robot}^{camera} \cdot T_{camera}^{goalsite}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

169

## 4.6. Programmation de mouvement

010.05.03 , 011.05.10

**1- Donner l'instruction Piaget qui envoie le robot au milieu de la table, face à l'adversaire, dans le cas de Lomu (table de 210cm en x par 360 cm en y)?**

**2- Comment est-ce implémenté (principe)?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

170

## 4.6. Programmation de mouvement **(corr 1 de 2)**

Corr. 010.05.03 , 011.05.10

**1- Donner l'instruction Piaget qui envoie le robot au milieu de la table, face à l'adversaire, dans le cas de Lomu (table de 210cm en x par 360 cm en y)?**

**Solution en instruction 1000 par exemple:**

**1000: MoveAGN(Trans(210/2,360/2, 90));  
break;case**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

171

## 4.6. Programmation de mouvement **(corr 2 de 2)**

Corr. 010.05.03

**2- Comment est-ce implémenté (principe)?**

**Processus:**

- **Le mouvement est automatiquement décomposé en 3 parties (cf. Amiguet 98: Rotation, déplacement linéaire, Rotation)**

- **Puis, chacune des 3 parties se réalise en 3 phases: accélération cst., vitesse cst., décélération cst.**

- **Pour chacune de ces phases, le PC portable de supervision communique via Ethernet sans fil, avec une carte de servocommande 2 axes Galil.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

172

## **4.6. Convergence entre humain et machine pensante**

011.05.17 , 013.05.24

Concernant l' éventuelle convergence entre humains et machines pensantes, quels sont les avis suivants:

- L' avis de Bruno Siciliano, tel que présenté au cours,
- Le vôtre

## **4.6. Convergence entre humain et machine pensante**

Corr 011.05.17

Concernant l' éventuelle convergence entre humains et machines pensantes, l' avis développé au cours est que 1. la convergence ne peut pas aboutir complètement, que 2. les machines peuvent être très utiles fonctionnellement, et que 3. les humains, même comme humains sont impossibles à répliquer.

## 4.6. NAO – 1. Dire un mot

011.05.17 , , 013.05.24

Comment programmer NAO pour qu' il dise un mot?

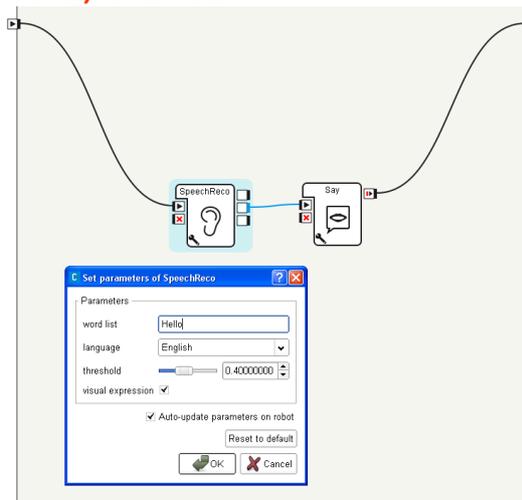
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

175

## 4.6. NAO – 1. Dire un mot

(corr 2 de 2) Corr. 011.05.17

Exemple de programmation sans mouvements



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

176

## 4.6. NAO – 2. Faire un mouvement

011.05.17

Comment programmer NAO pour qu'il fasse un mouvement?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

177

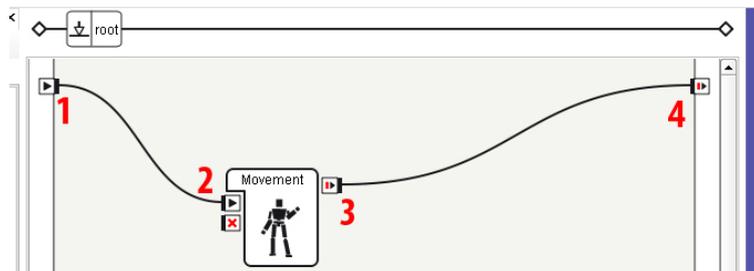
## 4.6. NAO – 2. Faire un mouvement

(corr 2 de 2) corr. 011.05.17

Programmer un déplacement (ref. Quinodoz-Schmutz 2011) (9a-m de 13)

Voir diapos suivantes

- La programmation se fait de manière graphique en reliant le début du programme (1) à l'entrée du bloc (2) puis la sortie de ce même bloc (3) à la fin du programme (4).



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

17878

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9c de 13) **corr**

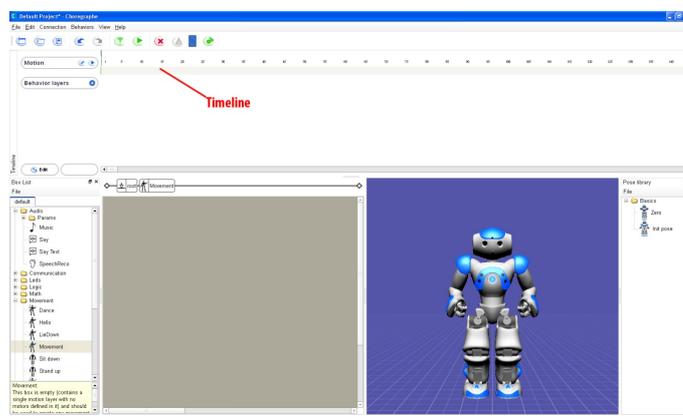
- Dans un premier temps, afin de protéger le robot, il est recommandé de manipuler une articulation qui ne met pas en danger l'équilibre ou l'intégrité du robot (l'articulation de la tête par ex.).
- Double cliquer sur le bloc «Movement» afin de définir des points clés du mouvement souhaité.
- L'interface ressemble alors à l'image du prochain slide. On est maintenant dans le bloc «Movement» qui est une sous-couche du programme principal.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

179

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9d de 13) **corr**

- Cette interface est identique à celle d'avant à l'exception de l'ajout d'une «Time line» (1).



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

180

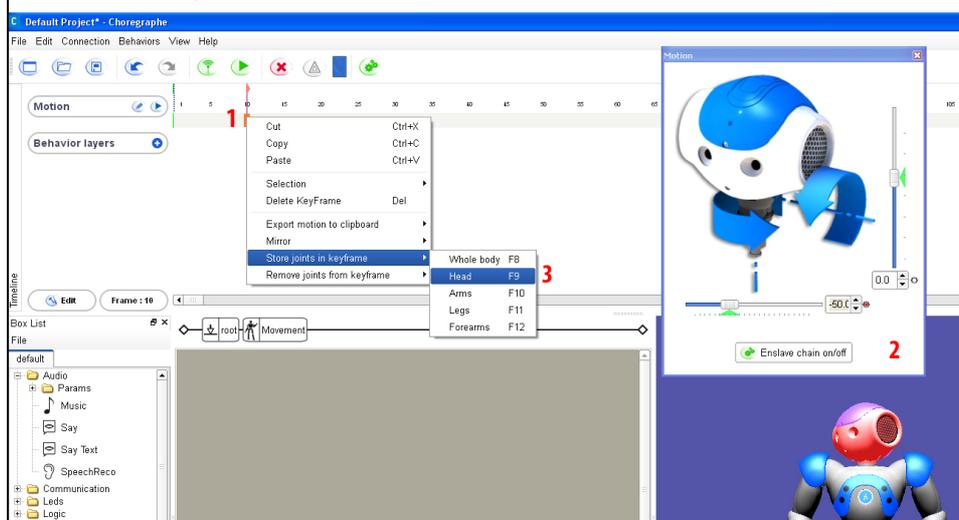
## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9e de 13), **corr** , 011.05.17

- (1) Il faut maintenant définir les points clés du mouvement. Pour cela, placer le curseur bleu sur «10» en cliquant sur la Time line à cet endroit.
- (2) Ensuite positionner le robot, dans notre cas, tourner légèrement la tête sur la droite (angle -50°). Deux manière de faire.
  - Positionner manuellement le robot (vérifier que les moteurs ne soient pas alimentés).
  - Positionner le robot à l'aide de l'interface 3D de «Choregraphe» (vérifier aussi que les moteurs soient hors tension, sinon le robot va prendre la position que vous régler).
- (3) Enregistrer la position des articulations (Store joints in keyframe). Il y a différentes possibilités, enregistrer toutes les articulations du robot ou seulement une partie. Dans le cas présent, seulement la tête.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

181

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9f de 13) , 011.05.17 **corr**



The screenshot displays the Choregraphe software interface. The main window shows a 3D view of a blue robot head with a context menu open over it. The menu includes options like 'Store joints in keyframe', 'Whole body F8', 'Head F9', 'Arms F10', 'Legs F11', and 'Forearms F12'. A red '3' is placed next to the 'Head F9' option. In the bottom right corner of the 3D view, there is a green button labeled 'Enslave chain on/off' with a red '2' next to it. The timeline at the bottom shows a keyframe at frame 10, with a red '1' next to it. The interface also shows a 'Motion' panel, 'Behavior layers', and a 'Box List' on the left side.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

182

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9g de 13) , 011.05.17 corr

- Pour répéter un mouvement de tête, ajouter une keyframe (image clé) à «20» sur la Timeline (tête à angle zéro par ex.) puis une autre position à «30» avec un angle à  $+50^\circ$  et pour finir une position à «40» avec un angle à  $0^\circ$ .
- Ceci aura pour effet de faire bouger la tête du robot de droite à gauche.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

183

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9h de 13) corr

, 011.05.17

C Default Project\* - Choregraphe (Connected to nono)

File Edit Connection Behaviors View Help

Motion

Behavior layers

-50° 0° 50° 0°

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

184

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9i de 13) **corr** , 011.05.17

- Pour retourner sur le programme principal, cliqué sur le bloc «root» (1).
- Mettre le robot sous tension. Pour cela deux manière, cliquer sur la dernière case de la barre d'outil («Enslave all motors on/off»)(2) ou une méthode plus sûre, ne mettre que l'axe de la tête sous tension(3). Cela évite que le robot bouge le reste du corps si les keyframes contiennent des information sur la position du reste du corps.
- Lancer le programme à l'aide du bouton «Play» (4) dans la barre d'outil. Le robot tourne la tête de droite à gauche. Voilà, vous avez réaliser votre premier mouvement personnalisé.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

185

## 5. Logiciels de manipulation et de programmation (9j de 13) **corr** , 011.05.17

The screenshot displays the Choregraphe software interface. At the top, the title bar reads "C Default Project\* - Choregraphe (Connected to none)". The menu bar includes "File", "Edit", "Connection", "Behaviors", "View", and "Help". A toolbar contains various icons, with a red '4' marking the "Play" button. Below the toolbar, a "Box List" shows a tree structure of behaviors, with "Movement" selected. The main workspace shows a "Movement" block connected to a robot model. A red '1' is placed over the "root" block in the top toolbar. A "Motion" window is open, showing a 3D view of the robot's head and neck, with a red '3' marking the "Enslave chain on/off" button. A red '2' is placed over the "Enslave all motors on/off" button in the toolbar. The "Motion" window also shows a timeline with a value of 2.2 and a slider set to 0.5.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.4.2011

186

## **4.6. NAO – 3. rôle de NAO à Singapour (cf. Robocup@Home);**

011.05.17 , , 013.05.24

Comment NAO est-il intégré au groupe de robots du LaRA. Quel est son rôle?

## **4.6. NAO – 3. Rôle de NAO à Singapour (cf. Robocup@Home);**

**Corr. 011.05.17**

Médiateur:

- interagit avec les humains, en adoptant un aspect et une attitude humanoïdes: parle, écoute, bouge de façon naturelle.
- Interagit avec les machines à l'aide des méthodes et protocoles courants (Ethernet TCP/IP, etc.)

## 8 Application en robotique coopérative **corr**

**Dans l'application présentée ici, l'humanoïde Nono, de type Nao, en bas à droite, assure la médiation entre l'humain et les autres machines (plateforme OP-Y sur laquelle Nono est installé ; et robot RH-Y qui a apporté boisson et snacks)**

L'application est illustrée en vidéo sur internet, à l'adresse suivante: <http://rahe.populus.ch>



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009

189

## 4.6. NAO – 4. Mode de communication

011.05.17

**Médiateur:**

**Quel est le mode de communication typique dans le contexte Piaget?**

## 4.6. NAO – 4. Mode de communication

**corr Corr. 011.05.17**

Dans le sens ordinateur - robot NAO:

Voir slides suivantes.

Aussi:

TCP-IP: ping en 3-30ms??

Bluetooth?

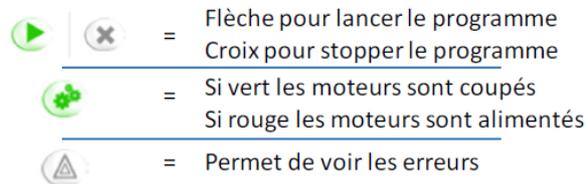
Part du système d'exploitation dans la (faible?) réactivité?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ/JDD 14.2.2011

191

## 7. Communication ordi-NAO (1 de 6) **corr**

Pour faire un nouveau programme il suffit de cliquer sur nouveau, attention lors de l'enregistrement d'être dans le bon fichier (étape n°2 et 3 de la figure 24 ci contre). De même, il est important de connaître quelques notions de base sur l'interface Choregraphe noté sur la figure ci-contre.



Notion de base sur interface Choregraphe

**HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009**

**192**

## 7. Communication ordi-NAO (2 de 6) **corr**

### 7.1 Recevoir et envoyer une information depuis l'interface du NAO

Avant de commencer il faut ouvrir la librairie créée par M. Saurya. Pour ce faire, il faut cliquer sur Box List File/Open box library/Extra\_saurya (L'ordinateur équipé de la librairie est celui au fond du laboratoire de robotique N° inventaire : C01PC08) ainsi vous aurez accès à tous les blocks nécessaires pour la suite.

Pour réaliser une communication avec un autre ordinateur avec un langage Piaget, il faut d'abord insérer le block « Connect » et mettre l'adresse IP correspondante au PC avec lequel on souhaite établir la communication. Deux autres blocks sont nécessaires pour établir une liaison, en effet impossible de communiquer avec autrui sans recevoir ou envoyer une information. Ainsi il faut également mettre les blocks « Receive » et « Send » qui permettent d'attendre l'instruction en provenance du PC et d'envoyer un message à l'autre ordinateur. Afin de faire un système autonome il est préférable de faire un code qui tourne en boucle. Il serait également judicieux de mettre les senseurs tactiles en parallèles au cas où le dialogue homme machine ne fonctionne pas (trop de bruit par exemple).

Les blocs les plus couramment utilisés pour réaliser une communication dans l'interface de programmation du NAO peuvent être résumés dans la liste ci-dessous.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009

193

## 7. Communication ordi-NAO (3 de 6) **corr**

-  **Connect** Permet la connexion avec un ordinateur
-  **Receive** Attente d'une instruction provenant du PC connecté
-  **Send** Permet d'envoyer une information au PC connecté (utiliser un block «Text Edit» avant pour inscrire le message à envoyer )
-  **Dispatcher** Dans ce block il faudra mettre toutes les variables attendus de l'extérieur on pourra de cette manière, séparer chaque action voulue pour chaque variable inscrite:



-  **SpeechReco mod** Permet de réaliser une liste de mots que le robot sera capable d'entendre (Attention à configurer la langue parlé)  
Exemple:



-  **Gather** Permet de rassembler les lignes séparées avec le « Dispatcher » en une ligne de sortie

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009

194

## 7. Communication ordi-NAO (4 de 6) **corr**

### 7.2 Recevoir et envoyer une information depuis l'interface du RH-Y

Il n'est pas nécessaire de réaliser un code dans le langage Piaget pour connecter l'ordinateur avec le NAO car le block « Connect » utilisé dans le code Choregraphe établit la connexion entre les deux.

Toutefois, avant de commencer le code désiré en Piaget, il faut insérer la commande suivante qui ouvre la fenêtre de communication (les lignes inscrites sont des exemples) :

```
25699: ChatForm->Show();
      GoNext();
      break;case
```

Ensuite, il faut vérifier que la communication entre les deux robots soit établie. Pour ce faire on utilisera le code suivant :

```
25700: Answer = ReadMessageCom();
      if(Answer == "Ready");
      GoNext();
      break;case
```

Une fois les deux instructions ci-dessus faites, on peut sans autre réaliser le programme voulu, toutefois, pour recevoir et envoyer une information il faudra utiliser les instructions suivantes :

**HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009**

**195**

## 7. Communication ordi-NAO (5 de 6) **corr**

```
25701: Answer = ReadMessageCom();
      GoNext();
      break;case
```

```
25702: if(ChatForm->MessageComAvalible)
      {
        Answer = ReadMessageCom();
        if(Answer != "")
          GoNext();
        else
          GoState(Ligne-1);
        ChatForm->MessageComAvalible = false;
      }
      else GoState(Ligne-1);
      break;case
```

```
25703: NAOStringToSend = "INFO";
      GoNext();
      break;case
```

Attente de la réception d'un message envoyé par NAO enregistré dans la variable «Answer »

Exemple d'utilisation:

On contrôle si NAO a envoyé un nouveau message. S'il y a un message et qu'il n'est pas vide on continue, on peut ensuite utiliser la variable « Answer » par la suite.

Si non on retourne à la ligne précédente

Permet d'envoyer le texte « INFO » au programme Choregraphe de NAO (INFO est un exemple on peut envoyer n'importe quel message, il faut juste utiliser le même texte dans le programme du NAO)

Dans les deux cas (NAO ou RH-Y), celui qui reçoit l'information est en mode « Listening mode » et pas celui qui envoie. Ainsi, il faut donc s'assurer que les deux robots ne soient pas simultanément en mode « Listening mode » sinon le programme affichera une erreur, ce qui implique que les robots ne doivent pas recevoir (et implicitement envoyer) un message en même temps.

**HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 14 nov. 2009**

**196**

## 7. Communication ordi-NAO (6 de 6) **corr**

The image shows two windows from a software interface. The main window is the 'ROBOCUP AT HOME - MAIN CONSOLE' for the 'RH5-Y' robot. It contains various status indicators, a 3D view of the robot, and numerous control buttons and sliders. The right window is titled 'RobotGroup-Y communication form' and contains a text input field with the URL '127.0.0.1', buttons for 'Self Test' and 'To NAO', and a list of actions: 'speak', 'speak', 'stand up', 'stand up', 'taichi', 'sit down', 'sleep', 'stand up', 'speak'. Below the communication form, the text 'Fenêtre de dialogue pour NAO' is visible. At the bottom of the slide, the text reads: 'Panneau de commande Piaget pour RH5-Y', 'HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 5.04.2011', and '197'.

## 7. Communication ordi-NAO (6b de 6) **corr**

The image shows a software development environment with several windows. The main window is a script editor with the following code:

```

class MyClass(GeneratedClass):
    def __init__(self):
        GeneratedClass.__init__(self)

    def on_nao_start(self):
        # puts code for box initialization here
        pass

    def on_idle(self):
        # puts code for box cleanup here
        pass

    def on_input_on_start(self, x, y):
        list_p = p.split()
        list_number = len(list_p)

        if list_number > 1:
            names = list_p[0]
            anglesLists = ReadList_p[1]
            timeLists = ReadList_p[2]
            isAbsolute = True
            proxy.angleInterpolation(names, angleLists,
                timeLists, isAbsolute)
            self.emit('Invalid Command')
            self.emitStopped() # activate output of the box
            pass

    def on_input_on_stop(self):
    
```

Below the script editor is a 'Robot view' showing a 3D model of the NAO robot. To the right, there is a 'NAOConfig' window with a table of joint configurations:

HeadYaw	Angle	Time	Send	Read	HeadPitch	Angle	Time	Send	Read
HeadYaw	0.5	1	Send	Read	HeadPitch				
JoinLeft1					JoinRight1				
LShoulderPitch			Send	Read	RShoulderPitch			Send	Read
LShoulderRoll			Send	Read	RShoulderRoll			Send	Read
LElbowYaw			Send	Read	RElbowYaw			Send	Read
LElbowRoll			Send	Read	RElbowRoll			Send	Read
WristYaw			Send	Read	RWristYaw			Send	Read
LHand			Send	Read	RHand			Send	Read
JoinLeft2					JoinRight2				
LHipYawPitch			Send	Read	RHipYawPitch			Send	Read
LHipRoll			Send	Read	RHipRoll			Send	Read
LHipPitch			Send	Read	RHipPitch			Send	Read
LKneePitch			Send	Read	RKneePitch			Send	Read
LAnklePitch			Send	Read	RAnklePitch			Send	Read
LAnkleRoll			Send	Read	RAnkleRoll			Send	Read

At the bottom, there is a 'Debug window' showing log messages and a 'control' window with a toolbar.