

# **AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive**

## **2. Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive**

**Jean-Daniel Dessimoz**



HAUTE ÉCOLE  
D'INGÉNIERIE ET DE GESTION  
DU CANTON DE VAUD  
www.heig-vd.ch



**HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 05.03.2017**

**1**

# **AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive**

## *Contenu*

- **Introduction**
- **Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive**
- **Choix d'une structure de commande**
- **Intelligence artificielle et « machine learning »**
- **Commande à logique floue**
- **Commande neuronale, yc. « deep learning »**
- **Commande multimodale**
- **Commande à algorithme génétique**
- **Robots mobiles autonomes**
- **Robot humanoïde NAO**
- **Conclusion**

**HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 15.02.2017**

**2**

## **Contenu des *Exposés et exercices***

<b>Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive</b>	<b>4p</b>
<b>Choix d'une structure de commande</b>	<b>2p</b>
<b>Intelligence artificielle et inférences bayésiennes</b>	<b>2p</b>
<b>Commande à logique floue</b>	<b>2p</b>
<b>Commande neuronale</b>	<b>2p</b>
<b>Commande multimodale</b>	<b>2p</b>
<b>Commande à algorithme génétique</b>	<b>2p</b>
<b>Robots mobiles autonomes et humanoïdes</b>	<b>4p</b>
<b>Réserve et contrôle continu (TE, corr.)</b>	<b>6p</b>

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 05.03.2017

3

## ***Travaux de laboratoire associés***

<b>Estimation de grandeurs cognitives (essais en simulation avec programmes d'évitement d'obstacles)</b>	<b>L-AIC-1</b>
<b>Test d'intelligence artificielle selon Turing et utilisation d'Eliza</b>	<b>L-AIC-2</b>
<b>Commande neuronale</b>	<b>L-AIC-3</b>
<b>Commande à logique floue</b>	<b>L-AIC-4</b>
<b>Commande à algorithme génétique</b>	<b>L-AIC-5</b>
<b>Commande multimodale</b>	<b>L-AIC-6</b>
<b>Robot mobile autonome</b>	<b>L-AIC-7</b>
<b>Robot humanoïde NAO</b>	<b>L-AIC-8</b>
<b>Inférences bayésiennes</b>	<b>L-AIC-9</b>
<b>Sur demande, l'étudiant peut échanger l'une des manipulations ci-dessus par un autre sujet (cf. manipulations LaRA)</b>	

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

4

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

## Contenu

- Introduction
- **Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive**
- Choix d'une structure de commande
- Intelligence artificielle et « machine learning »
- Commande à logique floue
- Commande neuronale, yc. « deep learning »
- Commande multimodale
- Commande à algorithme génétique
- Robots mobiles autonomes
- Robot humanoïde NAO
- Conclusion

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

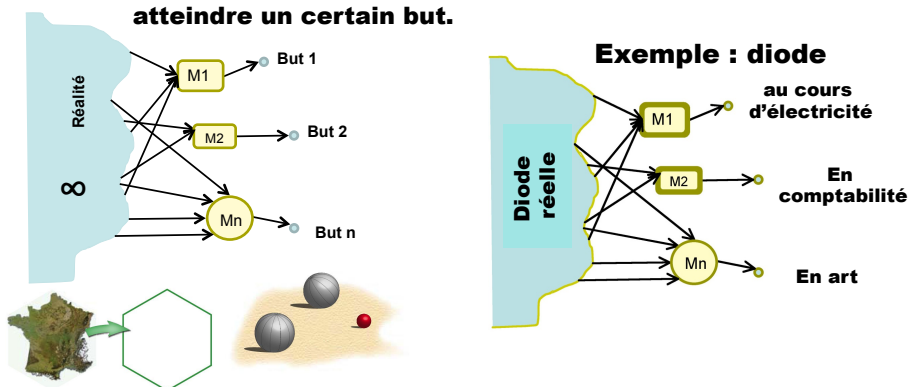
5

## Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive

# Définition de la notion de modèle

### • Modèle

**Un modèle, c'est généralement une représentation simplifiée de la réalité ; typiquement élaborée pour atteindre un certain but.**



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

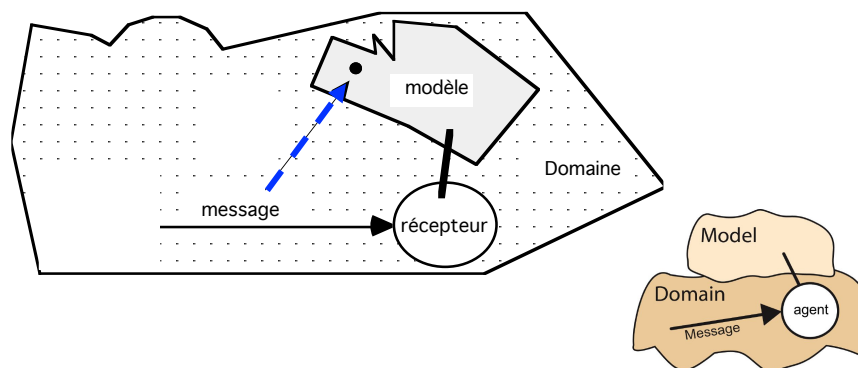
6

## Définition de la notion de modèle



**Un modèle est une structure simple en termes cognitifs. Lorsqu'il représente la réalité, il est toujours très incomplet, même si l'on se focalise sur un domaine limité.**

## Définition de la notion d'information



**L'information (transmise sous forme de messages) permet à un récepteur de se construire une représentation (modèle) de la réalité (domaine) et de la mettre à jour .**

## Estimation de la quantité d'information

**Quantité d'information contenue dans un message (le message j), de probabilité connue,  $p_j$  :**

$$Q_j = \log_2(1/p_j) \text{ [bit] Binary digIT}$$

**Quantité moyenne d'information contenue dans N messages:**

$$Q_{\text{moyen}} = \sum_{j=1}^N p_j \log_2(1/p_j) \text{ [bit]}$$

**Equiprobabilité:**  $Q = \log_2(N) \text{ [bit]}$

## Remarques

**Souvent, la formule inverse le signe du logarithme au lieu d'inverser la probabilité :**

$$Q_j = \log_2(1/p_j) = -\log_2(p_j) \text{ [bit]}$$

**Changement de base pour logarithme :**

$$\log_2(N) = \frac{\log_{10}(N)}{\log_{10}(2)}$$

## Exemple: Pile ou face

- **Quelle est la quantité moyenne d'information par lancer dans le cas d'une pièce (pile ou face)?**

## Exemple du pile ou face

### **CORR 1 de 2**

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

### **Solution 1, Equiprobabilité:**

$$Q = \log_2(N) = \log_2(2) = 1 [bit]$$

## Exemple du pile ou face

**CORR 2 de 2**

**Solution 2, Formule générale:**

$$Q = \sum_1^N \frac{1}{N} \log_2 \left( \frac{1}{\frac{1}{N}} \right) = \frac{1}{2} \log_2(2) + \frac{1}{2} \log_2(2) = 1[\text{bit}]$$

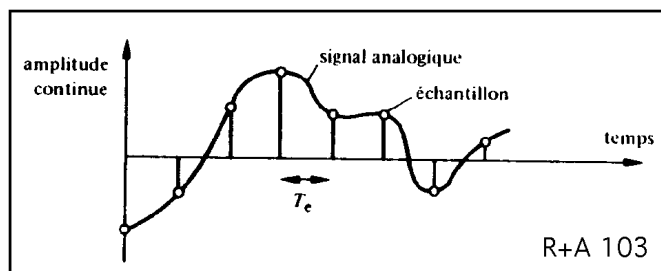
HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

13

## Cas du signal analogique

**Quantification:**  $N_V = \frac{S}{B r}$

**Echantillonnage:**  $f_e > 2 f_{\max}$



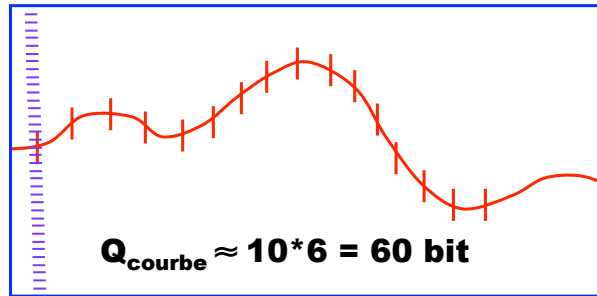
HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

14

## Du continu au discret

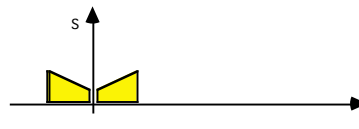
**Quantification:**

$$N_V = \frac{S}{B r}$$



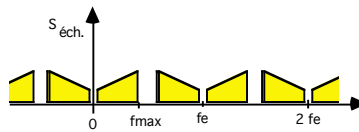
**Echantillonnage:**  $f_e > 2 f_{\text{max}}$

### Théorie - cas normal

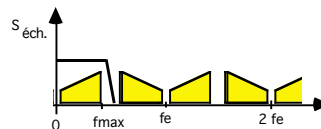


**Spectre d'un signal...**

**...analogique,**



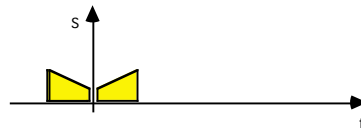
**... échantillonné,**



**... parfaitement reconstruit.**

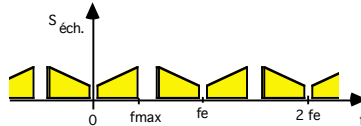


## Théorie - Sous-échantillonnage

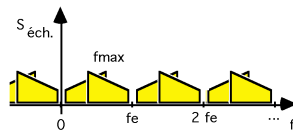


**Spectre d'un signal...**

**...analogique,**



**... échantillonné  
correctement**

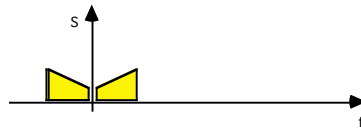


**... SOUS-  
échantillonné.**

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

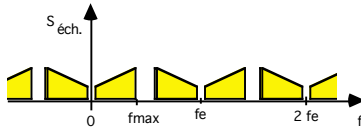
17

## Théorie - Reconstruction bonne ou simpliste

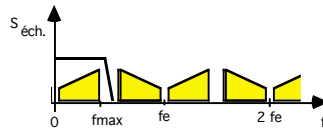


**Spectre d'un  
signal...**

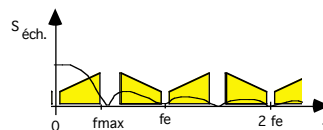
**...analogique,**



**... échantillonné,**



**... parfaitement  
reconstruit,**

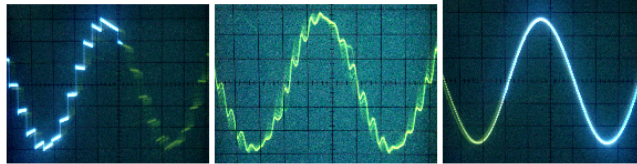


**... reconstruit  
avec simple  
maintien**

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

18

## Reconstruction bonne ou simpliste?



Signal numérique plus\* ou moins\*\* bien reconstruit

\* à droite

\*\* à gauche et au centre

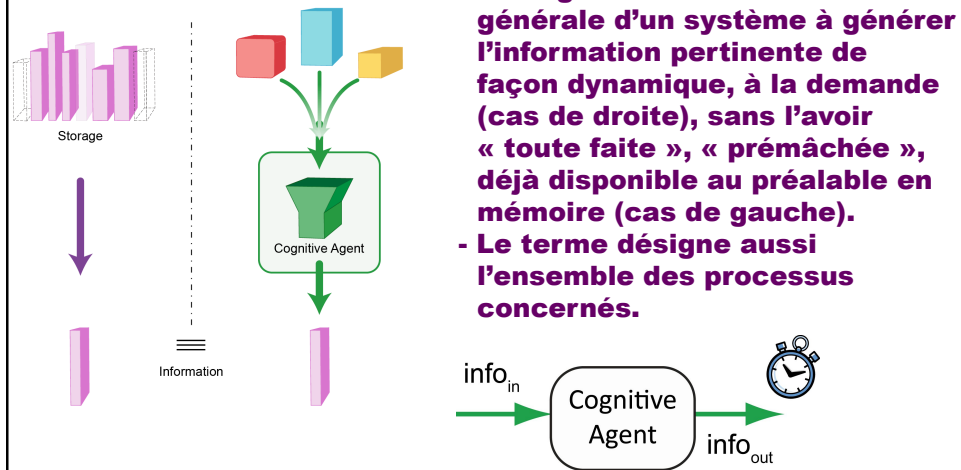
A. Imgrut et D. Schmidt, EIT5-2003

## Débit d'information

$$D = Q \cdot 1/dt \quad [\text{bit/s}]$$

$$D = f_e \cdot \log_2(N_v) = 2 \cdot \log_2\left(\frac{S}{Br}\right) \cdot f_{\max} [\text{bit/s}]$$

# Cognition



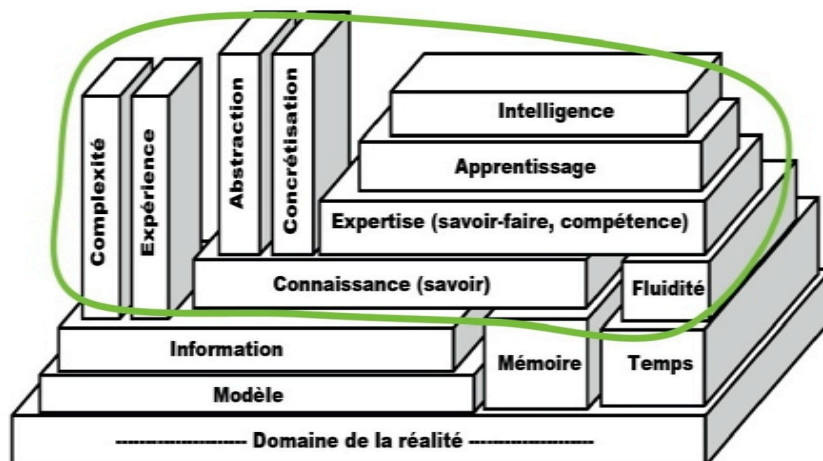
- La cognition décrit la faculté générale d'un système à générer l'information pertinente de façon dynamique, à la demande (cas de droite), sans l'avoir « toute faite », « prémâchée », déjà disponible au préalable en mémoire (cas de gauche).
- Le terme désigne aussi l'ensemble des processus concernés.

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

21

Notion de modèle ; métrique pour le traitement d'information et pour la cognitive

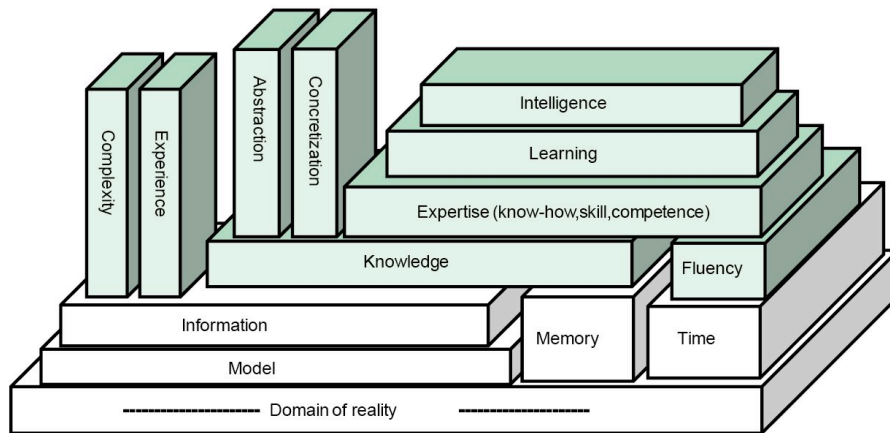
## Définition des grandeurs cognitives



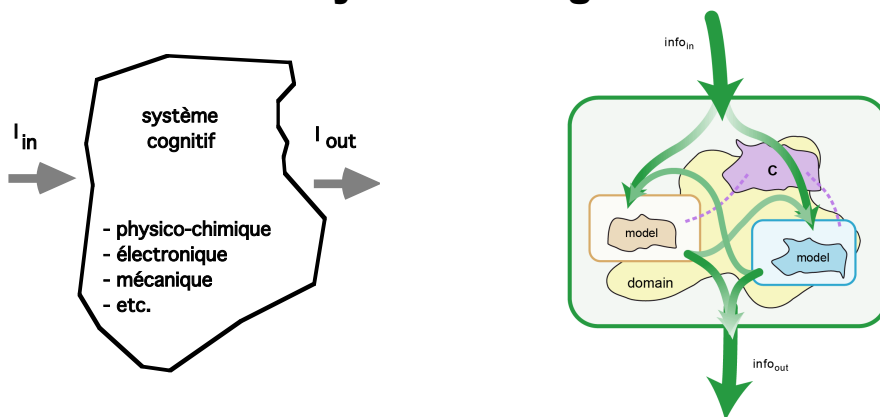
HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

22

## Définition des grandeurs cognitives

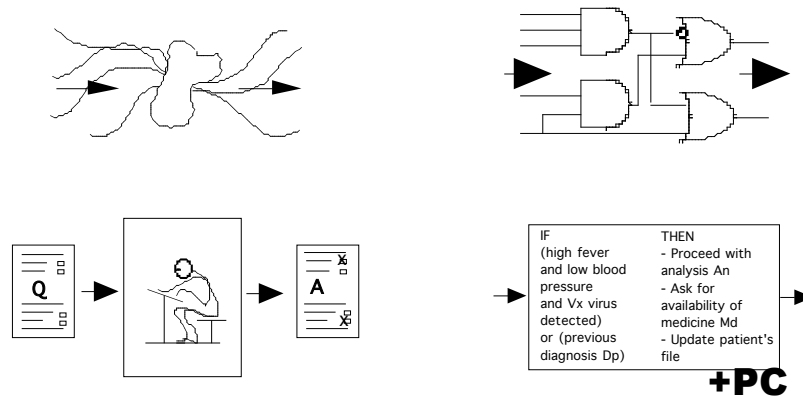


## Modèle comportemental ou « boîte noire » des systèmes cognitifs



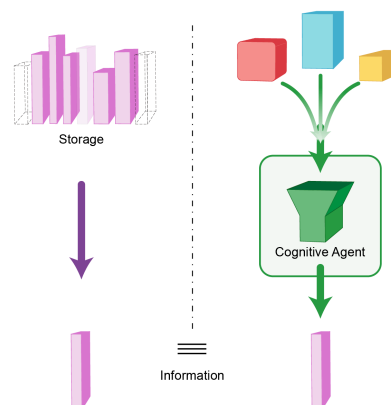
**Le modèle comportemental, ou « boîte noire », se caractérise essentiellement par les flux d'information en entrée et en sortie; le modèle est applicable à différents niveaux de détails**

## Exemple de systèmes cognitifs



## Système cognitif

- **Système capable de générer de l'information (spontanément ou en fonction d'une information incidente)**
- **La quantité de connaissance s'estime en fonction de la taille d'une mémoire (virtuelle) contenant tous les messages pouvant être générés**



## Estimation des grandeurs cognitives

**La connaissance, c'est la propriété spécifique d'un système capable de générer l'information pertinente, de « faire juste ».**

**Quantité de connaissances, K:**

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

**lin: Logarithme de l'Information**

## Estimation des grandeurs cognitives

**L'expertise, c'est la propriété d'un système capable de générer rapidement l'information pertinente, de « faire vite (et juste) ».**

**Quantité d'expertise, E:**

$$E = K f \quad [\text{lin/s}], \quad E = K / dt \quad [\text{lin/s}]$$

## Estimation des grandeurs cognitives

**La capacité d'apprentissage, c'est la propriété d'un système capable d'augmenter sa quantité d'expertise**

**Quantité apprise, L:**

$$L = E(t1) - E(t0) = E(r1) - E(r0) \quad [\text{lin/s}]$$

## Estimation des grandeurs cognitives

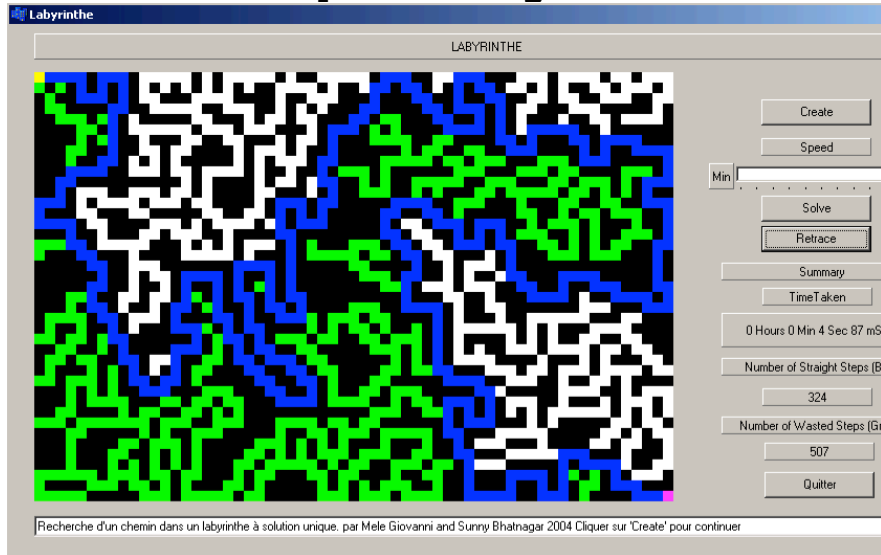
**L'intelligence, c'est la capacité d'apprendre. Quantitativement, elle peut s'estimer selon 2 indices :**

$$i_t = \frac{dE}{dt} [\text{lin/s}^2] \qquad i_q = \frac{dE}{dQ} [\text{lin}/(\text{s} \cdot \text{bit})]$$

**Dans le premier cas la variable libre est le temps, et dans le second, c'est la quantité d'information expérimentée:**

$$Q = \sum_1^N (n_{in} + n_{out}) [\text{bit}] \quad \text{où } N \text{ est le nombre d'associations entrées-sorties (décisions) passées}$$

## Exemple: Labyrinthe



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

31

## En résumé (Conclusion 1 de 3)

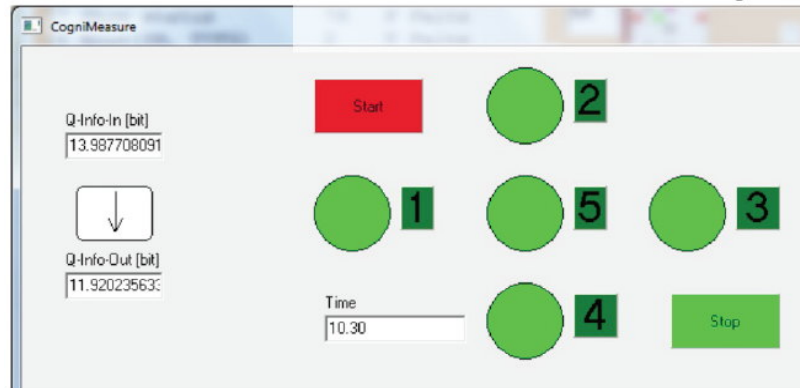
Information:  $n = \sum p_i \log_2(1/p_i)$  [bit]  
Knowledge:  $K = \log_2(n_{out} 2^{n_{in}} + 1)$  [lin]  
Fluency:  $F = 1/\Delta t$  [ $s^{-1}$ ]  
Expertise:  $E = K \cdot F$  [lin/s]  
Learning:  $\Delta E = E(t_1) - E(t_0); > 0$  [lin/s]  
Experience:  $R = r(n_{in} + n_{out})$  [bit]  
Intelligence:  $I = \Delta E / \Delta R$  [lin/s/bit]  
relative Agility:  $Ar = \tau / T$   
T: Fluency<sup>-1</sup> and communication delays  
 $\tau$ : Reaction time of target system, to be controlled

HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 17.02.2017

32



## CogniMeasure - Aide à l'estimation quantitative des grandeurs cognitives (1 de 2)



Les grandeurs cognitives peuvent se calculer et se tester interactivement dans l'environnement Piaget

## CogniMeasure - Aide à l'estimation quantitative des grandeurs cognitives (2 de 2)

Probability	Equiprobability	Sampling			
Message 1 0.25	N Messages 100	Frequency 100	Q-Knowledge [lin] 17.56305694€	Q-K1 17.559780	Q-K2 17.5630€
Message 2 0.25	Eval 2	Duration [s] 10	DeltaT [s] 0.85799998044	DT-1 1.6720000	DT-2 0.85799€
Message 3 0.50	Q2 [bit] 6.64	Bit/Sample 4.4	Q-Expertise [lin/s] 20.46976470€	LEQE1 10.502260	LEQE2 20.4697€
Message 4 0.	Quantization Range 10	Samples/s 200.	Q-Experience [bit] 282.0721130€	LEQExp1 151.76130	LEQExp2 282.0721
Message 5 0.	Resolution 0.1		N-Trials 10	LENT1 5	LENT2 10
Normalize	Eval 3		Delta-Expertise [lin/s] 9.9675045013427€	Delta-Experience [bit] 130.310806274414	
Eval 1	Q3 [bit] 6.64	Q4 [bit] 8800.	Q-Intelligence [lin/s/bit] 0.0764902373510971		

Détail des multiples possibilités de calculer une quantité d'information (à gauche) et les grandeurs cognitives principales (à droite)