

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

## **3. Choix d'une structure de commande**

**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, 05.03.2017

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, 05.03.2017

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, 05.03.2017

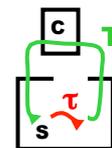
5

## AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

### Choix de structure en fonction de l'agilité relative de la commande, $A=\tau/T$

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.



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

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

6

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

## Aperçu: régulateur booléen (TOR)

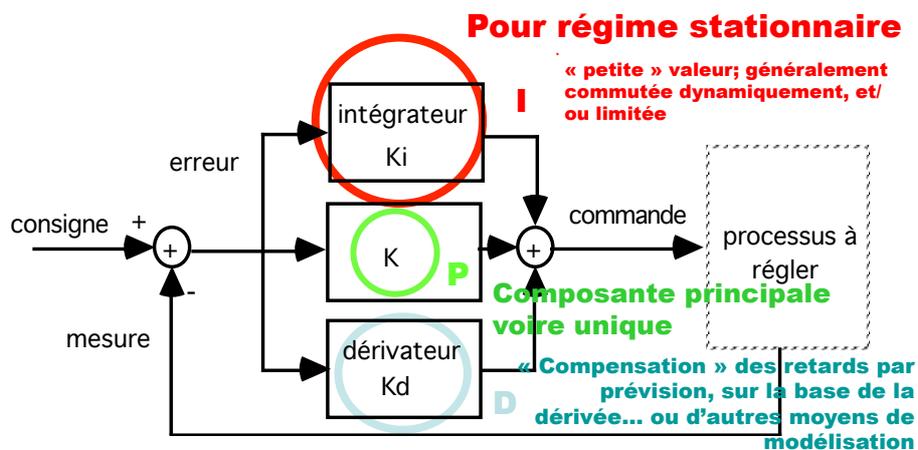
- Entrées ET sorties booléennes: systèmes logiques, instructions élémentaires sur ordinateur (« IF »), API/PLC
- Entrée analogique et sortie booléenne: comparateur, trigger de Schmitt; précision dépendant de la résolution de l'entrée

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

7

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

## Aperçu: régulateur PID



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

8

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

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

La méthode consiste essentiellement à relever la valeur du gain critique  $K_c$ , et celle de la pulsation  $\omega_c$  des oscillations qui s'installent dans ces conditions. On choisit alors:

- $K_p = 0.59 K_c$  ;
- $K_d = \pi / \omega_c$  (parfois aussi appelé  $T_d$ );
- $K_i = \omega_c / 0.75$  (parfois aussi appelé  $1/T_i$ );

Cette solution est à prendre qualitativement est peut être utile aussi pour optimiser un simple régulateur P par exemple

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

## Aperçu: systèmes hiérarchisés

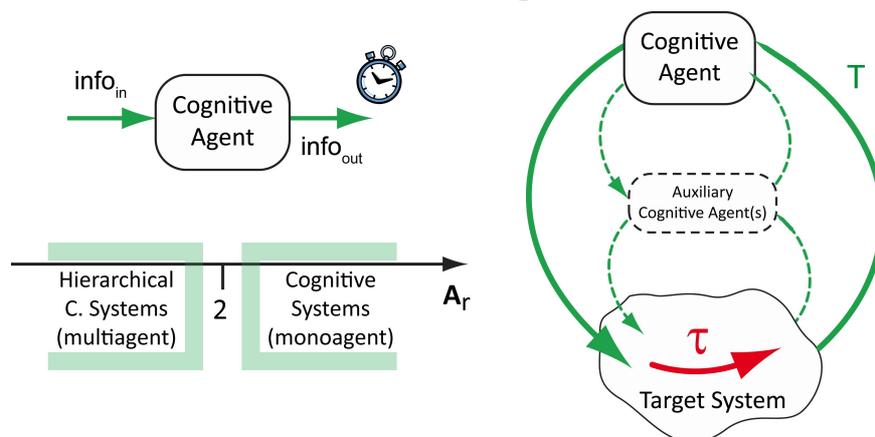
- **Communication à gérer**
- **Synchronisme**
  - **Parallélisme**
  - **Coordination**
- **Récurtivité: cf. éléments booléens et/ou PID**

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

11

# AIC-Automatisation avancée, intelligence artificielle et cognitive

## Point de vue cognitif



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

12

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

### **Conclusion**

- **L'agilité relative d'une commande par rapport à un système à régler est critique pour déterminer l'approche adéquate :**
  - **Un simple système tout-ou-rien est approprié lorsque l'agilité est grande**
  - **Inversément, lorsque l'agilité est faible, la commande n'est pas possible directement; la fonction doit être sous-traitée**
  - **Entre deux, il y a une décade où un régulateur classique, de type P, PD, ou PID notamment, peut s'avérer utile**