

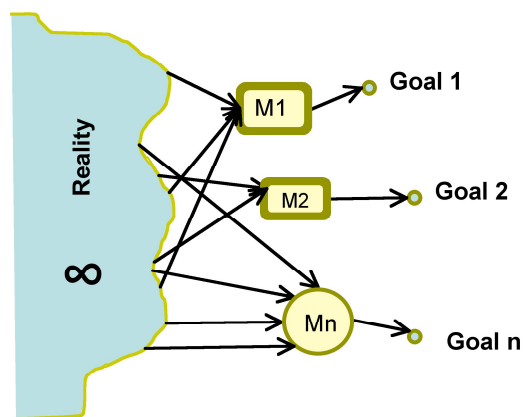
# Exercices (partiel), yc. corrigés

Pour la partie du cours

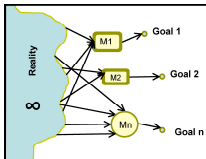
## 1. Concepts généraux

Jean-Daniel Dessimoz

### Exo 0.1 Modèles souvent bons quoique toujours faux (incomplets)



- Exemple : qu'est-ce qu'une diode



## Exo 0.1 Modèles souvent bons quoique toujours faux (incomplets)

015.09.jj

Exemple : qu'est-ce qu'une diode

**A** Un dispositif électrique bloquant le courant dans un sens

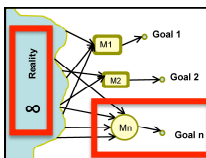
**B** Un élément lumineux, de couleur rouge, particulièrement esthétique, sur la nouvelle sculpture de l'un de mes neveux, exclusivement fait avec des matériaux de récupération

**C** L'objet de la facture Distrelec d'avant-hier, à 2.30 francs, à payer svp. par la comptabilité de notre Ecole, dans les 10 jours

**D** Un concept quelconque permettant notamment ici d'illustrer la nécessité de considérer l'application visée, pour avoir une chance de trouver un bon modèle, la réponse universelle étant toujours hors de portée

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

3



## Exo 0.1 Modèles souvent bons quoique toujours faux (incomplets)

**Corrigé**

015.09.jj

Exemple : qu'est-ce qu'une diode

**A** Un dispositif électrique bloquant le courant dans un sens

**B** Un élément lumineux, de couleur rouge, particulièrement esthétique, sur la nouvelle sculpture de l'un de mes neveux, exclusivement fait avec des matériaux de récupération

**C** L'objet de la facture Distrelec d'avant-hier, à 2.30 francs, à payer svp. par la comptabilité de notre Ecole, dans les 10 jours

**D** Un concept quelconque permettant notamment ici d'illustrer la **nécessité de considérer l'application visée, pour avoir une chance de trouver un bon modèle**, la réponse universelle étant toujours hors de portée

La réalité est infiniment complexe

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

4

## Exo 0.2 Nécessité d'être très schématique pour garder sa spécificité

Exemple géographique: Est-ce qu'Yverdon-les-Bains est différent de Tokyo?



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

5



## Exo 0.2 Nécessité d'être très schématique pour garder sa spécificité

015.09.jj

Exemple géographique:  
Est-ce qu'Yverdon-les-Bains est différent de Tokyo?

- |          |                            |          |                               |
|----------|----------------------------|----------|-------------------------------|
| <b>A</b> | Oui, c'est une autre ville | <b>B</b> | Oui, c'est une autre région   |
| <b>C</b> | Non, c'est la même planète | <b>D</b> | Oui, c'est un autre continent |

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

6



## Exo 0.2 Nécessité d'être très schématique pour garder sa spécificité

**Corrigé**

015.09.jj

Exemple géographique:

Est-ce qu'Yverdon-les-Bains est différent de Tokyo?

**A** Oui, c'est une **autre** ville

**B** Oui, c'est une autre région

**C** Non, c'est la même planète

**D** Oui, c'est un autre continent

En principe, il faut privilégier le plus schématique.

(De façon plus générale, cf. exo 0.1)

Autres exemples concernant ce cours: Moteur CC ou PAP?, API ou ordi?, Régulation ou robotique?

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

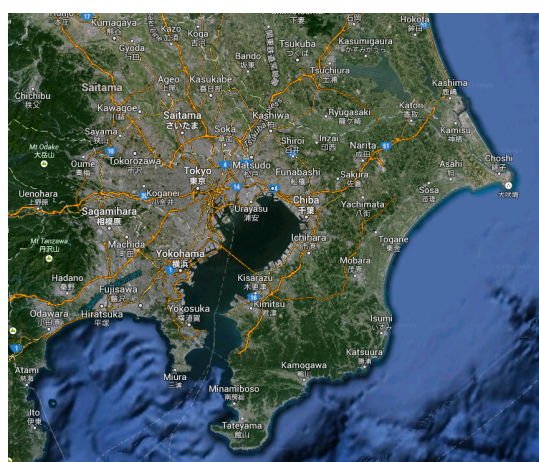
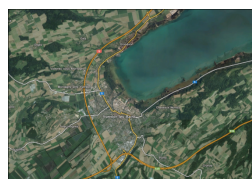
7

## Spécificité ou universalité - il faut choisir

Yverdon-les-Bains  
(la ville)

**Corrigé**

Tokyo  
(la ville)



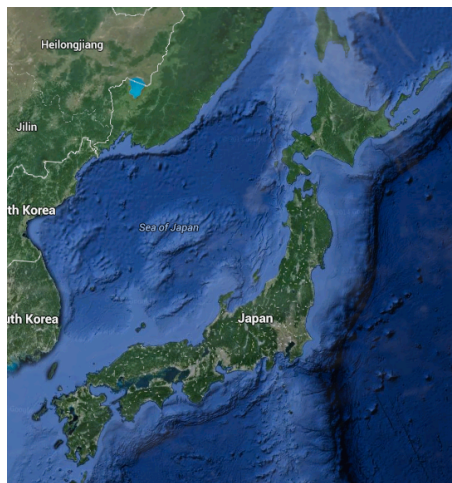


Yverdon-les-Bains  
(son pays - Suisse)



**Corrigé**

Tokyo  
(son pays - Japon)



Yverdon-les-Bains  
(son continent - Europe)




**Corrigé**

Tokyo  
(son continent - Asie)




Yverdon-les-Bains  
(sa planète)




**Corrigé**

Une planète  
identique,  
La Terre

Tokyo  
(sa planète)





HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, 15 septembre 2015

11

## Exo 0.3 Stratégies d'apprentissage

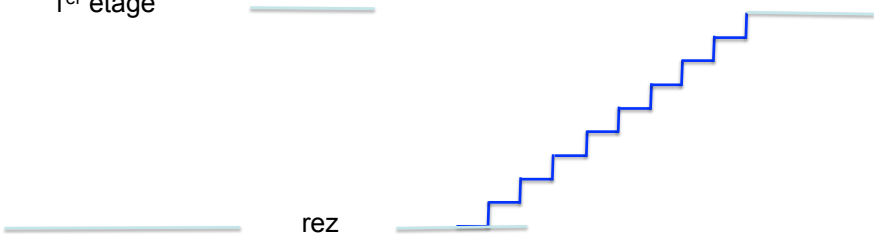
Comment apprendre?

015.09.jj

Analogie de l'escalier.

1<sup>er</sup> étage

rez



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

12



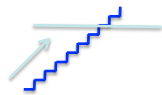
## Exo 0.3 Stratégies d'apprentissage

015.09.jj

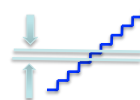
Comment apprendre?

Analogie de l'escalier: monter ...

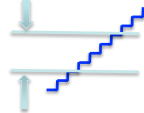
**A** ... jusqu'au niveau visé?



**B** ... de façon incrémentale, un escalier à la fois?



**C** ... par sauts de 4 escaliers à la fois?



**D** ... à partir de là où on est?



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

13



## Exo 0.3 Stratégies d'apprentissage

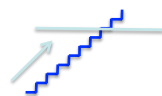
015.09.jj

Comment apprendre?

Analogie de l'escalier.

**Corrigé**

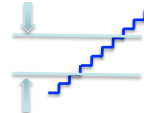
**A** Jusqu'au niveau visé.



**B** De façon incrémentale, un escalier à la fois.



**C** Par sauts de 4 escaliers à la fois



**D** A partir de là où on est.



Implicitement, les réponses A et D ne peuvent pas être ignorées, mais il est utile de retenir B en priorité. La réponse C est souvent tentante, ambitieuse mais généralement peu praticable. La réponse B peut sembler trop modeste, d'autant plus que la complexité s'évanouit une fois qu'on sait. Mais c'est typiquement la plus efficace, la taille de l'escalier ayant été optimisée pour cela.

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

14

## Exo 0.4 Dimensionnalité des modèles

016.09.27

Combien de dimensions sont nécessaires à décrire le tableau de cette salle de classe?

- |          |   |          |   |
|----------|---|----------|---|
| <b>A</b> | 0; le tableau "est". Tout est dit car cette réalité est irréductible à un modèle                | <b>B</b> | 1; comme pour une image transmise par antenne (UHF, wifi)   |
| <b>C</b> | 2: lignes et colonnes (pixels)  | <b>D</b> | 4: espace (largeur, hauteur, épaisseur) et temps  |
| <b>E</b> | 10: lignes, colonnes, R,G,B, rugosité, indice de réflexion, matériau, qualité esthétique, prix. | <b>F</b> | Dépend de l'application; la dimension n'est pas une propriété intrinsèque au tableau (à la réalité) mais au modèle qu'on lui associe, pour un but donné |
| <b>G</b> | 8*10**6: chaque pixel (4000x2000) représente une dimension                                      |          |   |

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 27.09.2016

15

## Exo 0.4 Dimensionnalité des modèles

016.09.27

Combien de dimensions sont nécessaires à décrire le tableau de cette salle de classe?

**Corrigé**

- |          |   |          |  |
|----------|---|----------|--|
| <b>A</b> | 0; le tableau "est". Tout est dit car cette réalité est irréductible à un modèle                | <b>B</b> | 1; comme pour une image transmise par antenne (UHF, wifi)  |
| <b>C</b> | 2: lignes et colonnes (pixels)  | <b>D</b> | 4: espace (largeur, hauteur, épaisseur) et temps   |
| <b>E</b> | 10: lignes, colonnes, R,G,B, rugosité, indice de réflexion, matériau, qualité esthétique, prix. | <b>F</b> | Dépend de l'application; la dimension n'est pas une propriété intrinsèque au tableau (à la réalité) mais au modèle qu'on lui associe, pour un but donné. |
| <b>G</b> | 8*10**6: chaque pixel (4000x2000) représente une dimension                                      |          |  |

Toutes les réponses peuvent se défendre, avec de bons arguments; mais il est utile de retenir F en priorité. La réponse A est fondamentale: pour vraiment savoir tout du tableau, il faut l'avoir concrètement... mais ceci n'est possible qu'au présent.

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 27.09.2016

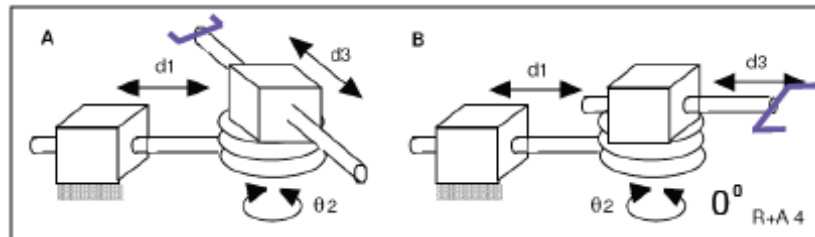
16

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj

- Combien a-t-on de ddl dans le cas ci-dessous?

N1



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

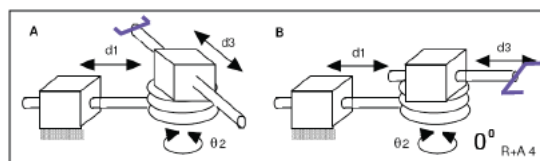
17

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien a-t-on de ddl dans le cas ci-dessous?

N1



**A**

1 ddl

**B**

2 ddl

**C**

3 ddl

**D**

2 ou 3 ddl

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

18

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

**Corrigé**

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RV0009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RV0011.02.23, 011.09.27, 011.09.27, 011.09.27, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.24, 015.09.24

- Combien a-t-on de ddl dans le cas ci-dessous?

**N1**

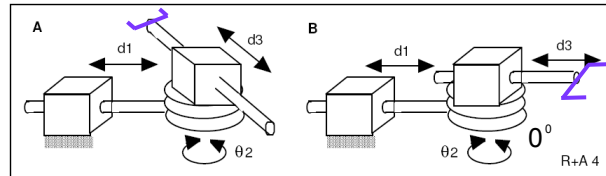


Fig. 1.2.3 Systèmes à 3 ddl. Si les axes de  $d_1$  et  $d_3$  sont alignés, il y a "dégénérescence"

<b>A</b>	1 ddl	<b>B</b>	2 ddl
<b>C</b>	3 ddl	<b>D</b>	2 ou 3 ddl

En principe nous avons 3 ddl; mais il y a avec un point de singularité, de dégénérescence, lorsque les deux barres sont alignées (2 ddl localement).

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

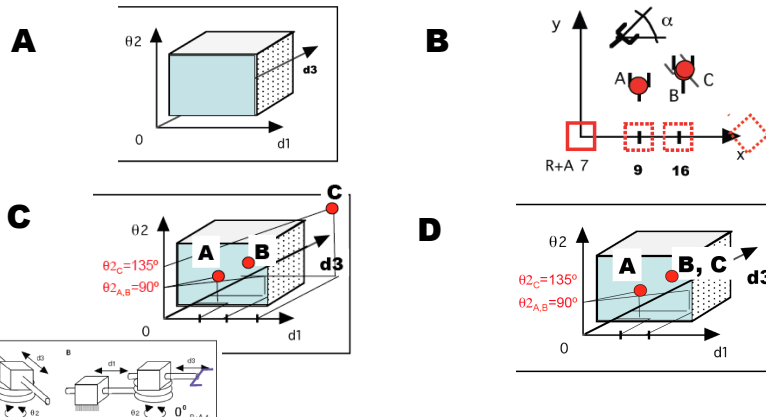
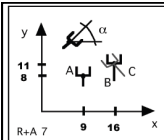
19

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

**N2**

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RV0009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RV0011.02.23, 011.09.27, 011.09.27, 011.09.27, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.24, 015.09.24

- Représenter dans l'espace des articulations les trois points A, B, et C spécifiés dans l'espace de l'atelier



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

20

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

**N2**

Corrigé 007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Représenter dans l'espace des articulations les trois points A, B, et C spécifiés dans l'espace de l'atelier

**A**

**B**

**C**

**D**

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

21

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

**N2**

007.10.01, 008.02.29, 008.09.23 **CORR (1 de 6)** RVO009.03.05, 009.09.22, 010.10.05, RVO011.02.23, 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 014.09.26, 015.09.jj

- Représenter dans l'espace des articulations les trois points A, B, et C spécifiés ci-dessous dans l'espace de l'atelier (coordonnées spatiales)

**A**

**B**

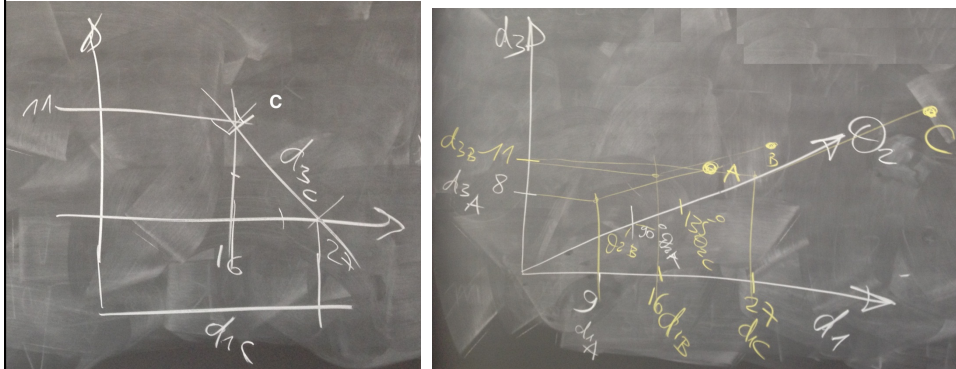
**Fig.**

22

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01 , 008.02.29 , , 008.09.23 **CORR (1b de 6)** RVO009.03.05 ,009.09.22, 010.10.05 , RVO011.02.23 , 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 014.09.26, 015.09.jj

- Représenter dans l'espace des articulations les trois points A, B, et C spécifiés ci-dessous dans l'espace de l'atelier (coordonnées spatiales) **N2**



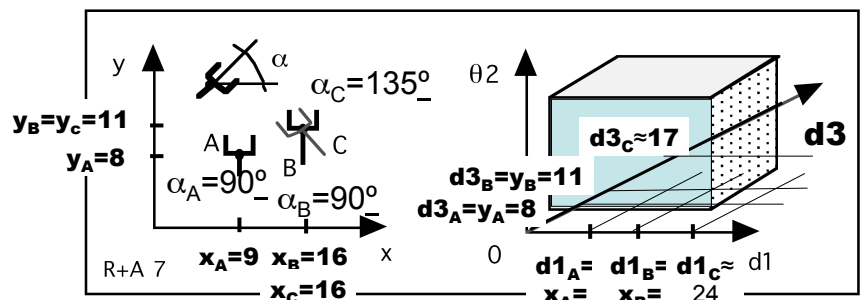
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 14.10.2014

23

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01, 008.02.29 , , 008.09.23 **CORR (2 de 6)** 008.02.26 RVO009.03.05 ,009.09.22, RSA010.10.04 , RVO011.02.23 , 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 015.09.jj

A titre illustratif, les distances se sont évaluées en mm, sur la figure **N2**



$x_A=9$	$y_A=8$	$\alpha_A=90^\circ$	$d1_A=x_A=9$	$d3_A=y_A=8$
$x_B=16$	$y_B=11$	$\alpha_B=90^\circ$	$d1_B=x_B=16$	$d3_B=y_B=11$
$x_C=16$	$y_C=11$	$\alpha_C=135^\circ$	$d1_C \approx 27$	$d3_C \approx 17$

$\alpha_i = \theta_i$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

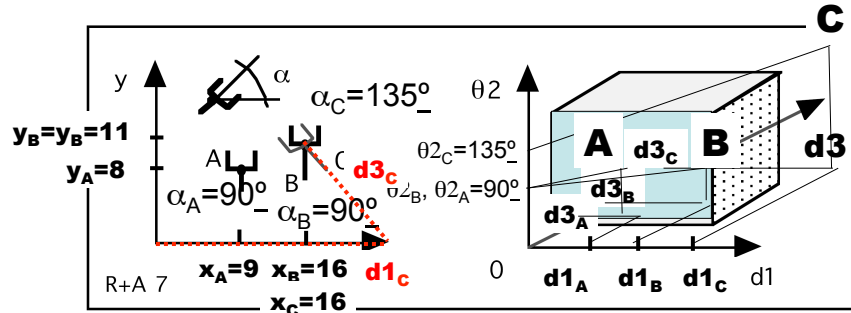
24



## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01 , 008.02.29 , , 008.09.23 **CORR (3 de 6)** RVO009.03.05 , ,009.09.22, RSA010.10.04 ,  
RVO011.02.23 , 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 015.09.jj

A titre illustratif, les distances se sont évaluées en mm, sur la figure **N2**



$x_A=9$	$y_A=8$	$\alpha_A=90^\circ$	$d1_A=x_A=9$	$d3_A=y_A=8$
$x_B=16$	$y_B=11$	$\alpha_B=90^\circ$	$d1_B=x_B=16$	$d3_B=y_B=11$
$x_C=16$	$y_C=11$	$\alpha_C=135^\circ$	$d1_C \approx$	$d3_C \approx$

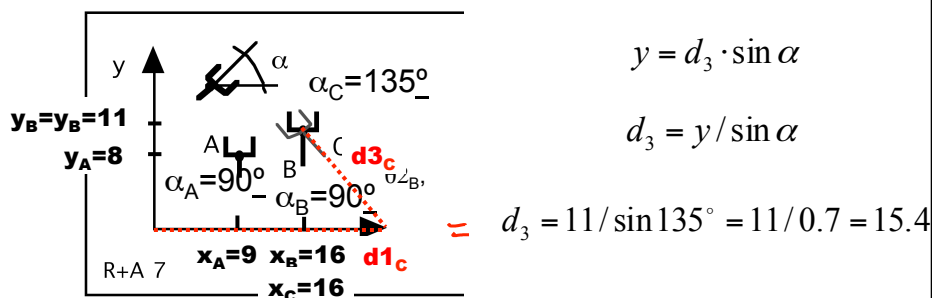
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

25

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01 , 008.02.29 , , 008.09.23 **CORR (4 de 6)** RVO009.03.05 , ,009.09.22, 010.10.11 , RVO011.02.23 ,  
011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 015.09.jj

A titre illustratif, les distances se sont évaluées en mm, sur la figure **N2**



$$y = d_3 \cdot \sin \alpha$$

$$d_3 = y / \sin \alpha$$

$$= d_3 = 11 / \sin 135^\circ = 11 / 0.7 = 15.4$$

$x_A=9$	$y_A=8$	$\alpha_A=90^\circ$	$d1_A=x_A=9$	$d3_A=y_A=8$
$x_B=16$	$y_B=11$	$\alpha_B=90^\circ$	$d1_B=x_B=16$	$d3_B=y_B=11$
$x_C=16$	$y_C=11$	$\alpha_C=135^\circ$		$d3_C=15.4$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

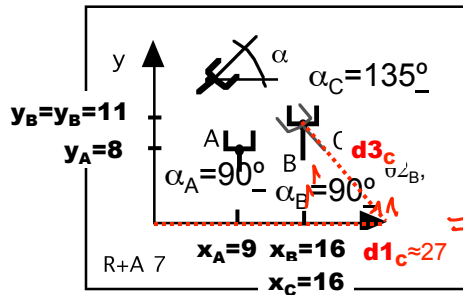
26

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01 , 008.02.29 , 008.09.23 **CORR (5 de 6)** RVO009.03.05 , 009.09.22 , RVO011.02.23 , 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 015.09.jj

A titre illustratif, les distances se sont évaluées en mm, sur la figure

**N2**



$$d_1 = x - d_3 \cdot \cos \alpha$$

$$d_1 = 16 - 15.4 \cdot \cos 135^\circ$$

$$d_1 = 16 - 15.4 \cdot (-0.7) = 27$$

$x_A=9$	$y_A=8$	$\alpha_A=90^\circ$	$d1_A=x_A=9$
$x_B=16$	$y_B=11$	$\alpha_B=90^\circ$	$d1_B=x_B=16$
$x_C=16$	$y_C=11$	$\alpha_C=135^\circ$	$d1_C=27$

$$\alpha_i = \theta_i$$

$d3_A=y_A=8$
$d3_B=y_B=11$
$d3_C=15.4$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

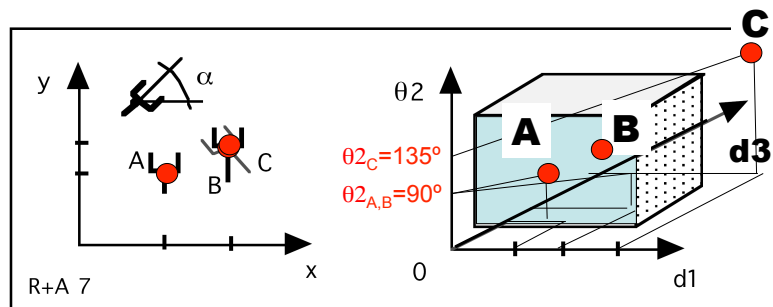
27

## 1.2.1-1 DDL et espace des articulations

007.10.01 , 008.02.29, 008.09.23 **CORR (6 de 6)** RVO009.03.05, RSA 009.09.22, RSA010.10.04 , RVO011.02.23 , 011.09.jj, 012.09.28, 013.10.07, 014.09.jj, 015.09.jj

**N2**

A titre illustratif, les distances se sont évaluées en mm, sur la figure



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

28

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

005.11.04, 006.11.05, 007.10.02, 008.03.04, 008.09.23, M009.01.09, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.jj, MAS-AM012.01.14, 012.09.24, 013.10.01, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il (description des articulations: ddl, architecture) ?

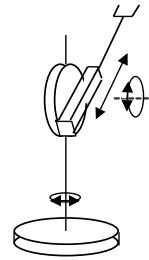


Fig. 1

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

29

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : ddl?

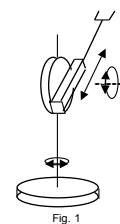


Fig. 1

- |          |       |          |       |
|----------|-------|----------|-------|
| <b>A</b> | 1 ddl | <b>B</b> | 2 ddl |
| <b>C</b> | 3 ddl | <b>D</b> | 4 ddl |

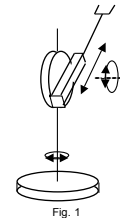
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

30

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : ddl?



**A** 1 ddl **B** 2 ddl

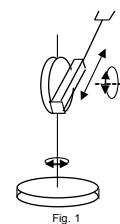
**C** 3 ddl **D** 4 ddl

Trois articulations indépendantes.

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : architecture?



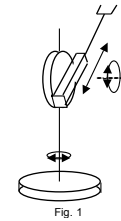
**A** Robot sphérique **B** Robot cylindrique

**C** Robot antro-morphique **D** Robot cartésien

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

RV0011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : architecture?



**A** Robot sphérique

**B** Robot cylindrique

**C** Robot antro-  
morphique

**D** Robot cartésien

Par rapport à un robot cartésien, deux axes sont devenus rotatifs.

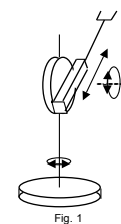
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

33

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

RV0011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : architecture?



**A** R2D2, R<sup>2</sup>P<sup>2</sup>

**B** R2D, R<sup>2</sup>P

**C** RD2, RP<sup>2</sup>

**D** RDR, RPR

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

34

## 1.2.1-2 DDL et Architecture

007.10.01, 008.02.19, 008.09.23, RVO009.03.05, RSA009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.27, 011.09.jj, 012.09.24, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- De quel type le robot industriel représenté ci-dessous est-il : architecture?

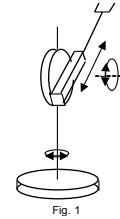


Fig. 1

**A** R2D2, R<sup>2</sup>P<sup>2</sup>

**B** R2D, R<sup>2</sup>P

**C** RD2, RP<sup>2</sup>

**D** RDR, RPR

A partir de la base: Rotation – Rotation – et déplacement linéaire (axe prismatique)

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

35

## 1.2.1-2 Architecture corr

005.11.04, 007.10.02, 008.03.04, 008.09.23, M009.01.09 RVO009.03.05, RSA 009.09.22, RSA010.10.04, RVO011.02.23, 011.09.jj, MAS-AM012.01.14, 012.09.28, 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- 3 ddl
- Robot sphérique,
- R2D, R<sup>2</sup>P

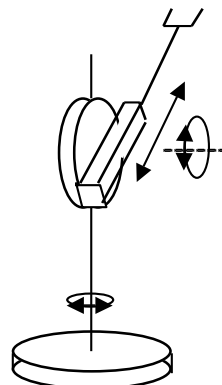


Fig. 1

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

36

## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

005.11.1,006.10.27, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26, 008.09.19, RVO009.03.05, RSA009.09.22, .  
010.10.05, , RVO011.02.23, 011.09.jj, , 013.10.07,014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien y a t il de degrés de liberté (ddl, dof) pour une jambe et une main de type humain ?

## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

005.11.1,006.10.27, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26, 008.09.19, RVO009.03.05, RSA009.09.22, .  
010.10.05, , RVO011.02.23, 011.09.jj, , 013.10.07,014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien y a t il de degrés de liberté (ddl, dof) pour une jambe de type humain ?

**A**    3

**B**    7

**C**    6

**D**    5

## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

005.11.1,006.10.27, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26, 008.09.19, RVO009.03.05, RSA009.09.22, .  
010.10.05, , RVO011.02.23, 011.09.jj, , 013.10.07,014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien y a t il de degrés de liberté (ddl, dof) pour une jambe de type humain ?

**A** 3

**B** 7

**C** 6

**D** 5

Trois ddl à la hanche (cf. rotule), 1 ddl au genou, et 3 ddl à la cheville

## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

005.11.1,006.10.27, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26, 008.09.19, RVO009.03.05, RSA009.09.22, .  
010.10.05, , RVO011.02.23, 011.09.jj, , 013.10.07,014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien y a t il de degrés de liberté (ddl, dof) pour une main de type humain ?

**A** 5 ou 7

**B** 15

**C** 20

**D** 22



## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

005.11.1, 006.10.27, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26, 008.09.19, RVO009.03.05, RSA009.09.22, .  
010.10.05, , RVO011.02.23, 011.09.jj, , 013.10.07, 014.03.10, 014.09.jj, 015.09.jj

- Combien y a t il de degrés de liberté (ddl, dof) pour une main de type humain ?

**A** 5 ou 7

**B** 15

**C** 20

**D** 22

5 doigts à 4 ddl et 2 ddl de courbure de la paume (base des 2 plus petits doigts)

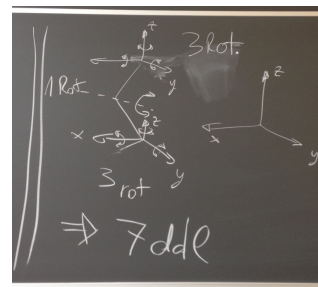
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

41

## Exo 1.2.4 Degrés de liberté

006.03.24, 007.03.27, 007.10.02, 008.02.26 **corr** RVO009.03.05, RSA009.09.22, Magistra 010.10.11, RVO011.02.23, 011.09.jj, .  
013.10.07, 014.03.10, 014.10.03, 014.09.29, 015.09.jj

- pour une jambe : 7 ddl  
(par ex: rotxyz à la hanche, rotz au genou, et rotxyz à la cheville)
- pour une main : de 20 à 22 ddl  
(5 doigts x 4+éventuellement mvmnts paume)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

42

## Exo 1.2.5 Architecture

007.03.27, 008.09.23

- Comment décrire un robot cylindrique universel sous la forme conventionnelle RiDj

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

43

## Exo 1.2.5 Architecture

007.03.27, 008.09.23 **Corr**

- Comment décrire un robot cylindrique universel sous la forme conventionnelle RiDj:
  - Un robot universel dispose de 6 ddl
  - Nous avons donc: RD2R3

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

44

## Exo 1.2.3 Architecture

007.10.08, 011.01.25 , RVO011.02.23

- Quelle est la caractéristique essentielle des robots SCARA?

## Exo 1.2.3 Architecture

007.10.08, RVO011.02.23 **Corr**

- Quelle est la caractéristique essentielle des robots SCARA? (voir cours):
  - SC: compliance sélective: raideur plus grande pour certains axes que pour d'autres, pour pouvoir être guidé par des chamfreins sans provoquer de blocage
  - AR: robot articulé: il y a un coude
  - A: pour l'assemblage: donc 3ddl dans le plan + 1 pour amenée et dépose de pièces;

## Exo 1.3.1-0.1 Capteur

007.04.03, 007.10.08 , 008.03.04, 008.09.26, RVO009.03.12, ,009.09.28. 010.10.05, 011.03.10, 011.10.11, 012.10.08, , 013.10.07, 014.03.17 , 014.10.03

- On nous dit qu'un capteur de position optoélectrique comporte 100 fentes sur piste extérieure.
- On dispose de deux signaux « A » et « B » provenant de capteurs élémentaires
- Combien de positions par tour peut-on résoudre?

## Exo 1.3.1-0.1 Capteur

007.04.03, 007.10.08 , 008.03.04, 008.09.26, RVO009.03.12, ,009.09.28. 010.10.05, 011.03.10, 011.10.11, 012.10.08, , 013.10.07, 014.03.17 , 014.10.03

- On nous dit qu'un capteur de position optoélectrique comporte 100 fentes sur piste extérieure.
- On dispose de deux signaux « A » et « B » provenant de capteurs élémentaires
- Combien de positions par tour peut-on résoudre?

**A** 100

**B** 100, 200, 400 ou 10'000

**C** 200 ou 400

**D** 10'000

## Exo 1.3.1-0.1 Capteur

007.04.03, 007.10.08, 008.03.04, 008.09.26, RVO009.03.12, 009.09.28, 010.10.05, 011.03.10, 011.10.11, 012.10.08, 013.10.07, 014.03.17, 014.10.03

- On nous dit qu'un capteur de position optoélectrique comporte 100 fentes sur piste extérieure.
- On dispose de deux signaux « A » et « B » provenant de capteurs élémentaires
- Combien de positions par tour peut-on résoudre?

**A** 100

**B** 100, 200, 400 ou 10'000

**C** 200 ou 400

**D** 10'000

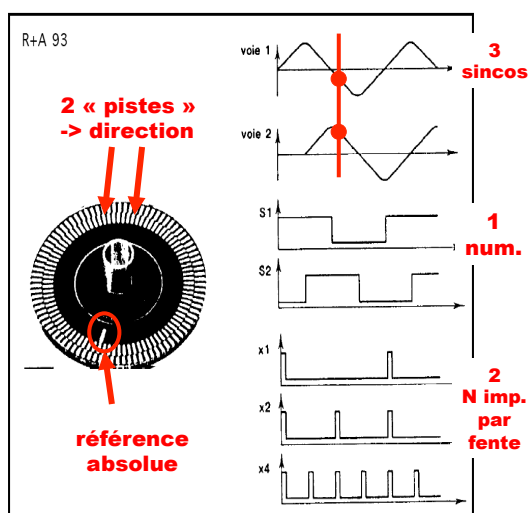
Voir la correction détaillée dans les deux diapos suivantes

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

49

## Exo 1.3.1-0.1 Capteur CORR

007.04.03, 007.10.08, 008.03.04, 008.09.26, 009.03.12, 009.09.28, RSA010.10.05, 011.03.10, 011.10.11, 012.10.08, 013.10.07, 014.10.03



- **numérique: immunité au bruit, cf. Schmitt trigger**

**1,2 ou 4x 100 imp./tour**

- **Analogique:**  
=> «tg» => environ 100 positions/fente donc

**10'000 par tour (sinco's)**

(- autre capteur (Posix): inductif=>modulation Delta

① ② ③ comm.)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

50

## Exo 1.3.1<sub>-0.1</sub> Capteur **CORR**

007.04.03, 007.10.08, 008.03.04, 008.09.26, 009.03.12, 009.09.28, 010.10.11, 011.03.10, 011.10.11, 012.10.08, 013.10.07, 014.10.03

- Si on prend le flanc montant (début d'ouverture de fente) sur le signal associé à la piste extérieure, on a 100 impulsions par tour
- Si on prend en plus les flancs descendants: 200 imp/t
- Si, en plus, on fait de même avec le signal décalé, cela donne 4 fois plus d'impulsions par tour que de fentes
- Si on garde les valeurs analogiques des signaux A et B, on a un capteur « sincos », capable d'une résolution de l'ordre de 100 fois meilleure que le nombre de fentes, soit environ ici 10'000 positions par tour.

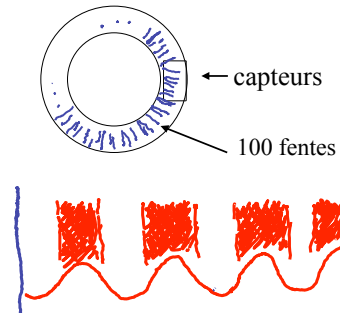
## Exo 1.3.1.4 Capteur

005.11.15, 006.11.05, 007.10.08, 013.10.07

- On nous dit qu'un capteur de position optoélectrique résoud 10'000 positions par tour, or il comporte 100 fentes. Est-ce possible ? Justifiez votre réponse ?

## Exo 1.3.1.4 Capteur 005.11.15, 007.10.08, , 013.10.07 **corr**

- Non si on adopte un signal booléen sur les capteurs élémentaires ce ne serait pas possible d'avoir 10'000 positions par tour. Dans ce cas, on pourrait à choix définir 100, 200 ou 400 positions par tour pour ce capteur.
- Oui si on garde le niveau analogique: on observe alors que le signal varie à peu près comme un sinus en fonction de la rotation. Considérant qu'on a un deuxième signal décalé d'un quart de période (2ème piste ou 2ème capteur, décalé de  $\frac{1}{4}$  de pas), on a donc un cosinus. L'arctg du rapport des deux peut s'estimer au pourcent ?



## Exo 1.3.1.1 Capteur

- Un robot se trouve dans une certaine position. Expliquer comment cette position est codée, pour le robot de votre choix.

### Exo 1.3.1.2 Capteur

- Considérons un axe linéaire de robot. Sa longueur est de 1.8 m. Le moteur, muni d'un réducteur, fait 150 tours pour la course totale. Combien d'impulsions doit délivrer le codeur en 1 tour, sachant qu'il est monté sur l'axe du moteur, et que la résolution voulue pour l'axe est de 0.05 mm?

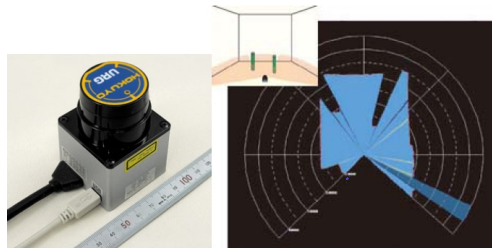
### Exo 1.3.1.3 Capteur

- Considérons un axe en rotation. Sa course est de 440 degrés, et la portée est de 45 cm. Le moteur, muni d'un réducteur, fait 150 tours pour la course totale. Combien d'impulsions doit délivrer le codeur en 1 tour, sachant qu'il est monté sur l'axe du moteur, et que la résolution voulue pour l'axe est de 0.05 mm ? Combien de fentes doit-il comporter? Justifiez votre réponse.



## Exo 1.3.2-0.1 Capteur , 007.10.02 , 008.09.26 , 009.03.12, 009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08, 014.10.03

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure
- Que signifie le long triangle bleu en bas à droite?

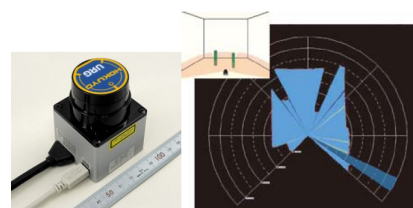


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

57

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur , 007.10.02 , 008.09.26 , 009.03.12, 009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08, 014.10.03

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure.



**A** Source LED et double capteur

**B** Source infrarouge, capteur à temps de vol, point de mesure

**C** Source infrarouge laser, capteur à barette de photodiodes, point de mesure

**D** Cible en éclairage normal, deux caméras

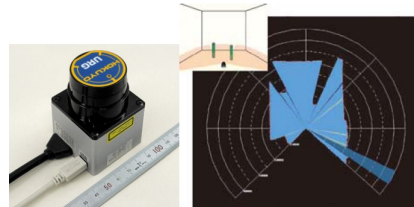
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

58

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur N6.1

, 007.10.02 , 008.09.26 , 009.03.12, 009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08, 014.10.03

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure.



**A** Source LED et double capteur

**B** Source infrarouge, capteur à temps de vol, point de mesure

**C** Source infrarouge laser, capteur à barette de photodiodes, point de mesure

**D** Cible en éclairage normal, deux caméras

Ce sont les 3 sommets du triangle de mesure. Ce triangle tourne à l'aide d'un miroir. Cf. cours

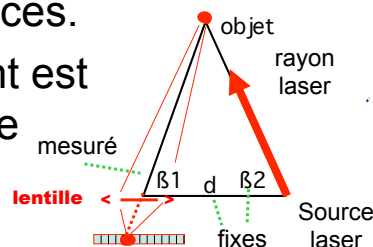
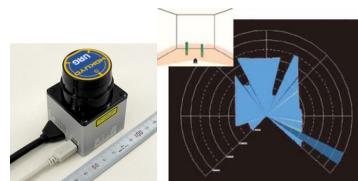
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

59

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur N6.1

, 007.10.02 **Corr 1 de 4** , 008.09.26 , 009.03.12 , 009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure



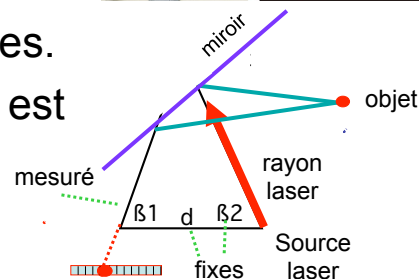
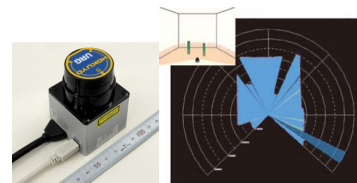
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

60

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur

, 007.10.02 **Corr 2 de 4** , 008.09.26 ,  
009.03.12 , 009.09.29, 010.10.11 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure



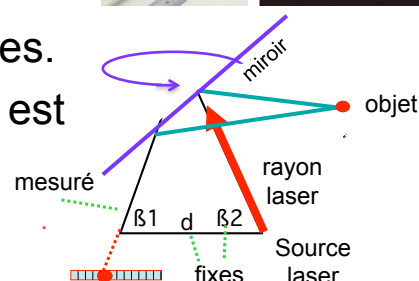
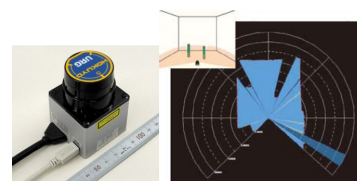
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

61

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur

, 007.10.02 **Corr 3 de 4** , 008.09.26 ,  
009.03.12 , 009.09.29, 010.10.11 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08

- Un capteur à balayage plan, laser, utilise le principe de la triangulation pour estimer des distances.
- Expliquer comment est formé le triangle de mesure



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

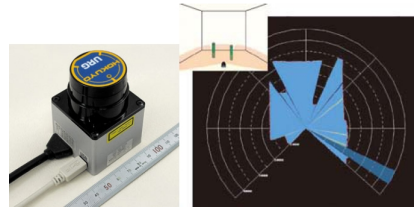
62

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur

N6.2

, 007.10.02 , 008.09.26 , 009.03.12,  
009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08, 014.10.03

- Que signifie le long triangle bleu en bas à droite?



**A** erreur

**B** tache noire

**C** porte ouverte

**D** tache blanche

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

63

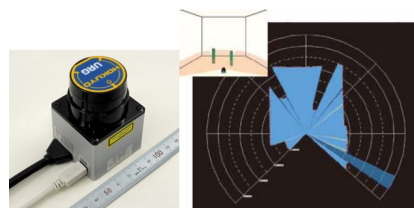
## Exo 1.3.2-0.1 Capteur

N6.2

, 007.10.02 , 008.09.26 , 009.03.12,  
009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08, 014.10.03

- Que signifie le long triangle bleu en bas à droite?

Signal sans écho dans la  
gamme du capteur : par ex. :  
> 4 m; ou écho trop faible.



**A** erreur

**B** tache noire ?

**C** porte ouverte ?

**D** tache blanche

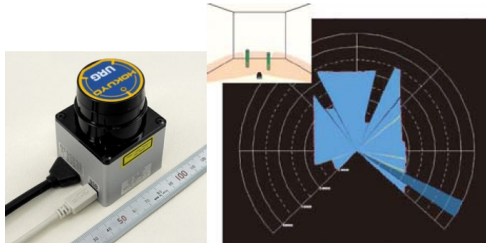
**E** autre: miroir ?, éblouissement?...

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 15 septembre 2015

64

## Exo 1.3.2-0.1 Capteur

, 007.10.02 **Corr 4 de 4**, 008.09.26 ,  
009.03.12, 009.09.29 , 011.03.10, 011.10.11, 013.10.08

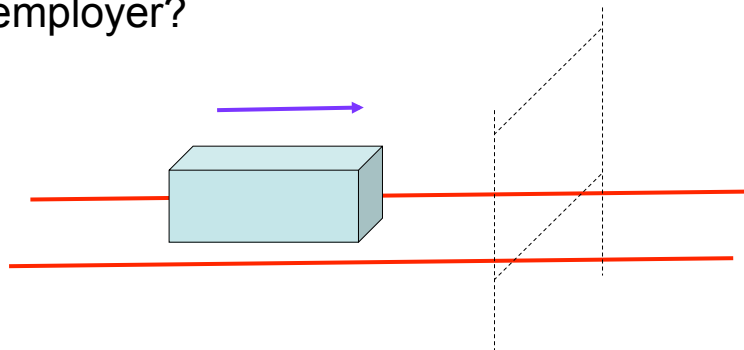


- Le triangle bleu en bas à droite correspond à une porte ouverte ou un élément noir, absorbant => d max

## 1.3.2.8 Capteur

006.04.28, 006.11.05, 007.04.17,  
007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.12 , 011.03.10,  
011.10.11, 013.10.08, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?



## 1.3.2.8 Capteur

006.04.28, 006.11.05, 007.04.17,  
007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.12, 011.03.10,  
011.10.11, 013.10.08, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?

**A** caméra

**B** balance

**C** barrière lumineuse

**D** capteur à ultrasons

## 1.3.2.8 Capteur Corr

006.04.28, 006.11.05,  
007.04.17, 007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.12, 011.03.10,  
011.10.11, 013.10.08, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?

**A** caméra

**B** balance

**C** barrière lumineuse

**D** capteur à ultrasons

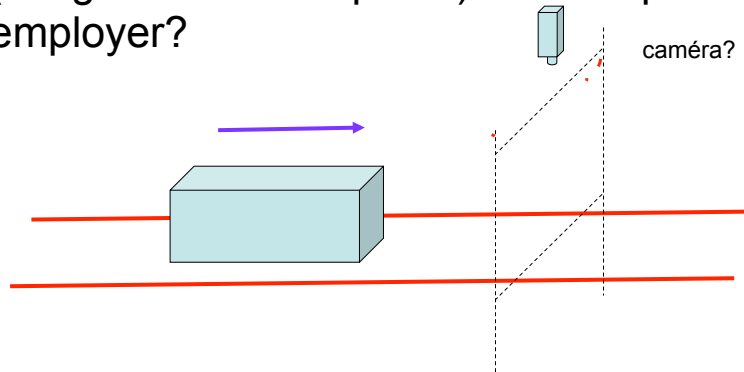
**E** autre: barre et capteur inductif ? ...

Ici la discussion est intéressante, plus qu'un résultat précis et unique; par rapport au TE, il faut *toujours* justifier les réponses.

## 1.3.2.8 Capteur **corr**

006.04.28, 006.11.05, 007.04.17, 007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 011.03.10, 011.10.11, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?



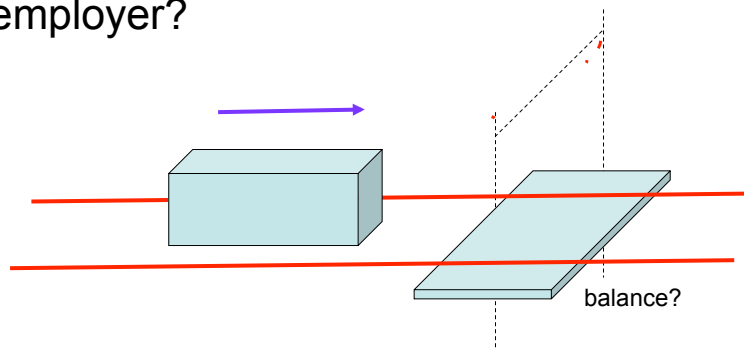
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

69

## 1.3.2.8 Capteur **corr**

006.04.28, 006.11.05, 007.04.17, 007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 011.03.10, 011.10.11, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?



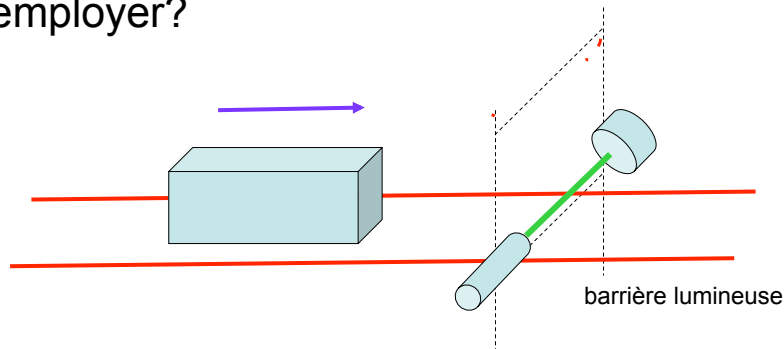
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

70

## 1.3.2.8 Capteur **corr**

006.04.28, 006.11.05, 007.04.17, 007.10.09, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 011.03.10, 011.10.11, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?



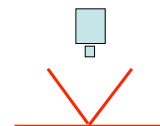
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

71

## 1.3.2.8 Capteur **corr**

007.10.09, 006.04.28, 008.03.04, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.12, 011.03.10, 011.10.11, 014.10.10

- Des cartons arrivent sur un convoyeur (imaginer le tri à la poste). Quel capteur employer?
- Barrière lumineuse
- (Capteur ultrason)
- (Balance=capteur de force)
- (Distance par capteur optique et triangulation)
- (Vision)
- (Tâteur mécanique et rupteur ou capt. inductif)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

72



### 1.3.3.2 Quantité d'information 006.02.27, 006.11.11, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.11, 011.10.11, 013.10.14, 014.10.06

- 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 006.02.27, 006.11.11, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.11, 011.10.11, 013.10.14, 014.10.06

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

**A**      $1'000bit$

**B**      $9.96bit$

**C**      $0.001bit$

**D**      $10bit$

### 1.3.3.2 Quantité d'information **Corr**

006.02.27, 006.11.11, 008.10.07, 009.09.29, 010.10.11,  
011.10.11, 013.10.14, 014.10.06

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

**A** 1'000bit

**B** 9.96bit

**C** 0.001bit

**D** 10bit

### 1.3.3.2 Quantité d'information **corr**

006.02.27,  
006.11.11, 008.10.07, 009.09.29, , 010.10.11, 011.10.11, 014.10.06

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

$$Q = \log_2(1000) = \frac{\log_{10}(1000)}{\log_{10}(2)} = 9.96 \approx 10 \text{ bit}$$

### 1.3.3.3 Quantité d'information 006.02.27b,

006.11.11, 008.10.07, 011.10.jj, 014.10.06

- 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)?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

77

### 1.3.3.3 Quantité d'information 006.02.27b,

006.11.11 **corr** 008.10.07, 014.10.06

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 (méthode cognitive): connaissant la gravité, la dynamique de vol, la forme de l'objet et la nature du support, on peut en principe estimer  $p$  (modélisation géométrique et étude physique)

Considérer des fourchettes (min-max)

Faire des hypothèses

Faire un mix des solutions 1 et 2 avec des simulations

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

78

### 1.3.3.4 Quantité d'information

006.02.27c, , 009.03.12, 010.01.25, 011.03.10, 014.10.06

- 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 ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

79

### 1.3.3.4 Quantité d'information **corr**

006.02.27c, , 009.03.12, 011.01.25, 011.03.10 , 014.10.06

$$Q_m = \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right)$$

$$Q_m = 0.45 \cdot \log_2 \left( \frac{1}{0.45} \right) + 0.45 \cdot \log_2 \left( \frac{1}{0.45} \right) + 0.1 \cdot \log_2 \left( \frac{1}{0.1} \right)$$

$$Q_m = 0.45 \cdot \log_2(2.22) + 0.45 \cdot \log_2(2.22) + 0.1 \cdot \log_2(10)$$

$$Q_m = 0.45 \cdot 1.15 + 0.45 \cdot 1.15 + 0.1 \cdot 3.32 = \\ = 0.515 + 0.52 + 0.33 = \mathbf{1.37 \text{ bit}}$$

$$\log_2(2) < Q_m < \log_2(3) < \log_2(4)$$

$$1 < Q_m < 2$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

80

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2:,006.11.11, 008.10.07 , M009.01.09, 009.09.29, 011.03.10 , 014.10.06

- 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 en est le débit?

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2:,006.11.11, 008.10.07 , M009.01.09, 009.09.29, 011.03.10 , 014.10.06

- 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?

**A**      *5bit*

**B**      *9.96bit*

**C**      *4.9bit*

**D**      *1.7bit*

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2:,006.11.11, 008.10.07 , M009.01.09, 009.09.29, 011.03.10 , 014.10.06

- 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?

**A**       $5\text{bit}$

**B**       $9.96\text{bit}$

**C**       $4.9\text{bit}$

**D**       $1.7\text{bit}$

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2:,006.11.11, 008.10.07 , M009.01.09, 009.09.29, 011.03.10 , 014.10.06

- Et si la mesure est répétée 5 fois par seconde, quel est le débit?

**A**       $Q \cdot 5 \text{ bit} / s$

**B**       $Q \cdot 5 \cdot 2 \text{ bit} / s$

**C**       $Q / 5 \text{ bit} / s$

**D**       $Q / 5 \cdot 2 \text{ bit} / s$

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27d,

v2: 006.11.11, 008.10.07, M009.01.09, 009.09.29, 011.03.10, 014.10.06

- Et si la mesure est répétée 5 fois par seconde, quel est le débit?

**A**  $Q \cdot 5 \text{ bit/s}$

**B**  $Q \cdot 5 \cdot 2 \text{ bit/s}$

**C**  $Q/5 \text{ bit/s}$

**D**  $Q/5 \cdot 2 \text{ bit/s}$

### 1.3.3.5 Quantité d'information 006.02.27c corr

v2: 006.11.11, 008.10.07, M009.01.09, 009.09.29,  
011.03.10, 014.10.06

Signal analogique  $\neq \infty$  valeurs en pratique

$$Q_m = \log_2(N_v) \quad N_v = \frac{S}{B_r}$$

$$Q_m = \log_2(S/B_r) = \log_2(3/0.1) = \log_2(30) = 4.9 \text{ bit}$$

$$D = 5 * 4.9 = 24.5 \text{ bit/s}$$

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

### 1.3.4.2 Débit d'information 007.10.09, AIC

008.03.03, 011.01.25, 011.10.11, 013.10.15

- 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.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

87

### 1.3.4.2 007.10.09 corrigé, AIC 008.03.03, 011.01.25, 011.10.11

- $N = 100 * 100 * 100$       $\log_2(100) = 6.64 \text{ bit}$
- $Q = 3 * 6.64 = 19.96 \text{ bit} \approx 20 \text{ bit}$
- Débit  $D = F_{\text{éch}} * Q = 5 * 20 = 100 \text{ bit/s}$   
(on peut penser que les 5 mesures par seconde sont adéquates, c'est-à-dire respectent la loi  $f_{\text{éch}} \geq 2 * f_{\text{max}}$ )

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

88



## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

N10

- Rappel théorique (cf. pages... et diapos... du cours)
  - But?
    - Quantifier l'information
      - applications en communication, interfaçage, ou encore stockage; pour un système automatisé, un robot ou un humain
  - Modèle/méthodologie proposée
    - pour message discret:
      - $Q = \log_2(1/p)$  [bit]; si N messages équiprobables:  $Q = \log_2(N)$  [bit]
    - pour message continu, analogique:
      - passer à une représentation basée sur des messages discrets
        - » échantillonner :  $f_e > 2 f_{\max}$  ; équivalent: 2 échantillons par période sont significatifs
        - » quantifier:  $N_v = S/Br$  valeurs significatives sont possibles pour une grandeur
      - appliquer ensuite la formule pour message(s) discret(s)
  - si plusieurs messages sont transmis, leurs quantités d'information s'additionnent

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2016

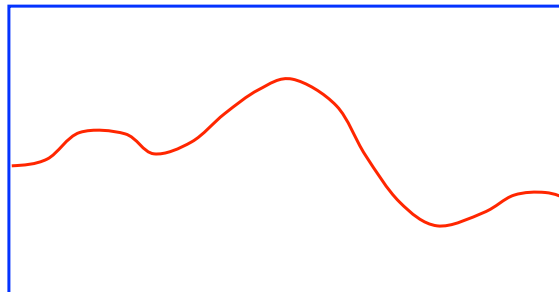
89

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

N10

008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

- Quelle est la quantité (significative, minimale) d'information de la courbe ci-dessous?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

90

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

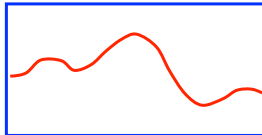
- Quelle méthode choisir?

**A** Statistique des courbes

**B** Division en points

**C** Division en niveaux

**D** Analyse à un niveau plus élémentaire



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

91

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

Corr 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

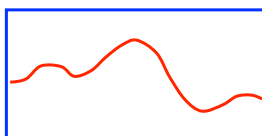
- Quelle méthode choisir?

**A** Statistique des courbes

**B** Division en points

**C** Division en niveaux

**D** Analyse à un niveau plus élémentaire



"Diviser pour régner". Approche similaire au calcul différentiel et intégral.  
Ici par exemple: échantillonner puis quantifier

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

92

N10.1

### Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification **corr 1 de 5** 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 014.10.10

- Combien de messages sont possibles, combien de courbes???
  - Difficile à dire directement...
  - Alternative: Remplacer la courbe par des éléments plus petits: la remplacer ici par un minimum de points (« échantillons »)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

93

N10.2

### Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

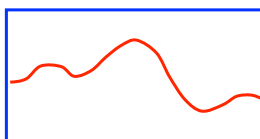
- Combien de points retenir?

**A** 4 échantillons

**B** 10 échantillons

**C** 100 échantillons

**D** 1000 échantillons



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

94

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

Corr 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

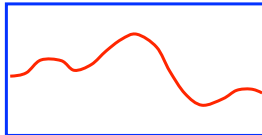
- Combien de points retenir?

**A** 4 échantillons

**B** 10 échantillons

**C** 100 échantillons

**D** 1000 échantillons



Limite théorique:  $f_{\text{éch}} > 2 \cdot f_{\text{max}}$ .  
Fréquence spatiale:  $f = n \text{ cycles / mètre}$ .  
Soit ici:  $N_{\text{points}} > 2 \cdot N \text{ cycles rapides}$ .

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

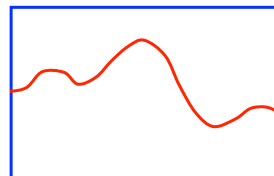
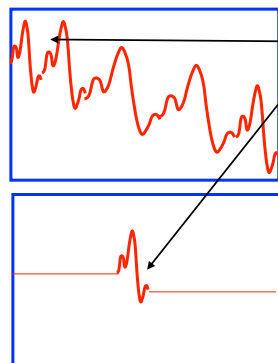
95

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

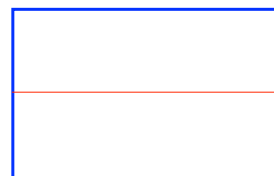
Corr 2 de 5 010.10.12-Fattebert,

011.10.11, 014.10.10

- 2 échantillons par cycle suffisent ( $f_e > 2 f_{\text{max}}$ ).
- Combien de cycles/m a-t-on au max. («  $f_{\text{max}}$  »)?



moyen



peu



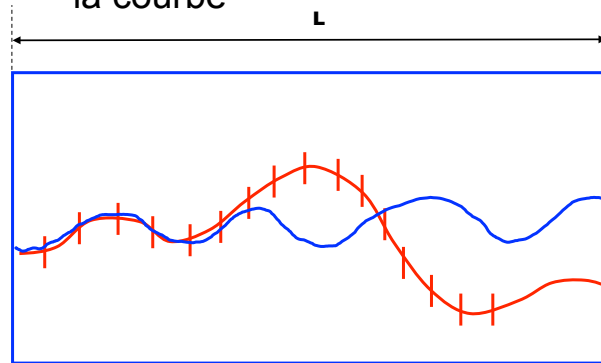
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

96

### Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification **N10.2**

**CORR 3 de 5** 010.10.12, 011.10.11, 014.10.10

- Ici nous avons une composante à 4 cycles max.
- D'où  $N_{\text{éch}} > 2 \times 4$ , soit environ 10 échantillons pour la courbe



#### Notes:

- Dans le temps, F est en Herz=cycles/seconde

- Dans l'espace, F est en cycles/mètre

-- Ici  $f_{\text{max}}$  est de 4 cycles/L; il faut donc environ 10 échantillons/L

Exercices de Robotique et automatisé, JDZ, 12.10.2010

97

### Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification **N10.3**

008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

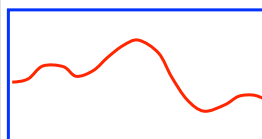
- Combien de niveaux retenir?

**A** 4 niveaux

**B** 10 niveaux

**C** 66 niveaux

**D** 1000 niveaux



Exercices de Robotique et automatisé, JDZ, 26.09.2015

98

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

Corr 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

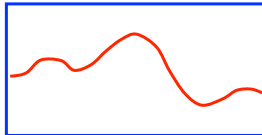
- Combien de niveaux retenir?

**A** 4 niveaux

**B** 10 niveaux

**C** 66 niveaux

**D** 1000 niveaux



N valeurs selon théorie:  $N_v = \text{Signal} / \text{Bruit}$ .  
Soit ici: Amplitudes ...  
... du signal: 66 cm;  
... du bruit: 1 cm.

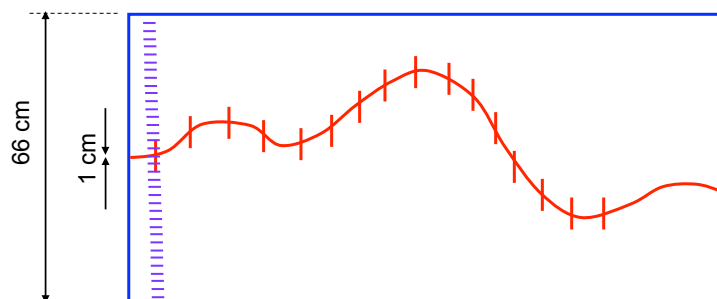
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

99

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

Corr 4 de 5 010.10.12, 011.10.11, 014.10.10

- Nombre d'états possibles pour un échantillon:  
 $N_v = S/B \approx 66/1$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

100

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

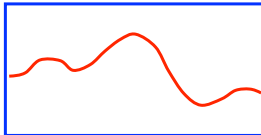
- Finalement, combien y a-t-il d'information dans cette courbe?

**A** 6 [bit]

**B** 60 [bit]

**C** 600 [bit]

**D** 6000 [bit]



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

101

## Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification

Corr 008.10.07, 010.10.11, 011.10.11, 012.10.08, 014.10.10

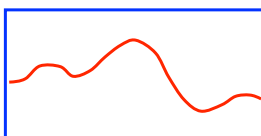
- Finalement, combien y a-t-il d'information dans cette courbe?

**A** 6 [bit]

**B** 60 [bit]

**C** 600 [bit]

**D** 6000 [bit]



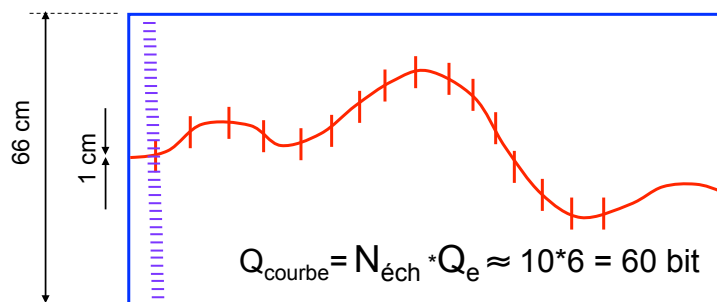
Quantité d'information dans 1 échantillon:  
 $Q_e = \log_2(N_v) = \log_2(66) \approx 6\text{bit}$   
 Donc, dans la courbe échantillonnée à 10 points:  
 $Q_{\text{courbe}} = N_{\text{éch}} * Q_e \approx 10 * 6 = 60\text{ bit}$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

102

### Exo 1.3.3.1 Echantillonnage et quantification **corr 5 de 5** 010.10.12, 011.10.11, 014.10.10

- Nombre d'états possibles pour un échantillon:  
 $N_v = S/B \approx 66/1$      $Q_e = \log_2(66) \approx 6 \text{ bit}$



### 1.4.n Interface 011.10.11, 014.10.13

- Un détecteur de colis à micro-rupteur est connecté à une commande automatisée. Avec quel interface?



## 1.4.n Interface 011.10.11, 014.10.13

Un détecteur de colis à micro-rupteur est connecté à une commande automatisée. Avec quel interface?

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>A</b> USB          | <b>B</b> API avec circuit de conditionnement et convertisseur A/D 0..10 V |
| <b>C</b> Optocoupleur | <b>D</b> Ethernet TCP/IP  |

## 1.4.n Interface corr 011.10.11, 014.10.13

Un détecteur de colis à micro-rupteur est connecté à une commande automatisée. Avec quel interface?

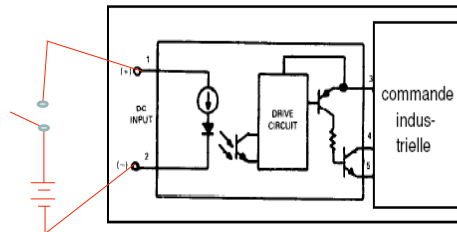
- |                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>A</b> USB          | <b>B</b> API avec circuit de conditionnement et convertisseur A/D 0..10 V |
| <b>C</b> Optocoupleur | <b>D</b> Ethernet TCP/IP  |

Un optocoupleur implique l'isolation galvanique des circuits et assure ainsi une grande robustesse en présence de sources de perturbations

## 1.4.n Interface 011.10.11

corrigé

- Il s'agit d'une entrée booléenne
- Dans ce cas, c'est un optocoupleur qui apporte la bonne solution, assurant l'isolation galvanique des circuits (il faut toutefois une source d'énergie en série avec le micro-rupteur):



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 11.10.2011

107

## 1.4.6 Moteur à CC

012.10.14

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu?

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

108

## 1.4.6 Moteur à CC

012.10.14

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu?

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> Stator avec aimant<br>Rotor avec bobinages<br>Collecteur distribuant le courant dans les bobinages                           | <b>B</b> Stator avec bobines<br>Rotor à cage d'écureuil<br>Tension continue via chemin ferro-magnétique à tôles       |
| <b>C</b> Stator avec bobines<br>Rotor avec aimant permanent<br>Commutation électronique des bobines<br>Mesure de la rotation du rotor | <b>D</b> Vitesse proportionnelle à la tension d'alimentation<br>Rotor avec induit<br>Tension hachée par un collecteur |

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

109

## 1.4.6 Moteur à CC

012.10.14

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu?

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> Stator avec aimant<br>Rotor avec bobinages<br>Collecteur distribuant le courant dans les bobinages                           | <b>B</b> Stator avec bobines<br>Rotor à cage d'écureuil<br>Tension continue via chemin ferro-magnétique à tôles       |
| <b>C</b> Stator avec bobines<br>Rotor avec aimant permanent<br>Commutation électronique des bobines<br>Mesure de la rotation du rotor | <b>D</b> Vitesse proportionnelle à la tension d'alimentation<br>Rotor avec induit<br>Tension hachée par un collecteur |

**A: Le collecteur commute si nécessaire, et alimente donc à chaque instant les spires les mieux placées dans le champ magnétique constant. (En C, le collecteur est remplacé par un capteur de position et une commutation électronique: c'est le moteur à CC brushless, autocommuté.)**

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

110

## 1.4.6 Moteur à CC ( 1 de n )

N12.1

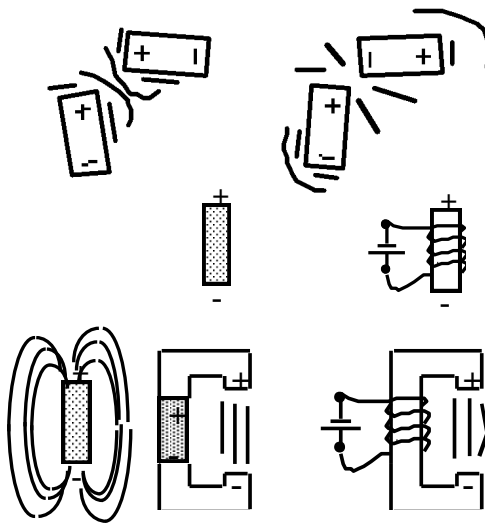
corr. 012.10.14

### Principes

**Attraction/répulsion  
des pôles magnétiques**

**Aimant permanent ou  
électroaimant**

**Guidage des lignes de  
champ par métaux  
ferromagnétiques**



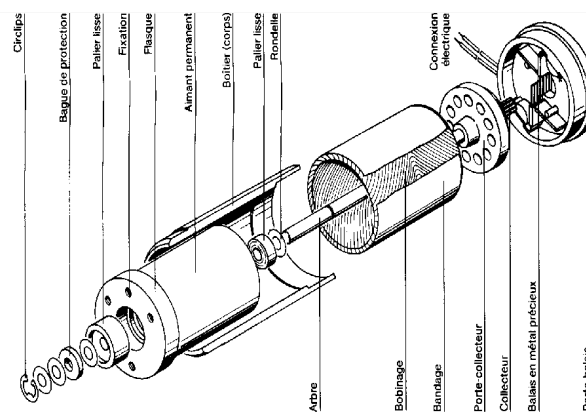
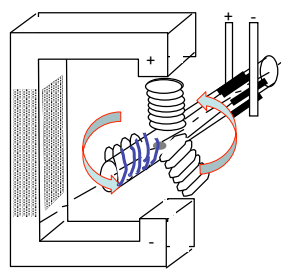
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 2.10.2014

111

## 1.4.6 Moteur à CC ( 2 de n )

N12.1

corr. 012.10.14



**Rotation par commutation des bobines au rotor  
« alimentation de la bobine en zone instable »**

08.09.17

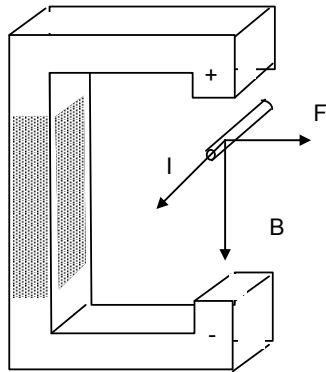
HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 10 septembre 2010

112

## 1.4.6 Moteur à CC ( 3 de n)

N12.1

corr. 012.10.14



Loi de Laplace

$$\vec{F} = i \times \vec{B} * \text{longueur}$$

(équation de base)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

113

## 1.4.6 Moteur PAP 005.11.11, 007.10.29 , 013.10.15

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur pas-à-pas capable de faire des « micropas ».

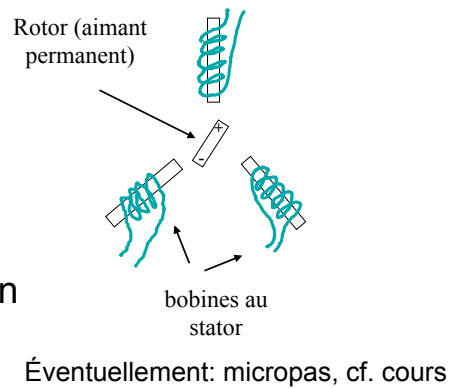
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

114

## 1.4.6 Moteur PAP 005.11.11, 007.10.29 corrigé

Micropas:

Pas de saut direct de  $120^\circ$ , mais plutôt des petits pas entre les bobines, déterminés par le rapport entre niveaux d'alimentation simultanée des bobines



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

115

## 1.4.7 Moteur synchrone 006.11.17, 010.10.12

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur synchrone.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

116

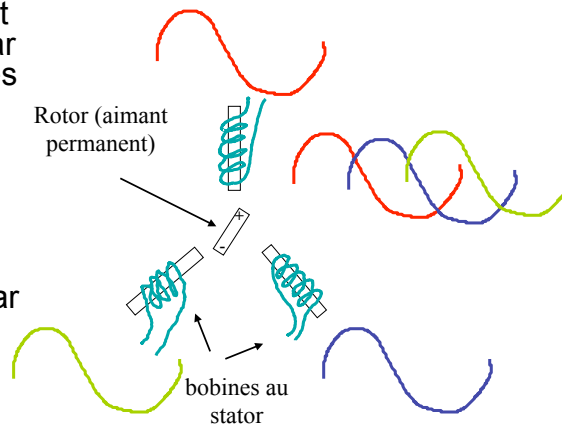
## 1.4.7 Moteur synchrone corrigé

010.10.18,

Le moteur synchrone est typiquement alimenté par trois tensions alternatives déphasées de 120 degrés.

Cela donne trois champs magnétiques élémentaires dont la somme correspond à un champ faisant un tour par période.

L'aimant est toujours aligné sur ce champ tournant, d'où le nom: moteur synchrone.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 22.09.2009

117

## 1.4.... Moteur brushless 009.10.05,

011.01.25

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur brushless

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

118

## 1.4.... Moteur brushless 009.10.05, corrigé

Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur brushless

A: Moteur à CC sans balai, càd aussi sans collecteur.

Fonctions à remplacer:

- mesure de la position angulaire (capteurs Hall ou autre, par ex. optique incrémental)
- commutation des bobines, càd. alimentation sélective (électronique de commande)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

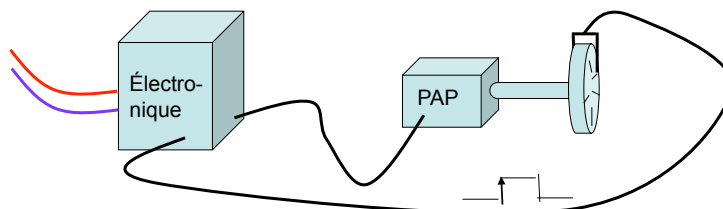
119

## 1.4.... Moteur brushless 009.10.05, corrigé

Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur brushless

B: Moteur PAP qui fait de « l'auto-allumage »:

- un pas d'avance génère une impulsion via capteur
- l'impulsion commande une avance d'un pas

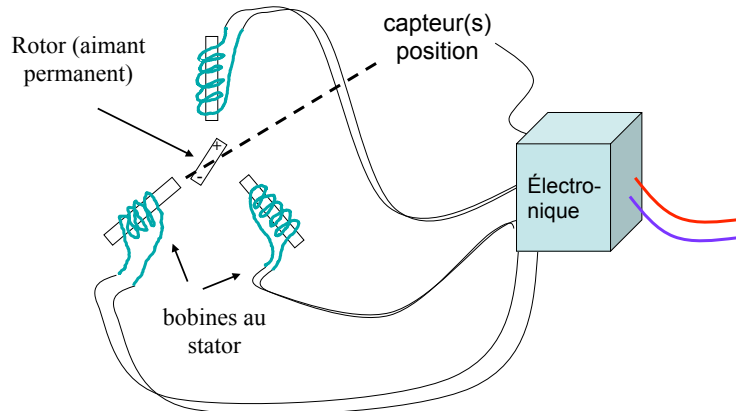


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

120



## 1.4.... Moteur brushless 009.10.05, corrigé



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

121

## 1.4.... Moteur asynchrone 008.10.14

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

122

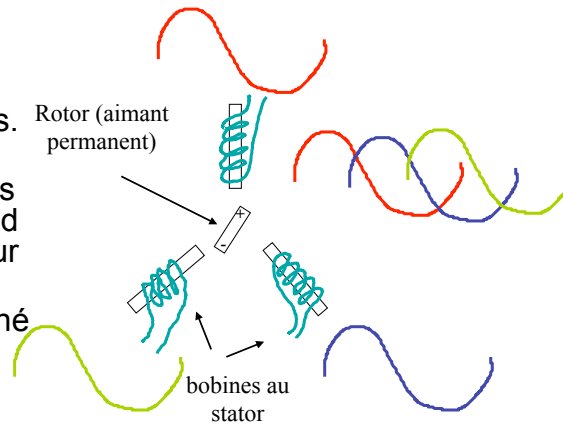
## 1.4.... Moteur asynchrone 008.10.14

1 de 3 **corrigé**

Le moteur synchrone est typiquement alimenté par trois tensions alternatives déphasées de 120 degrés.

Cela donne trois champs magnétiques élémentaires dont la somme correspond à un champ faisant un tour par période.

L'aimant est toujours aligné sur ce champ tournant, d'où le nom: moteur synchrone.

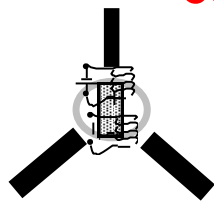


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

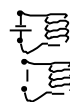
123

## 1.4.... Moteur asynchrone

**corrigé 2 de 3** 008.10.14



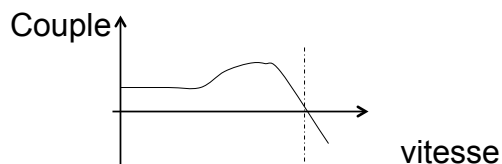
Passage de puissance au rotor par effet transformateur



Principe



Réalisation  
"cage d'écureuil"



Glissement: Couple nul à la vitesse/fréquence d'excitation

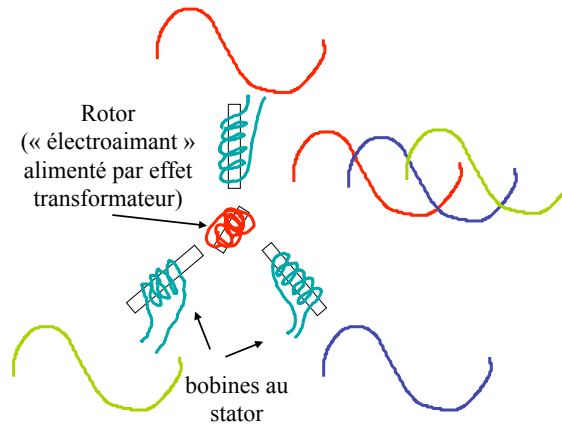
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

124

## 1.4.... Moteur asynchrone 008.10.14

corrigé 3 de 3

- Le moteur asynchrone est typiquement alimenté par trois tensions alternatives déphasées de 120 degrés.
- Cela donne trois champs magnétiques élémentaires dont la somme correspond à un champ faisant un tour par période.
- Le rotor peut recevoir de l'énergie par effet transformateur et donc ne reçoit rien s'il tourne à la même vitesse que le champ tournant: il doit être asynchrone, glisser un peu plus vite ou un peu plus lentement pour recevoir de l'énergie et développer un certain couple.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

125

## 1.4.... Moteur piézoélectrique

011.10.13

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur piézoélectrique

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2011

126

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

**Définir la structure d'un système "robotique" pour la palettisation de mouvements de montre. Le type de mouvement et/ou de plateau varie à peu près chaque mois.**

**Données numériques :**

- **Diamètre d'un mouvement : 2 cm environ**
- **Cadence : 1 pièce par seconde**
- **Largeur de la bande transporteuse : 20 cm**
- **Nombre de lignes: 4;      Nombre de colonnes: 5**
- **Espace entre lignes: 3 cm; Espace entre colonnes: 3 cm**

**Questions:**

- **Comment voyez-vous les flux de composants (alimentation, décharge...)?**
- **Combien de degrés de liberté sont nécessaires ?**
- **Esquisser la configuration (cinématique) du robot (architecture).**
- **Les axes sont-ils programmables ou travaillent-ils en butée ?**
- **Quel type d'actionneurs est approprié pour chacune des articulations ?**
- **Quels capteurs sont utiles? Que dire du préhenseur?**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

127

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- **- Comment voyez-vous les flux de composants (alimentation, décharge...)?**

**A** Arrivée en ruban à alvéoles  
Départ sur convoyeur

**B** Arrivée par piles de palettes  
Sortie par piles de palettes

**D** Intégration aux cellules amont et aval  
par posage  
Transfert en mode «pull» (flux tendu)

**C** Arrivée par mini palettes  
individuelles sur convoyeur  
Sortie de façon similaire similaire

**E** Arrivée par bol vibreur  
Sortie par glissières et gravité

**Données numériques :**

- **Diamètre d'un mouvement : 2 cm environ**
- **Cadence : 1 pièce par seconde**
- **Largeur de la bande transporteuse : 20 cm**
- **Nombre de lignes: 4;      Nombre de colonnes: 5**
- **Espace entre lignes: 3 cm; Espace entre colonnes: 3 cm**

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

128

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

Corr 007.02.09 , 008.10.17 , 009.10.06 , 011.10.13 , MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

### • - Comment voyez-vous les flux de composants (alimentation, décharge...)?

**A** Arrivée en ruban à alvéoles  
Départ sur convoyeur

**B** Arrivée par piles de palettes  
Sortie par piles de palettes

**D** Intégration aux cellules amont et aval  
par posage  
Transfert en mode «pull» (flux tendu)

**E** Arrivée par bol vibreur  
Sortie par glissières et gravité

**C** Arrivée par mini palettes  
individuelles sur convoyeur  
Sortie de façon similaire similaire

#### Données numériques :

- Diamètre d'un mouvement : 2 cm environ
- Cadence : 1 pièce par seconde
- Largeur de la bande transporteuse : 20 cm
- Nombre de lignes: 4;      Nombre de colonnes: 5
- Espace entre lignes: 3 cm;      Espace entre colonnes: 3 cm

Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante. Donner les justificatifs pour chaque réponse.

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

129

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 Corr , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18 , MAS-AM012.01.14

#### Flux de composants:

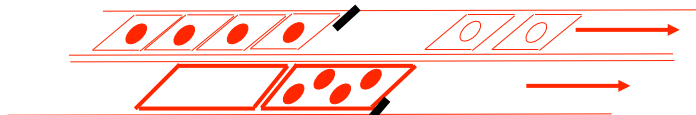
##### Amenée:

- Mouvements sur supports individuels
- palettes vides

##### Décharge:

- palettes pleines

Dans le cas particulier, les palettes peuvent bouger sur des palettes et être bloquées pendant la manutention



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

130

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- - **Combien de degrés de liberté sont nécessaires ?**

**A** 3 ddl

**B** 4 ddl

**C** 5 ddl

**D** 6 ddl



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

131

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

**Corr** 007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- **Combien de degrés de liberté sont nécessaires ?**

**A** 3 ddl

**B** 4 ddl

**C** 5 ddl

**D** 6 ddl



Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante. Donner les justificatifs pour chaque réponse.

B: typique pour l'assemblage

D: robot universel

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

132

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

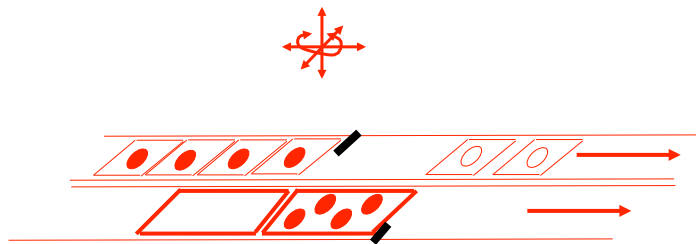
007.02.15 **Corr**, 008.10.17, 009.10.06, 010.10.18, MAS-AM012.01.14

**Degrés de liberté: 4**

- 3 ddl dans le plan horizontal

- 1 ddl pour amenée/départ (vertical)

(normalement, les possibilités de mouvements éventuelles du préhenseur ne sont pas prises en compte dans ce décompte)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

133

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09, 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14, 013.10.15

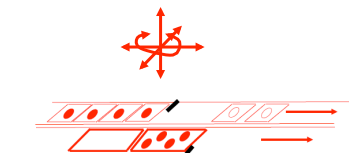
**- Et quelle configuration des ddl? (architecture)**

**A** Robot cartésien

**B** SCARA

**C** Antropomorphique-articulé

**D** RD2R



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

134

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

Corr 007.02.09 , 008.10.17 , 009.10.06 , 011.10.13 , MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

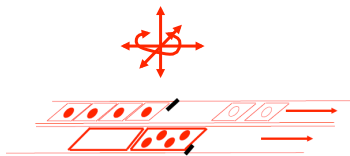
### - Et quelle configuration des ddl? (architecture)

**A** Robot cartésien

**B** SCARA

**C** Antropomorphique-articulé

**D** RD2R



Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante. Donner les justificatifs pour chaque réponse.

B: typique pour l'assemblage

C: robot universel

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

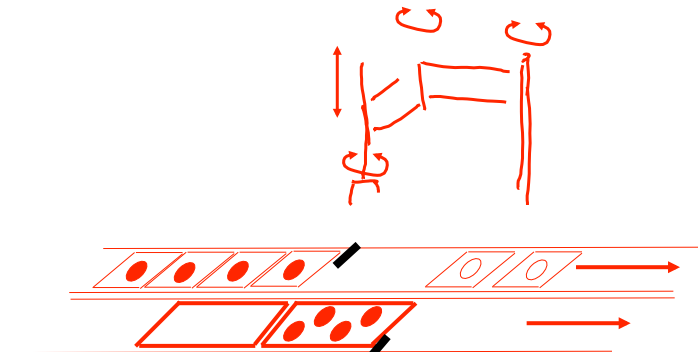
135

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 Corr , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18 , MAS-AM012.01.14

### Architecture:

- SCARA (4ddl), ... prévu pour ça
- robot universel 6ddl, standard, flexible pour ajustages
- Delta (4dd), pour applications rapides
- cartésien (xyz)+rotation (pas idéal à cette taille, ni forcément)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

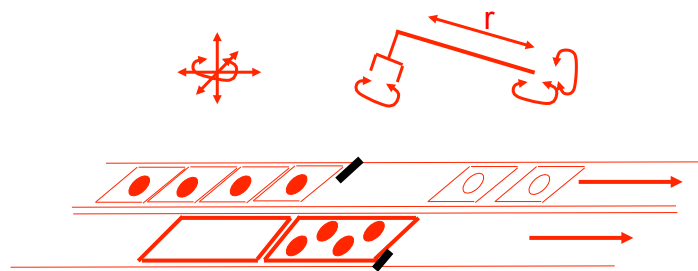
136



## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 **Corr** , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18, MAS-AM012.01.14

Architecture: - cartésien + 1 rotation  
(-polaire)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

137

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 **Corr** , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

Architectures:

- universel (6ddl), anthropomorphique

ex.: Stäubli, ABB, ...

avantages: standard, liberté d'alignement

-robot parallèle, par ex. style Delta

avantage: rapidité

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

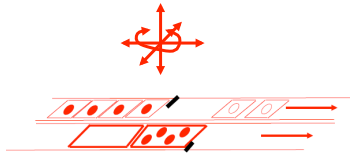
138

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- Les axes sont-ils programmables ou travaillent-ils en butée ?**  
**- Quel type d'actionneurs est approprié pour chacune des articulations ?**

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>A</b> Programmables sur 3 ddl et en butée pour linéaire en z</p> | <p><b>B</b> Tout en butée, pneumatiques, comme le Manutec du LaRA</p> |
| <p><b>C</b> Programmables sur tous axes</p>                            | <p><b>D</b> Programmables avec servocommandes hydrauliques</p>        |



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

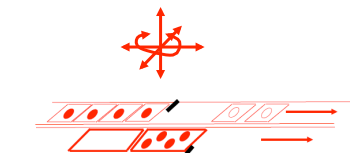
139

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

**Corr** 007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- Les axes sont-ils programmables ou travaillent-ils en butée ?**  
**- Quel type d'actionneurs est approprié pour chacune des articulations ?**

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>A</b> Programmables sur 3 ddl et en butée pour linéaire en z</p> | <p><b>B</b> Tout en butée, pneumatiques, comme le Manutec du LaRA</p> |
| <p><b>C</b> Programmables sur tous axes</p>                            | <p><b>D</b> Programmables avec servocommandes hydrauliques</p>        |



Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante. Donner les justificatifs pour chaque réponse.

C: typique pour l'assemblage, axes électriques

(A: SCARA II, avec vérin linéaire en z)

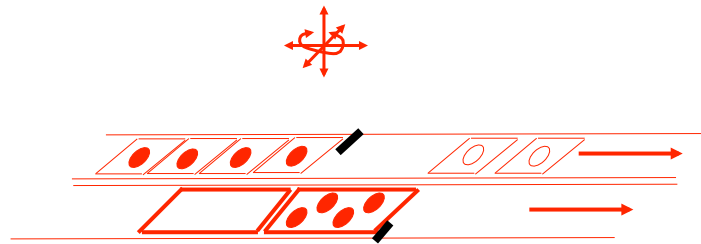
HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

140

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 **Corr** , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18, MAS-AM012.01.14

En principe, axes programmables (finesse des consignes).  
Ici la hauteur pourrait être gérée en butée (théoriquement)  
Mais cela impose des alignements multiples.



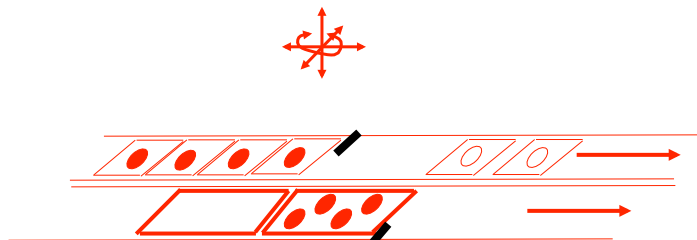
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

141

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 **Corr** , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18, MAS-AM012.01.14

- Moteurs hydrauliques: non (oui si gde densité de puissance)
- Moteurs pneumatiques: non (éventuellement oui si butées)
- Moteurs électriques:
  - DC ou brushless (+ pour entretien), « léger »
  - (PAP: si fixe: + simplicité, sinon: - masse, inertie)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

142

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

### • - Quel préhenseur proposez-vous?

**A** Ventouse

**B** Pince à 3 mors à ouverture programmable

**C** Electro-aimant

**D** Pince à 2 mors tout-ou-rien compliant



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

143

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

**Corr** 007.02.09 , 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

### • - Quel préhenseur proposez-vous?

**A** Ventouse

**B** Pince à 3 mors à ouverture programmable

**C** Electro-aimant

**D** Pince à 2 mors tout-ou-rien compliant



Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante. Donner les justificatifs pour chaque réponse.

D: système le plus courant, simple et robuste, avec mors adaptés, éventuellement pseudo-triples pour centrage

HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 26.09.2015

144

N13.5

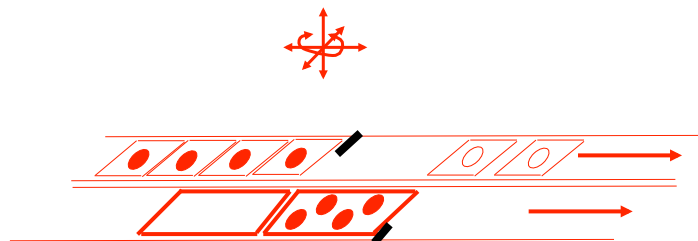
## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 **Corr**, 008.10.17, 009.10.06, 010.10.18, MAS-AM012.01.14, 014.10.13

- Préhenseur: pince à 2 ou 3 doigts  
(2 pièces)



caoutchouc



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 12.10.2010

145

N13.6

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.09, 008.10.17, 009.10.06, 011.10.13, MAS-AM012.01.14, 013.10.15

- - **Quel(s) capteur(s) extéroceptif(s) proposez-vous? Donner le plus important pour vous dans cette application.**

**A** Vide

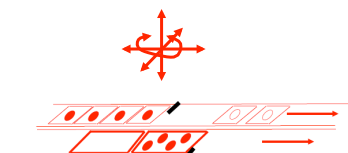
**B** Inductif

**C** Barrière lumineuse

**D** Ultrasons

**E** Caméra

**F** Optoélectronique pour proximité



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 27.09.2015

146

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

Corr 007.02.09 , 008.10.17 , 009.10.06 , 011.10.13 , MAS-AM012.01.14 , 013.10.15

- Quel(s) capteur(s) extéroceptif(s) proposez-vous? Donner le plus important pour vous dans cette application.

**A** Vide

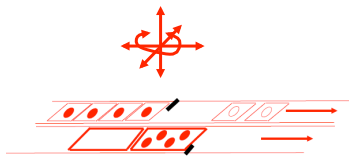
**B** Inductif

**C** Barrière lumineuse

**D** Ultrasons

**E** Caméra

**F** Optoélectronique pour proximité



Ici, c'est beaucoup la discussion qui est importante.  
Donner les justificatifs pour chaque réponse.  
B, F, C : systèmes les plus courants, simples et robustes;  
E: pour éventuelles fonctions annexes – qualité, etc.

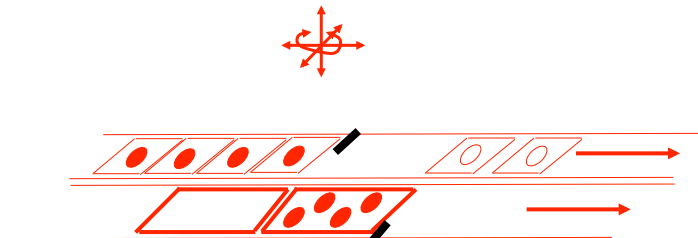
HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 27.09.2015

147

## 1.7.2 Structure d'un système robotisé

007.02.15 Corr , 008.10.17 , 009.10.06 , 010.10.18 , MAS-AM012.01.14 , 014.10.13

- Capteurs (vide peu applicable ici)  
sur moteurs (proprioceptifs): - incrémentaux optiques
- extéroceptifs:
  - vérif. de présence de pièces et  
palettes: optoélectronique (où inductif)
  - surcharge: inductif+ressort (yc. protection surcharge)
  - pour éventuelles fonctions annexes – qualité, etc.: caméra



HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, JDZ, 27.09.2015

148