

Exercices (partiel), yc. corrigés

Pour la partie 3. Commande

Jean-Daniel Dessimoz



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



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 31 octobre 2017

1

3.1...Commande hiérarchisée (constante de temps et agilité) 011.11.10

Si un système met 1 ms à réagir, qu'est-ce que cela peut concrètement signifier? A combien estimez-vous alors l'agilité correspondante?



$\tau = 1\text{ms}$

3.1...Commande hiérarchisée (constante de temps et agilité) corr. 011.11.10, 014.11.10

Une constante de temps de 1 ms indique que le système considéré prend 1 milliseconde à partir d'un événement incident, d'un message qu'il reçoit, pour réagir, c'est-à-dire pour développer l'essentiel de sa réponse; pour présenter en sortie la situation ou le message correspondant .

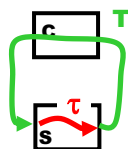
L'agilité c'est la vitesse de réaction, c'est l'inverse de la constante de temps d'un système. Si le temps $\tau = 1\text{ms}$, l'agilité $A = 1000\text{ [1/s]}$.

$$\tau = 1\text{ms} \quad A_{\text{système}} = 1000\text{ [1/s]}$$

N21

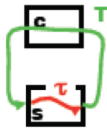
3.1...Commande hiérarchisée (constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

On souhaite commander (en boucle fermée) un système dont les variations évoluent avec une constante de temps, τ , d'une milliseconde environ. On dispose pour cela d'un régulateur échantillonné à intervalle, T , d'une milliseconde également. Est-ce possible ? Justifier votre réponse. Que proposez-vous?



$$T = 1\text{ms}$$

$$\tau = 1\text{ms}$$

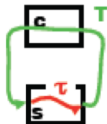


3.1...Commande hiérarchisée

(constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

Si un système met 1 ms à réagir, qu'est-ce que cela peut concrètement signifier? A combien estimez-vous alors l'agilité correspondante?

- | | |
|---|---|
| <p>A Le système de commande est rapide. La constante de temps vaut 0.9 ms, et l'agilité est de 1100.</p> | <p>B Le système de commande est rapide. La constante de temps vaut 1.1 ms, et l'agilité est de 900.</p> |
| <p>C Il y a un problème. L'agilité ne peut pas s'estimer dans ce cas.</p> | <p>D Une action à l'entrée du système n'a pas d'effet significatif immédiat. L'agilité vaut ici 1000 [1/s]</p> |



3.1...Commande hiérarchisée

(constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

Si un système met 1 ms à réagir, qu'est-ce que cela peut concrètement signifier? A combien estimez-vous alors l'agilité correspondante?

- | | |
|---|---|
| <p>A Le système de commande est rapide. La constante de temps vaut 0.9 ms, et l'agilité est de 1100.</p> | <p>B Le système de commande est rapide. La constante de temps vaut 1.1 ms, et l'agilité est de 900.</p> |
| <p>C Il y a un problème. L'agilité ne peut pas s'estimer dans ce cas.</p> | <p>D Une action à l'entrée du système n'a pas d'effet significatif immédiat. L'agilité vaut ici 1000 [1/s]</p> |

3.1...Commande hiérarchisée (constante de temps et agilité) corr. 011.11.10, 014.11.10

Une constante de temps de 1 ms indique que le système considéré prend 1 milliseconde à partir d'un événement incident, d'un message qu'il reçoit, pour réagir, c'est-à-dire pour développer l'essentiel de sa réponse; pour présenter en sortie la situation ou le message correspondant.

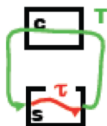
L'agilité c'est la vitesse de réaction, c'est l'inverse de la constante de temps d'un système. Si le temps $T=1\text{ms}$, l'agilité $A=1000\text{ [1/s]}$.

$T=1\text{ms}$ $A_{\text{commande}}=1000\text{ [1/s]}$ $\tau=1\text{ms}$ $A_{\text{système}}=1000\text{ [1/s]}$

En commande en boucle fermée, c'est-à-dire comportant une rétro-action, c'est l'agilité relative, A_r , c'est-à-dire le rapport entre l'agilité de la commande et celle du système commandé, qui est déterminante. Ici $A_r = 1000/1000=1$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 13.11.2011

7



3.1...Commande hiérarchisée (constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

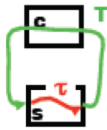
N21.2

On souhaite commander (en boucle fermée) un système dont les variations évoluent avec une constante de temps, τ , d'une milliseconde environ. On dispose pour cela d'un régulateur échantillonné à intervalle, T , d'une milliseconde également. Est-ce possible ? $T=1\text{ms}$ $\tau=1\text{ms}$

- | | |
|--|--|
| A Oui car l'agilité relative est supérieure à 20. | B Non, car l'agilité relative est insuffisante. |
| C Oui car l'agilité relative est supérieure à 2. | D On ne peut pas le dire, car les paramètres du régulateur ne sont pas indiqués dans la donnée. |

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

8



3.1...Commande hiérarchisée

(constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

On souhaite commander (en boucle fermée) un système dont les variations évoluent avec une constante de temps, τ , d'une milliseconde environ. On dispose pour cela d'un régulateur échantillonné à intervalle, T , d'une milliseconde également. Est-ce possible ?

$T=1\text{ms}$

$\tau=1\text{ms}$

- A** Oui car l'agilité relative est supérieure à 20.
- B** Non, car l'agilité relative est insuffisante.
- C** Oui car l'agilité relative est supérieure à 2.
- D** On ne peut pas le dire, car les paramètres du régulateur ne sont pas indiqués dans la donnée.

3.1...Commande hiérarchisée

007.11.20 **Corr 1 de 2**, 008.11.14, 009.11.10, 010.11.23, 011.11.10P, 014.11.10

L'agilité relative du système à régler est la suivante: $T/\tau=1\text{ms}/1\text{ms}=1$

Dès lors, comme indiqué sur l'axe de la fig. ad hoc (cf. cours pp. 5 et 54), un tel régulateur ne suffit pas.

$$A_c=1/T \quad A_s=1/\tau \quad A_r=A_c/A_s$$

3.1...Commande hiérarchisée

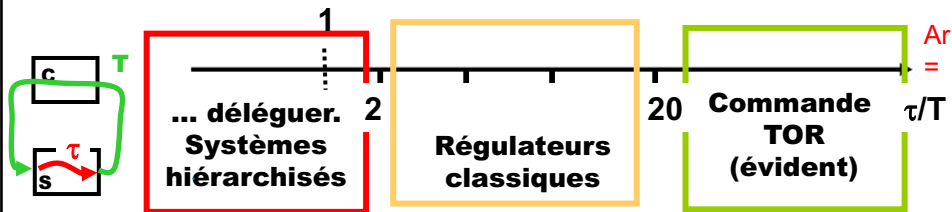
Corr 2 de 2

, 007.11.20, 008.11.14 009.11.10 , 010.11.23 , 011.11.10P, 014.11.10

Choix de méthode selon l'agilité de la commande:

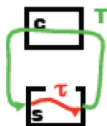
On observe que pour des commandes, C , rapides avec retards faibles (T petit), les solutions simples sont appropriées. Lorsqu'au contraire, T avoisine ou dépasse la constante de temps

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



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

11



3.1...Commande hiérarchisée

(constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

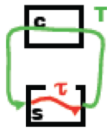
N21.3

Pour que l'application puisse fonctionner de façon satisfaisante, quelle démarche est requise?

- | | |
|---|---|
| A Ajouter un régulateur accessoire ("cascader", "hiérarchiser"). | B Augmenter l'agilité de la commande. |
| C Diminuer l'agilité du système à commander. | D Utiliser l'une, ou l'autre, ou plusieurs, des démarches A à C. |

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

12



3.1...Commande hiérarchisée

(constante de temps et agilité) 011.11.10, 014.11.10

Pour que l'application puisse fonctionner de façon satisfaisante, quelle démarche est requise?

- A** Ajouter un régulateur accessoire ("cascader", "hiérarchiser").
- B** Augmenter l'agilité de la commande.
- C** Diminuer l'agilité du système à commander.
- D** Utiliser l'une, ou l'autre, ou plusieurs, des démarches A à C.

3.1...Commande hiérarchisée

Corr 1 de 1, 007.11.20, 008.11.14, 009.11.10, 010.11.23, 011.11.17, 014.11.10

Pour que ça joue, une ou plusieurs des trois démarches suivantes sont requises:

- 1- ajouter un régulateur complémentaire, plus rapide (système hiérarchisé – cascader ou maillé dans le jargon de la régulation)*
- 2- diminuer l'intervalle d'échantillonnage (2 à 20x),
- 3- augmenter le temps de réaction du système à régler (via par exemple son inertie).

* Par exemple: ajouter un régulateur de vitesse, entre un PC assurant une régulation de position, et un moteur à courant continu

3.2... IEC 61'131 009.11.10, 010.11.23, 011.11.17, 012.11.16, 014.11.21

- Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la pince du manipulateur Manutec, au laboratoire, suit en permanence l'état d'un interrupteur , en respectant la norme 1131
(la pince est commandée par un vérin pneumatique simple effet, associé à une électrovanne)



3.2... IEC 61'131 009.11.10, 010.11.23, 011.11.17, 012.11.16, 014.11.21

Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la pince du manipulateur Manutec, au laboratoire, suit en permanence l'état d'un interrupteur , en respectant la norme 1131 (la pince est commandée par un vérin pneumatique simple effet, associé à une électrovanne). Déclaration ?

- | | |
|--|---|
| A FermeturePince at
%IX32.3: BOOL; | B FermetureInterrupteur at
%IX32.5: BOOL; |
| C Boolean Sortie4, Entree6; | D FermeturePince
at %QX32.3 : BOOL; |
| E Réponses B+ D | F Réponses A à C |



3.2... IEC 61'131

009.11.10, 010.11.23,

011.11.17, 012.11.16, 014.11.21

N22.1

Corr.

Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la pince du manipulateur Manutec, au laboratoire, suit en permanence l'état d'un interrupteur, en respectant la norme 1131 (la pince est commandée par un vérin pneumatique simple effet, associé à une électrovanne). Déclaration ?

A FermeturePince at
%IX32.3: BOOL;

B FermetureInterrupteur at
%IX32.5: BOOL;

C Boolean Sortie4, Entree6;

D FermeturePince
at %QX32.3 : BOOL;

E Réponses B+ D

F Réponses A à C

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 3 octobre 2015

17

3.2... IEC 61'131

CORR 1 de 2 009.11.10 , 010.11.23 , 011.11.17P , 014.11.21

- Branchons l'interrupteur (via une alimentation) à l'entrée 6 (comme au labo, manipulation 25)
- Branchons l'électrovanne de la pince à la sortie 4 (comme au labo)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

18

3.2... IEC 61'131

corr 2 de 2 009.11.10, 010.11.23 , 011.11.17P , 014.11.21

Déclaration

		
0001	PROGRAM MAIN	
0002	VAR	
	FermetureInterrupteur AT %IX32.1:BOOL;	Mieux: 32.5
	FermeturePince AT %QX32.2:BOOL;	32.4
0005	END_VAR	
0006		

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

19



N22.2

3.2... IEC 61'131 009.11.10, 010.11.23,
011.11.17, 012.11.16, 014.11.21

Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la pince du manipulateur Manutec, au laboratoire, suit en permanence l'état d'un interrupteur , en respectant la norme 1131 (la pince est commandée par un vérin pneumatique simple effet, associé à une électrovanne) ? Supposons les E/S déclarées.

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| A Sortie4:=Entree6 | B Ld Entree6
St Sortie4 |
| C Entree6 _____ Sortie4 | D Sortie4=Entree6 |
| E Réponses A à C | F Réponses B à D |

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

20



3.2... IEC 61'131

009.11.10, 010.11.23,

011.11.17, 012.11.16, 014.11.21

N22.2

Corr.

Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la pince du manipulateur Manutec, au laboratoire, suit en permanence l'état d'un interrupteur, en respectant la norme 1131 (la pince est commandée par un vérin pneumatique simple effet, associé à une électrovanne) ? Supposons les E/S déclarées.

A Sortie4:=Entree6;

B Ld Entree6
St Sortie4

C Entree6 _____Sortie4

D Sortie4=Entree6;

E Réponses A à C

F Réponses B à D

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 3 octobre 2015

21

3.2... IEC 61'131

CORR 2 de 4 009.11.10 , 010.11.23 , 011.11.17P , 014.11.21

• ST:

FermeturePince:=FermetureInterrupteur;

• IL:

LD FermetureInterrupteur;

ST FermeturePince;

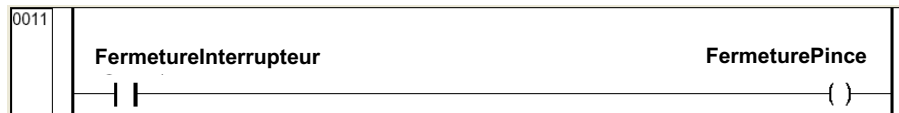
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

22

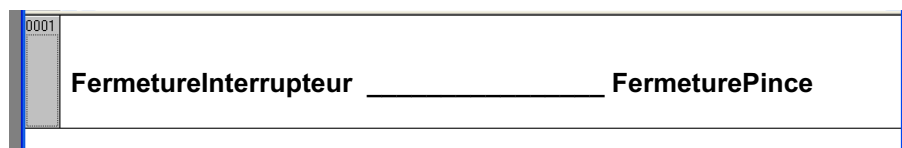
3.2... IEC 61'131

corr 3 de 4 009.11.10 , 010.11.23 , 011.11.17P , 014.11.21

LD -Ladder



FB – Function block



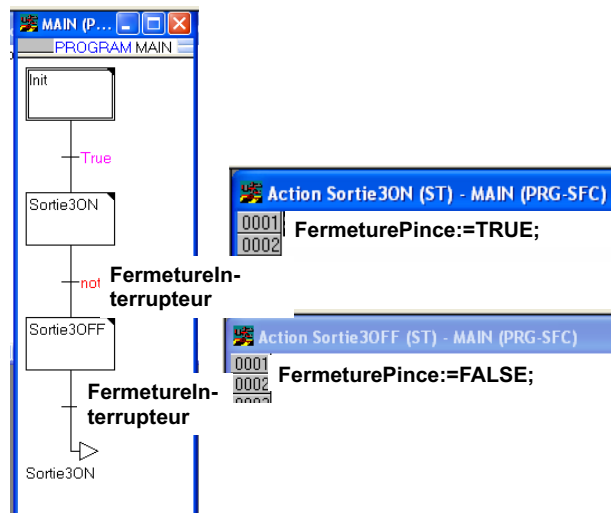
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

23

3.2... IEC 61'131

corr 4 de 4 009.11.10,010.11.23 , 011.11.17P , 014.11.21

Grafcet



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

24

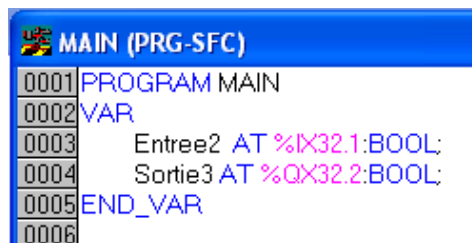
3.2... IEC 61'131 005.12.14, 006.12.01, 007.11.26 , 008.11.18

- Ecrire le programme pour une tâche « réflexe »: la sortie 3 reflète en permanence l'état de l'entrée 2, en respectant la norme 1131.

3.2... IEC 61'131

005.12.14 **corr 1 de 4** , 006.12.01, 007.11.26 ,
008.11.18, 009.11.10

Déclaration



```
0001 PROGRAM MAIN
0002 VAR
0003     Entree2 AT %IX32.1:BOOL;
0004     Sortie3 AT %QX32.2:BOOL;
0005 END_VAR
0006
```

3.2... IEC 61'131

005.12.14 , 006.12.01 **corr 2 de 4**, 007.11.26 ,
008.11.18 , 009.11.10

- ST:

Sortie3:=Entree2;

- IL:

LD Entree2;

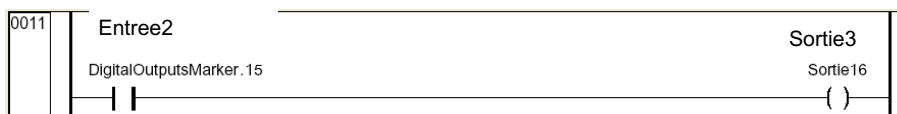
ST Sortie3;

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

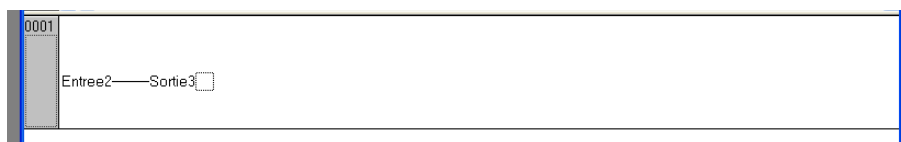
27

3.2... IEC 61'131 005.12.14 **corr 3 de 4** ,
006.12.01
007.11.26, 008.11.18

LD -Ladder



FB – Function block



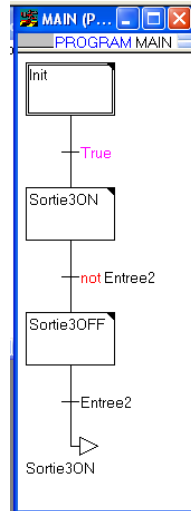
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

28

3.2... IEC 61'131 005.12.14 **corr 4 de 4** ,

006.12.01, 007.11.26 , 008.11.18

Grafcet



TwinCAT PLC Control - ExoEntreeSortieGrafcet.pro*

Action Sortie3ON (ST) - MAIN (PRG-SFC)

```

0001 Sortie3:=TRUE;
0002
  
```

Action Sortie3OFF (ST) - MAIN (PRG-SFC)

```

0001 Sortie3:=FALSE;
0002
  
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 10.11.2009

29

3.2... IEC 61'131

- Ecrire un programme pour que la sortie 3 soit le « ou logique » des entrées 4 et 5, en respectant la norme 1131

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

30

3.2... IEC 61'131

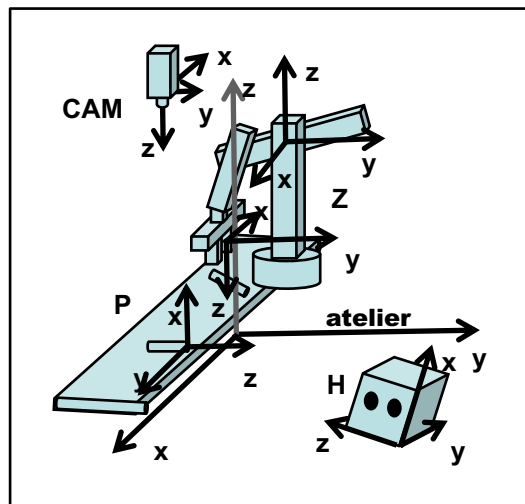
- Ecrire un programme pour générer une impulsion de 0.5 s sur la sortie 4, en respectant la norme 1131.

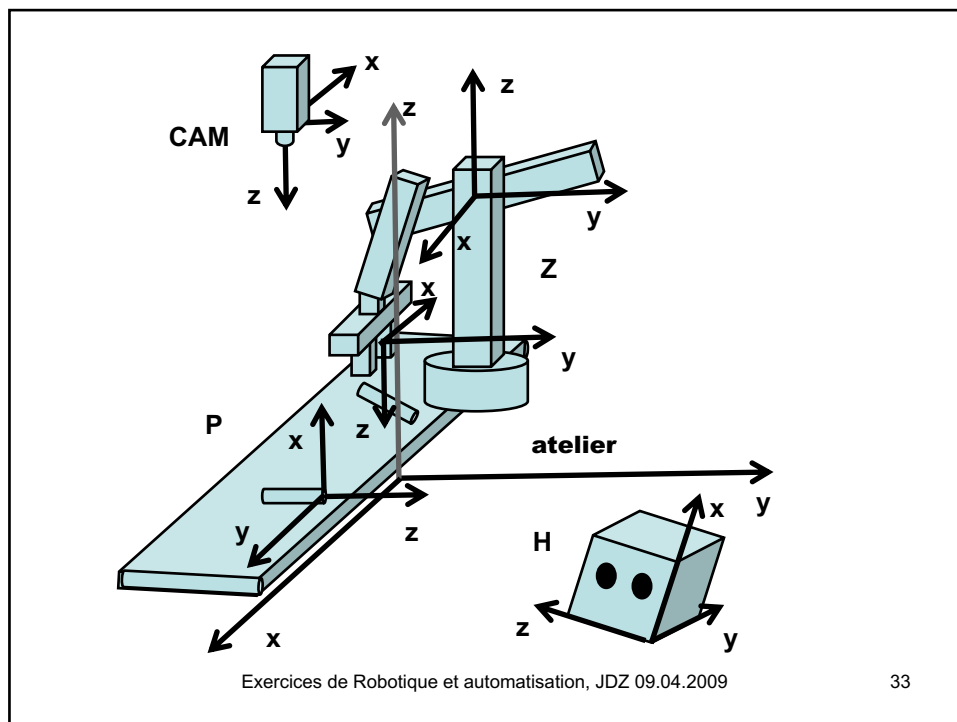
3.2... Graphe des transformations

009.04.09 , 011.11.17P

Esquisser le graphe des repères et transformations pour l'application « cylindres »:

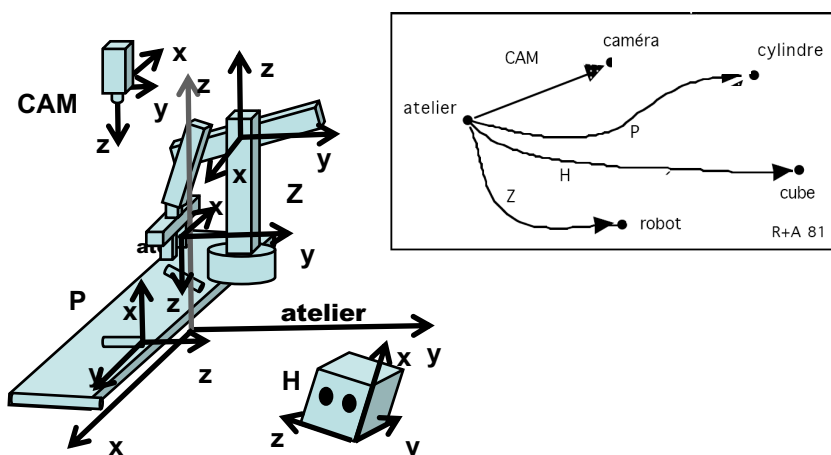
Les lettres majuscules (Z, P, H, etc.) représentent des transformations, qui ici, toutes, doivent se comprendre par rapport au repère « atelier ».





3.2... Graphe des transformations

009.04.09 , 010.11.29 , 011.11.17P (dans le cours) **corr**



3.2... Consigne de mouvement

011.11.24

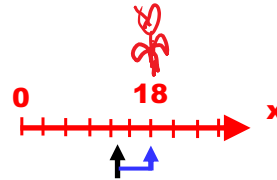
Considérons un système à 1 ddl
comme présenté au cours.
La flèche outil, bleue, se situe à 4
unités plus loin que la flèche
standard, noire.
Sachant que l'origine a été déplacée
par l'ordre suivant...

Base -3 ,

... quelle valeur donner à PA, dans l'ordre suivant...

Move PA

... de façon à ce que l'outil, la flèche bleue, soit en position 18
comme sur la figure?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

35

3.2... Consigne de mouvement

Corr 1 de 2 011.11.24

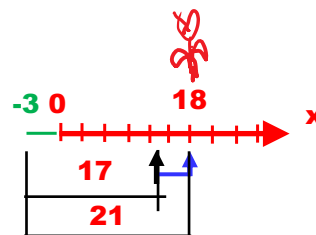
Considérons un système à 1 ddl
comme présenté au cours.
La flèche outil, bleue, se situe à 4
unités plus loin que la flèche
standard, noire.
Sachant que l'origine a été déplacée
par l'ordre suivant...

Base -3 ,

... quelle valeur donner à PA, dans l'ordre suivant...

Move PA

... de façon à ce que l'outil, la flèche bleue, soit en position 18
comme sur la figure?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

36

3.2... Consigne de mouvement

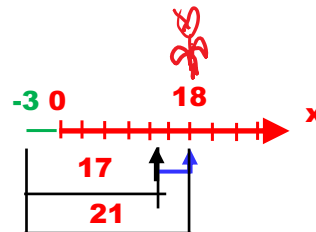
Corr 2 de 2 011.11.24

Base -3 déplace l'origine comme indiqué sur la figure.

Ensuite deux solutions sont envisageables:

A. l'outil n'est pas déclaré :
(Tool 0),
dès lors PA=17.

B. l'outil est déclaré :
Tool 4,
dès lors PA=21.



Move PA

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

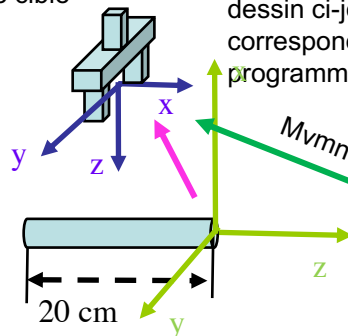
37

3.2... Position d'approche

N23

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours) 011.11.24P

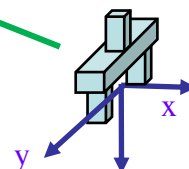
Pose cible



Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position d'approche du robot selon dessin ci-joint (pose cible, consigne). Cela correspond à la position d'approche du programme Cylindre,

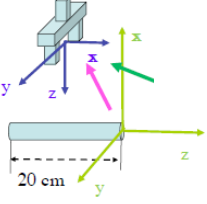
Mvmnt souhaité

Pose courante



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

38



N23.1

3.2... Position d'approche

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours) 011.11.24P

Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position d'approche du robot selon dessin ci-joint (pose cible, consigne).

A T_{robot}^{pince}

B $T_{cylindre}^{PA}$

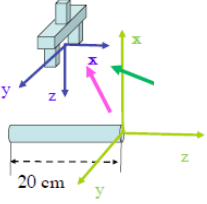
C
$$\begin{matrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{matrix} \begin{pmatrix} x_s & y_s & z_s & \vec{p} \\ 0 & 0 & -1 & 20 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

D Trans(20,0,-10,0.-90.0)

E
$$\begin{matrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{matrix} \begin{pmatrix} x_s & y_s & z_s & \vec{p} \\ 0 & 0 & -1 & 6 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 3 octobre 2015

39



N23.1

3.2... Position d'approche

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours) 011.11.24P

Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position d'approche du robot selon dessin ci-joint (pose cible, consigne).

A T_{robot}^{pince}

B $T_{cylindre}^{PA}$

C
$$\begin{matrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{matrix} \begin{pmatrix} x_s & y_s & z_s & \vec{p} \\ 0 & 0 & -1 & 20 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

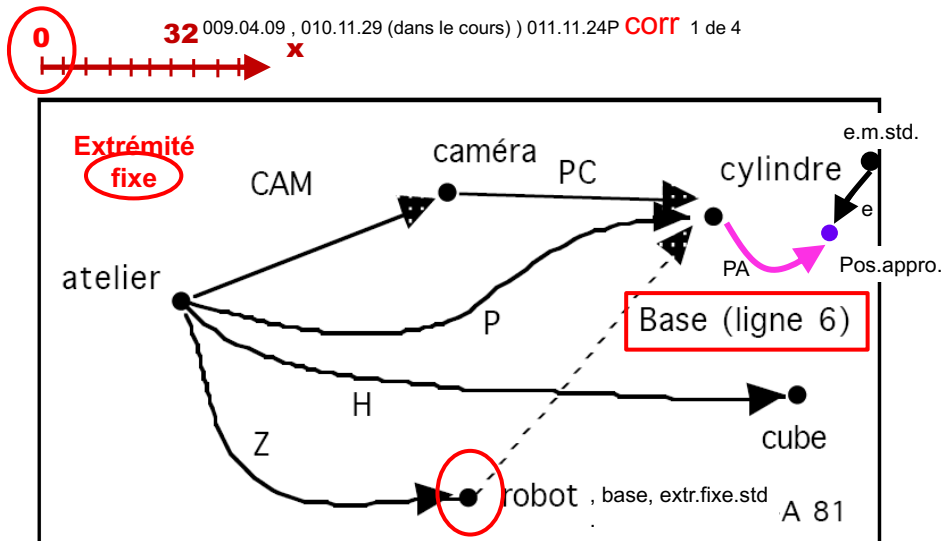
D Trans(20,0,-10,0.-90.0)

E
$$\begin{matrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{matrix} \begin{pmatrix} x_s & y_s & z_s & \vec{p} \\ 0 & 0 & -1 & 6 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 3 octobre 2015

40

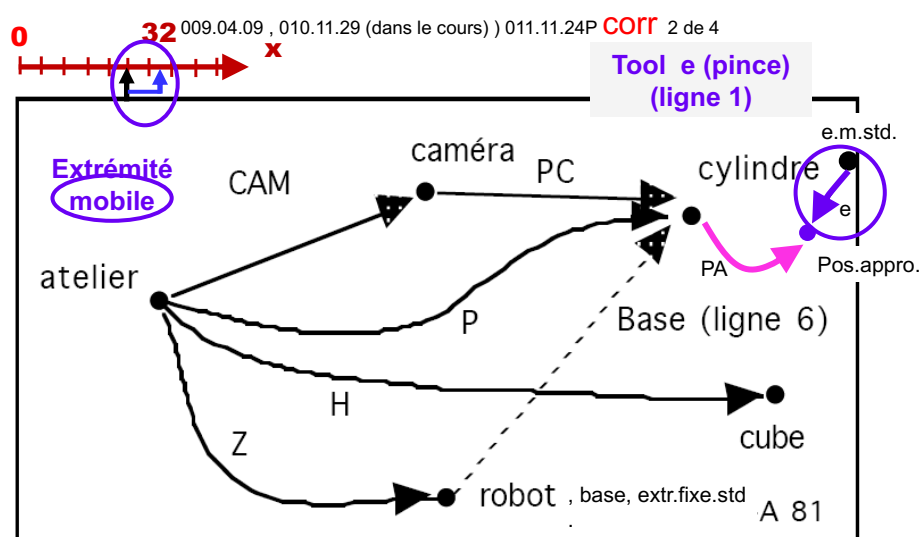
3.2... Position d'approche



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

41

3.2... Position d'approche

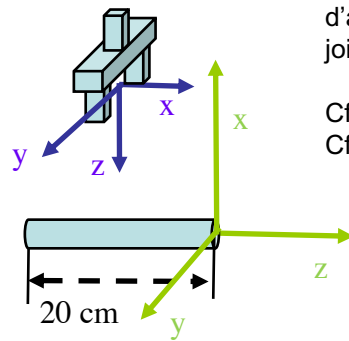


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

42

3.2... Position d'approche

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P **corr** 3 de 4



Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position d'approche du robot selon dessin ci-joint .

Cf. Tool: pince, en ligne 1

Cf. Base: cylindre, en ligne 6

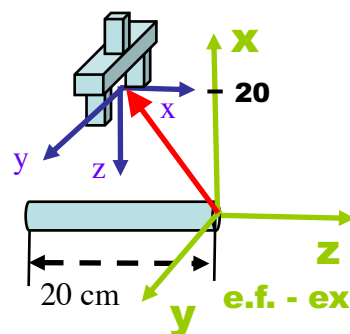
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

43

3.2... Position d'approche

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P **corr** 4 de 4

e.m. - extr. mobile



$$F \begin{matrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 20 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

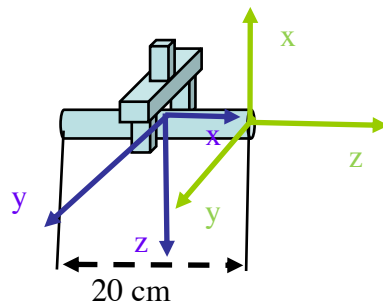
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

44

3.2... PG?

006.05.12, , 007.11.27 , 008.04.01, 009.04.09 , 010.11.29) 011.11.24P (dans le cours)

Spécifier la « Position de prise » (PG) pour le programme « Cylindres »



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

45

3.2... PG?

006.05.12, 007.11.27 , 008.04.01 , 010.11.29)

011.11.24P **Corr**

Sol. 1

$$PG = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Sol. 2

$$PG = PA * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

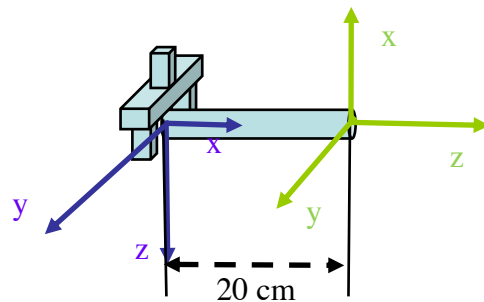
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

46

3.2... PG2?

007.02.01, 008.04.01, 008.11.28, 009.11.17,
010.11.29, 014.11.24

Spécifier la « Position de prise » (PG2) pour le programme « Cylindres », avec le point de prise non pas au milieu mais à l'extrémité du cylindre



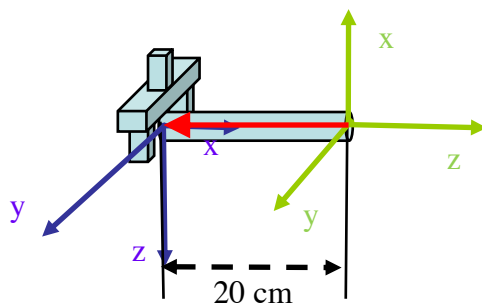
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

47

3.2... PG2?

007.02.01, 008.04.01, 009.11.17, 010.11.29, ,
014.11.24 **Corr**

Cf. Tool: cylindre, en ligne 1
Cf. Base: cylindre, en ligne 6



Repère fixe - cylindre

Repère mobile - pince

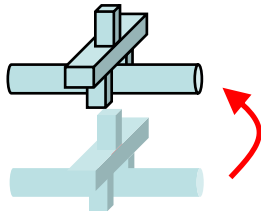
$$PG2 = \begin{pmatrix} x & y & z & p \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

48

3.2... Position de Départ, PD?

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P



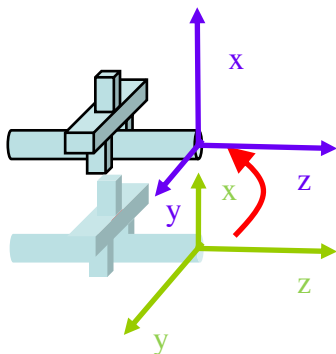
Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position de départ du robot selon dessin ci-joint, et ligne 11 du programme « Cylindres »: monter 10 cm plus haut.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

49

3.2... Position de Départ, PD?

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P **corr 1 de 3**



Donner la matrice en coordonnées homogènes spécifiant la position de départ du robot selon dessin ci-joint, et ligne 11 du programme « Cylindres »: monter 10 cm plus haut.

Cf. Tool: cylindre, en ligne 10
Cf. Base: cylindre, en ligne 6

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

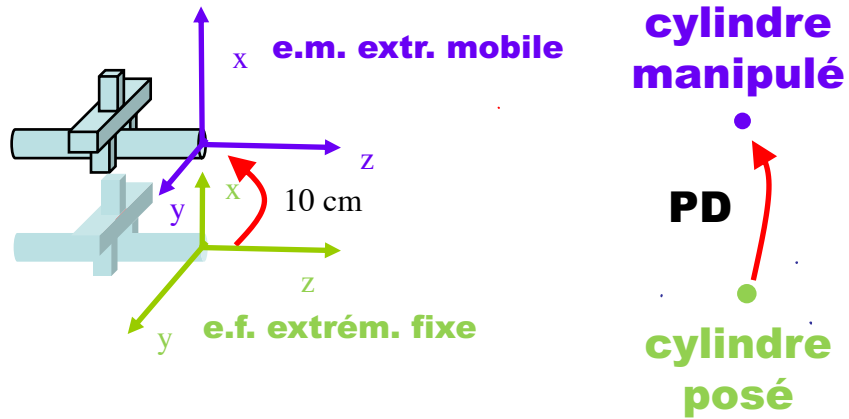
50

3.2... PD? corr 2 de 3,

008.04.01, 009.04.09, 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P

Cf. Tool: cylindre, en ligne 10

Cf. Base: cylindre, en ligne 6



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

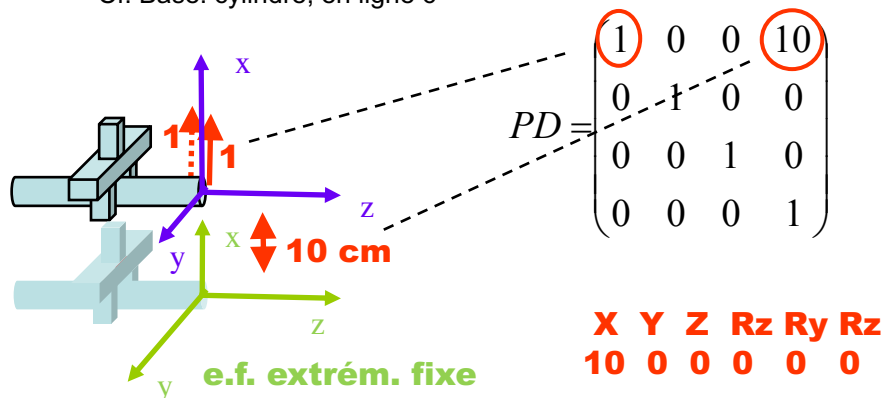
51

3.2... PD? corr 3 de 3,

008.04.01, 009.04.09, 010.11.29 (dans le cours)) 011.11.24P

Cf. Tool: cylindre, en ligne 10

Cf. Base: cylindre, en ligne 6



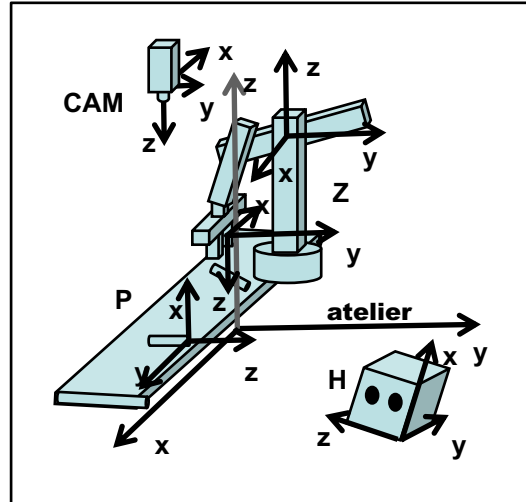
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

52

3.2... Expliquer le programme cylindres

009.04.09 , 010.11.29 (dans le cours) 011.11.24P

Expliquer le programme cylindres donné dans le cours de Robotique et Automatisation

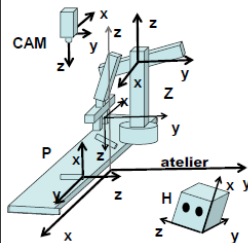


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

53

3.2... Programmation de robot

007.02.02, 010.11.29 , 011.11.24P, 013.11.12



Expliquer l'instruction 13 du programme «Cylindres», à l'aide du graphe des transformations.

13 BASE INVERSE(z): h : ht

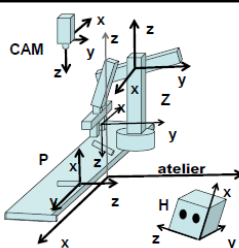
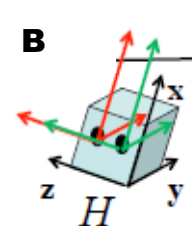
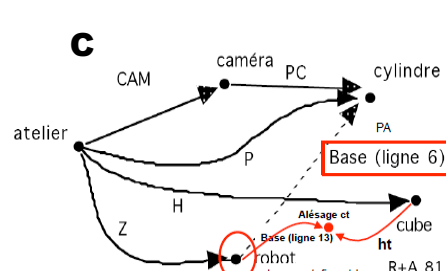
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

54

3.2... Programmation de robot N24.1b

007.02.02, 010.11.29 , 011.11.24P,
013.11.12

Expliquer l'instruction 13 du programme «Cylindres», à l'aide du graphe des transformations: **13 BASE INVERSE(z): h : ht**

A alésage1 alésage2
hr[1] hr[2]
bloc H
atelier

B H

C atelier caméra PC cylindre
PA
Base (ligne 6)
Alésage ct
Base (ligne 13)
robot ht
R+A 81

D **H est la position du cube par rapport à l'atelier et l'instruction redéfinit l'extrémité fixe du bras sur le trou courant**

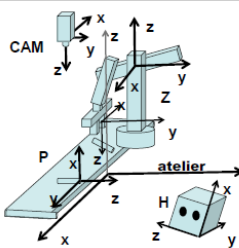
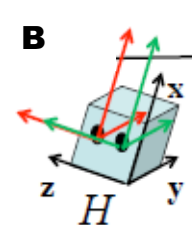
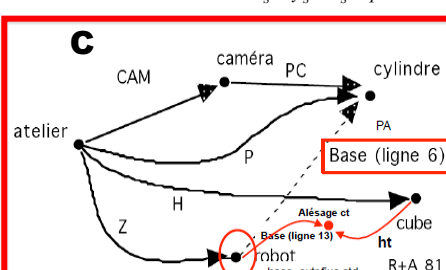
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 26 novembre 2015 55

3.2... Programmation de robot N24.1

007.02.02, 010.11.29 , 011.11.24P,
013.11.12

Expliquer l'instruction 13 du programme «Cylindres», à l'aide du graphe des transformations: **13 BASE INVERSE(z): h : ht**

$x_s \ y_s \ z_s \ \vec{p}$

A alésage1 alésage2
hr[1] hr[2]
bloc H
atelier

B H

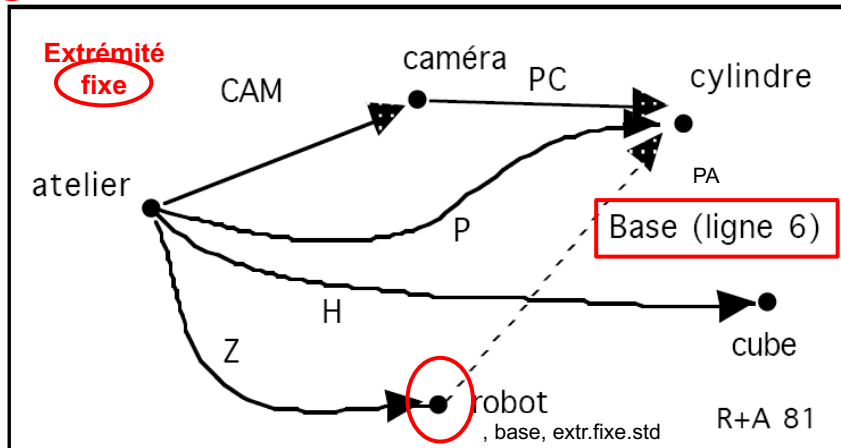
C atelier caméra PC cylindre
PA
Base (ligne 6)
Alésage ct
Base (ligne 13)
robot ht
R+A 81

D **H est la position du cube par rapport à l'atelier et l'instruction redéfinit l'extrémité fixe du bras sur le trou courant**

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 3 octobre 2015 56

3.2... Programmation de robot

0 32 007.02.02, 010.11.29, 011.11.24P CORR 1 de 4

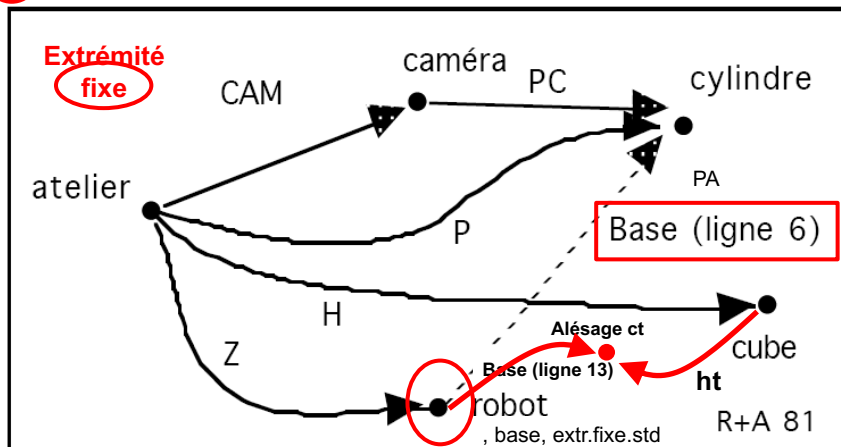


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

57

3.2... Programmation de robot

0 32 007.02.02, 010.11.29, 011.11.24P CORR 2 de 4

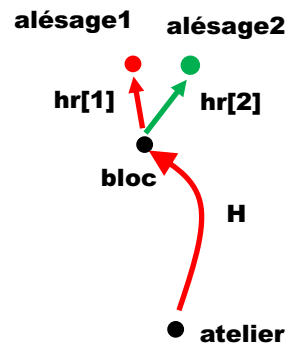
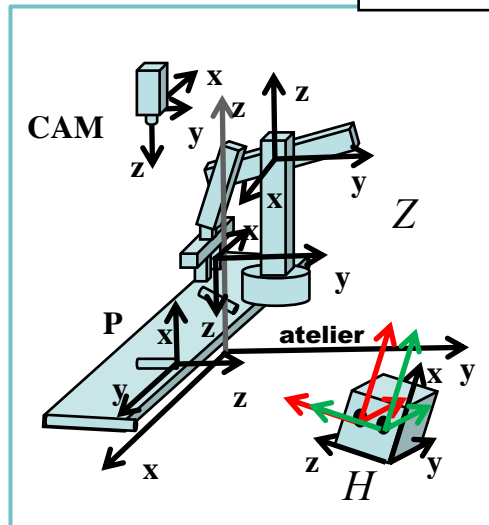


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

58

corr 3 de 4

12 SET ht=hr[i]



HESSO.HEIG-VD, J.-D. Dessimoz, 23 novembre 2009

59

3.2... Programmation de robot

007.02.02, 010.11.29, 011.11.24P corr 4 de 4

Expliquer l'instruction 13 du programme «Cylindres», à l'aide du graphe des transformations.

13 BASE INVERSE(z): h : ht ; H est la position du cube par rapport à l'atelier et l'instruction redéfinit l'extrémité fixe du bras sur le trou courant (les symboles de l'utilisateur sont réécrits en minuscules par l'éditeur)

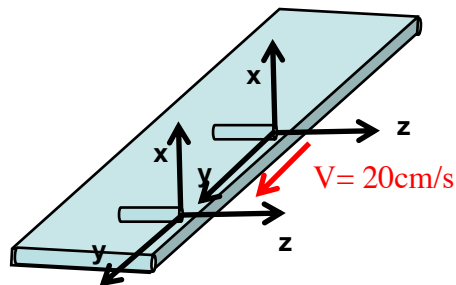
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

60

3.2... Programmation de robot

007.02.02, 010.11.29

Modifier le programme cylindre pour tenir compte de l'avance du convoyeur en approche



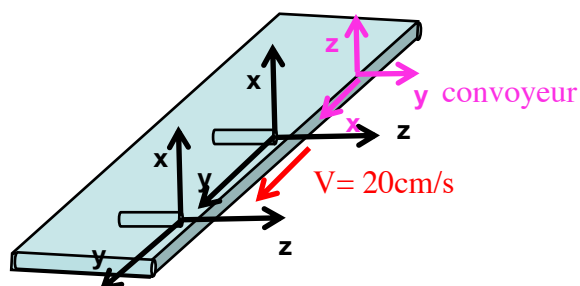
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

61

3.2... Programmation de robot

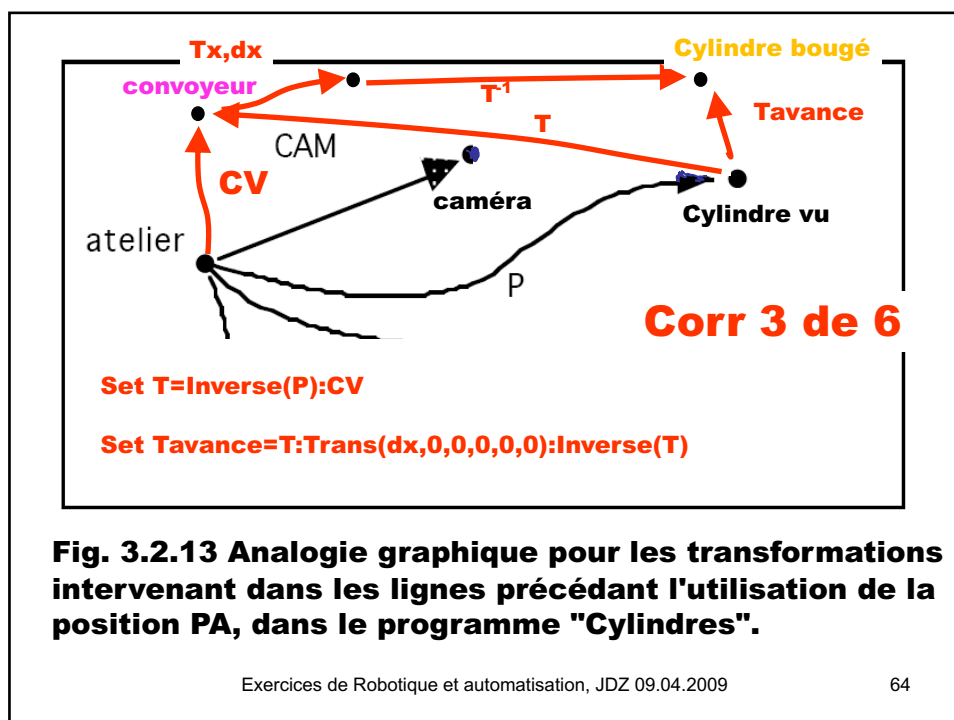
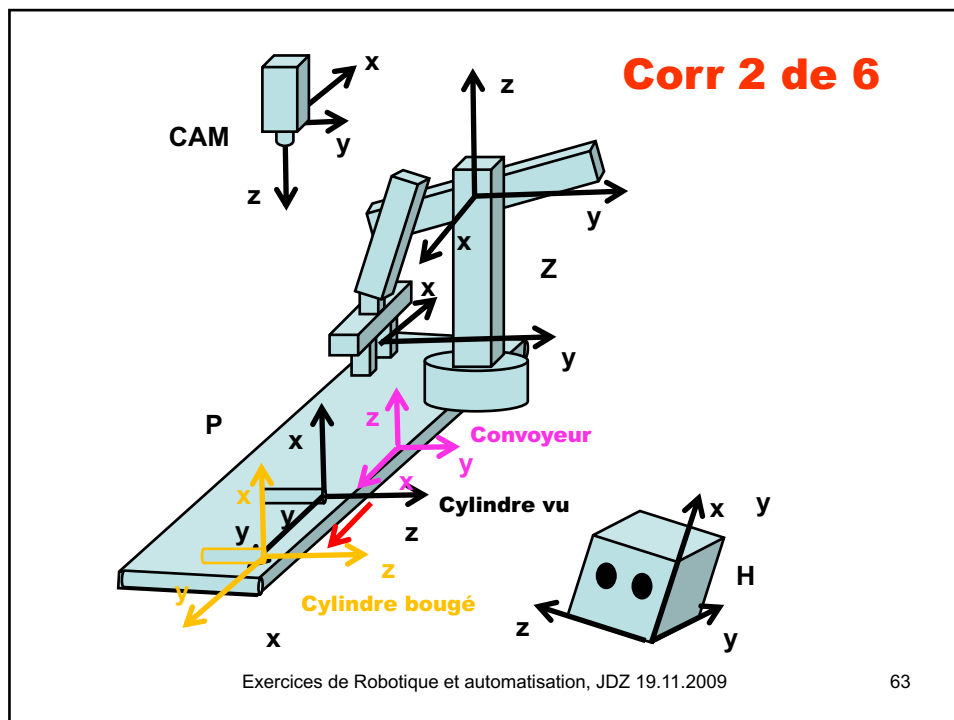
Corr 1 de 6

Définir un repère « convoyeur » avec un axe x dans le sens du mouvement.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

62



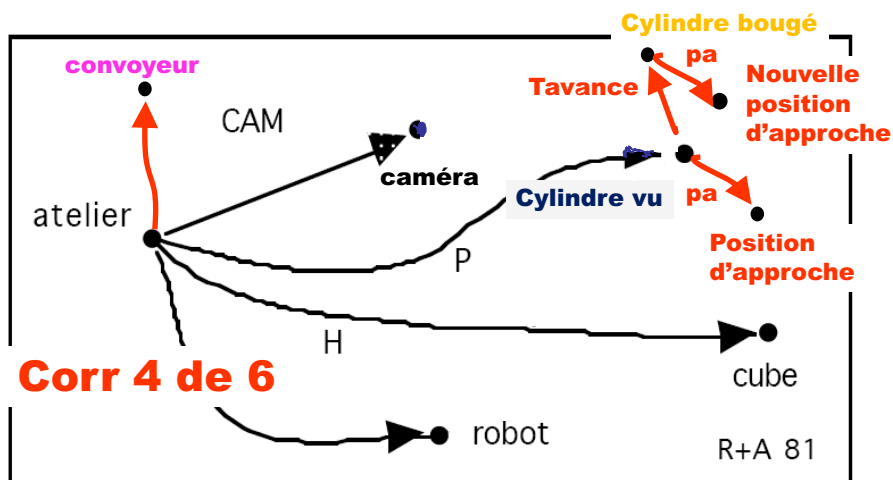


Fig. 3.2.13 Analogie graphique pour les transformations intervenant dans les lignes précédant l'utilisation de la position PA, dans le programme "Cylindres".

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

65

Sol 1 Exemple en V+, Corr 5 de 6

```

6  BASE  INVERSE(z):p :Tavance  } permet de
   redéfinir ce qui constitue l'extrémité fixe du bras; celle-ci
   est maintenant définie sur le cylindre qui a bougé
7  MOVE  pa  ; la pince se déplace en position
   d'approche,
8  MOVES pg  ; puis de prise du cylindre (en ligne
   droite),
9  CLOSEI  ; ferme la pince, avec effet immédiat
10 TOOL  e : INVERSE(pg)  ; définit l'extrémité
   mobile du bras sur le cylindre (voir fig. 3.2.12)
11 MOVE  pd  ; déplacement en position de départ

```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

66

Sol 2 *Exemple en V+*, Corr 6 de 6

, 010.11.30

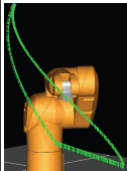
```

6  BASE  INVERSE(z):p      ; BASE permet de
   redéfinir ce qui constitue l'extrémité fixe du bras; celle-ci
   est maintenant définie sur le cylindre
7  MOVE  Tavance:pa    se déplace en position
   d'approche,
8  MOVES pg      ; puis de prise du cylindre (en ligne
   droite),
9  CLOSEI      ; ferme la pince, avec effet immédiat
10 TOOL  e : INVERSE(pg)    ; définit l'extrémité
   mobile du bras sur le cylindre (voir fig. 3.2.12)
11 MOVE  pd      ; déplacement en position de départ

```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

67



N25

3.3.4...Lois de mouvement

007.12.04, 008.11.28, 009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Quel est le temps mis par un robot P2R2 pour faire un mouvement M, sachant que:

- le mouvement est coordonné (interpolation linéaire des variables d'articulations);
- les vitesses maximales sont respectivement de 0.8 m/s, 1.4 m/s, 140° /s, 60° /s;
- le mouvement se fait à vitesse constante;
- le déplacement fait par chacune des articulations vaut 0.1 m, 0.7 m, 30° , 18° ?

Esquisser les courbes de déplacement et de vitesse

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

68

3.3.4...Lois de mouvement N25.1

007.12.04, 008.11.28,
009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Mouvement coordonné (interpolation linéaire des articulations);

- vitesses maximales : 0.8 m/s, 1.4 m/s, 140° /s, 60° /s;
- mouvement à vitesse constante;
- déplacement : 0.1 m, 0.7 m, 30° , 18°

Temps du mouvement?

A	B	C	D
0.125 s	0.5 s	0.21 s	0.3 s

3.3.4...Lois de mouvement N25.1

007.12.04, 008.11.28,
009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Mouvement coordonné (interpolation linéaire des articulations);

- vitesses maximales : 0.8 m/s, 1.4 m/s, 140° /s, 60° /s;
- mouvement à vitesse constante;
- déplacement : 0.1 m, 0.7 m, 30° , 18°

Temps du mouvement?

A	B	C	D
0.125 s	0.5 s	0.21 s	0.3 s

3.3.4...Lois de mouvement

N25.2

007.12.04,
008.11.28, 009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Mouvement coordonné (interpolation linéaire des articulations);

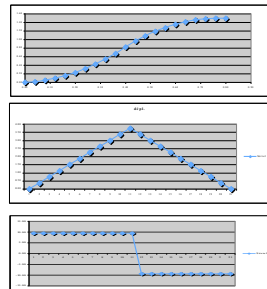
-vitesses max. : 0.8 m/s, 1.4 m/s, 140° /s, 60° /s;

-mouvement à vitesse constante;

-déplacement : 0.1 m, 0.7 m, 30°, 18°

Esquisser les courbes de déplacement et de vitesse?

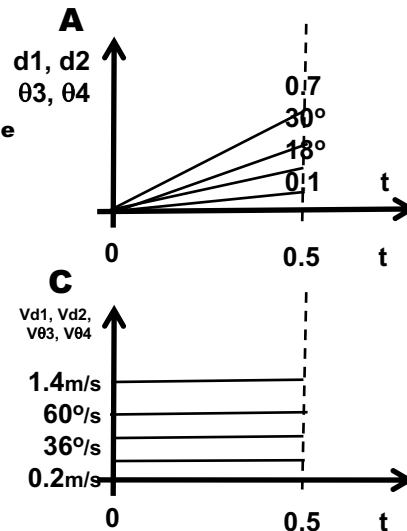
B



D : A+C

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

71



3.3.4...Lois de mouvement

N25.2

007.12.04,
008.11.28, 009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Mouvement coordonné (interpolation linéaire des articulations);

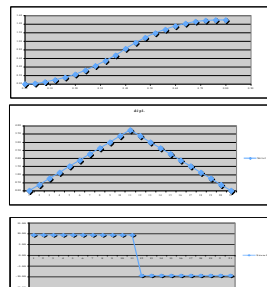
-vitesses max. : 0.8 m/s, 1.4 m/s, 140° /s, 60° /s;

-mouvement à vitesse constante;

-déplacement : 0.1 m, 0.7 m, 30°, 18°

Esquisser les courbes de déplacement et de vitesse?

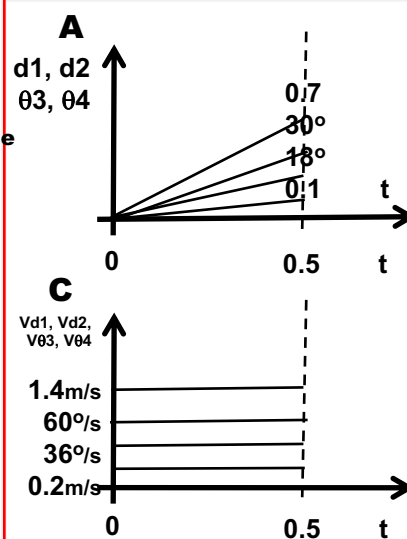
B



D : A+C

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

72



3.3.4...Lois de mouvement 007.12.04

Corr 008.11.28, 009.11.17 , 010.11.30, 011.12.06 , 012.12.03 ,
013.11.19

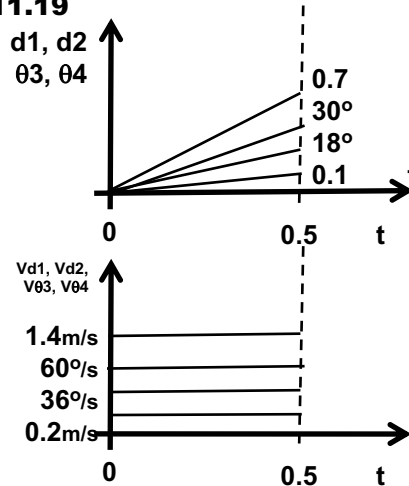
$$T1 = 0.1 / 0.8 = 0.125 \text{ s}$$

$$T2 = 0.7 / 1.4 = 0.5 \text{ s}$$

$$T3 = 30 / 140 = 0.21 \text{ s}$$

$$T4 = 18 / 60 = 0.3 \text{ s}$$

**C'est la deuxième articulation
qui impose à toutes les
autres 0.5 seconde. La
vitesse doit s'adapter**



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

73

3.3...Lois de mouvement

N26

005.11.05, , 006.12.01, 007.12.03, 008.11.28 , 009.11.17, 010.11.30 , 011.12.06
, 012.12.03 , 013.11.19, 014.11.28

Soit un robot faisant un déplacement de 1,5 [m]. Il met 0,8 [s] avec, en principe, un profil trapézoïdal en vitesse. La vitesse maximale est fixée à 5 [m/s]. Donner les courbes de déplacement, vitesse et accélération .

Tuyau: faire dans un premier temps l'hypothèse d'un déplacement triangulaire ou, à choix, trapézoïdal. Puis faire l'autre solution si l'hypothèse ne se vérifie pas.

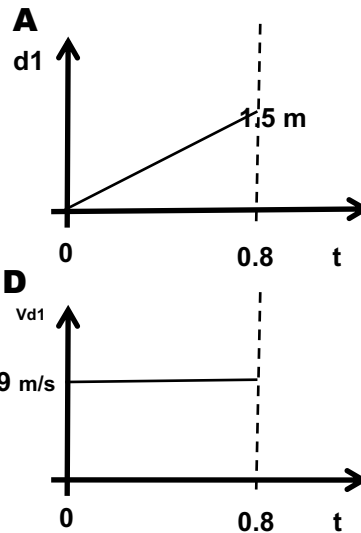
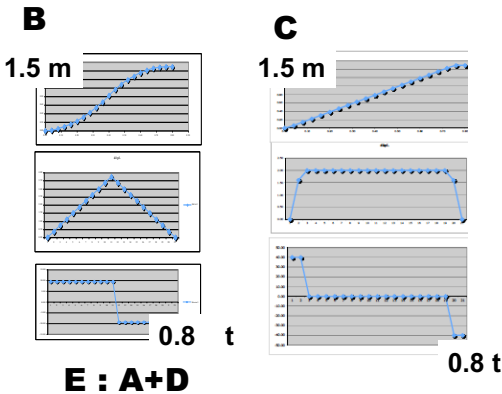
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

74

3.3.4...Lois de mouvement N26.1

007.12.04,
008.11.28, 009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Soit un robot faisant un déplacement de 1,5 [m]. Il met 0,8 [s] avec, en principe, un profil trapézoïdal en vitesse. La vitesse maximale est fixée à 5 [m/s]. Donner les courbes de déplacement, vitesse et accélération?



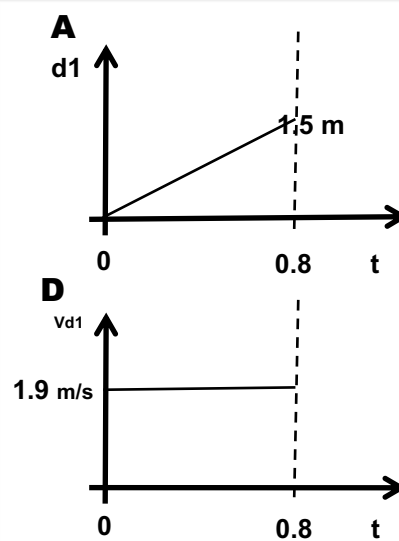
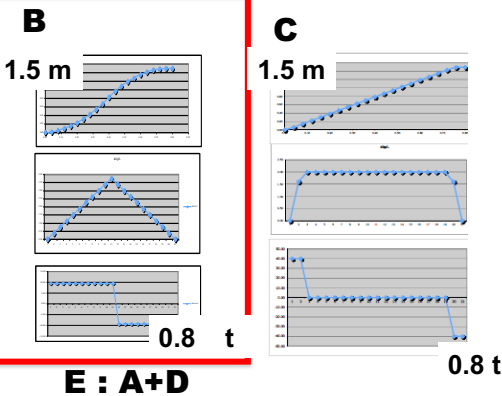
HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

75

3.3.4...Lois de mouvement N26.1

007.12.04,
008.11.28, 009.11.17, 010.11.30, 011.11.29, 012.12.03, 013.11.19

Soit un robot faisant un déplacement de 1,5 [m]. Il met 0,8 [s] avec, en principe, un profil trapézoïdal en vitesse. La vitesse maximale est fixée à 5 [m/s]. Donner les courbes de déplacement, vitesse et accélération?



HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

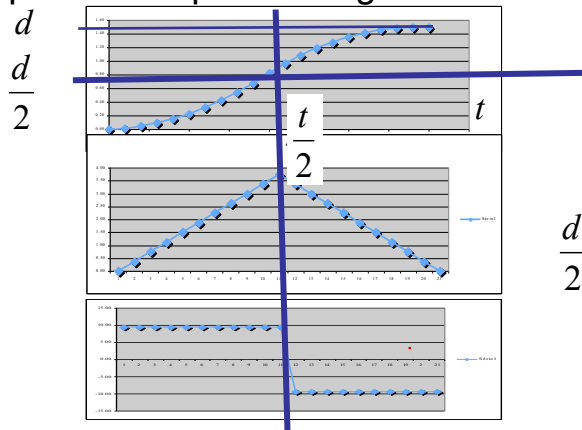
76

3.3...Lois de mouvement

corr 1 de 5

005.11.05, 006.12.01, 007.12.03, 008.12.02, 009.11.23, 011.12.06, 012.12.03, 014.11.28
Cas de l'accélération inconnue.

A. Supposons un profil triangulaire en vitesse



$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2} a \left(\frac{t}{2} \right)^2$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

77

3.3...Lois de mouvement

corr 2 de 5

005.11.05, 006.12.01, 007.12.03, 008.12.02, 009.11.23, 011.12.06, 012.12.03, 014.11.28
(cas de l'accélération inconnue)

A. Supposons un profil triangulaire en vitesse (suite)

$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2} a \left(\frac{t}{2} \right)^2 \quad \text{donc:} \quad a = \frac{d}{\left(\frac{t}{2} \right)^2} \quad \text{et:} \quad a = 9.4 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$\text{Par ailleurs:} \quad v_{peak} = a \cdot \frac{t}{2} = 3.75 \left[\frac{m}{s} \right]$$

**La vitesse de pointe est plus basse que v_{max} (5 m/s)
ce qui valide l'hypothèse triangulaire.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

78

3.3...Lois de mouvement

corr 3 de 5, accélération a inconnue 005.11.05, , 006.12.01 ,
007.12.03 , 008.12.02 , 009.11.23 , 011.12.06 , 012.12.03, 014.11.28

B. Hypothèse d'un profil véritablement trapézoïdal en vitesse:

Deux inconnues (a, t_{acc}) et deux équations (déplacement et vitesse)

$$d = \left(\frac{1}{2} a t_{acc}^2 + \left(\frac{t}{2} - t_{acc} \right) \cdot v_{max} \right) \cdot 2 \quad v_{max} = t_{acc} \cdot a$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{2} \cdot v_{max} \cdot t_{acc} + \left(\frac{t}{2} - t_{acc} \right) \cdot v_{max} \right) \cdot 2 - d = 0$$

$$\Rightarrow v_{max} t_{acc} + \left(\frac{t}{2} - t_{acc} \right) \cdot v_{max} \cdot 2 - d = 0$$

$$\Rightarrow t_{acc} = t - \frac{d}{v_{max}} \quad \Rightarrow t_{acc} = 0.5$$

**ce qui n'est pas possible car plus grand que t/2.
Ceci valide aussi l'hypothèse triangulaire (cas A).
(Cas général: voir aussi programme Excel)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

79

3.3...Lois de mouvement

corr 4 de 5 vmax inconnue 005.11.05, , 006.12.01 , 007.12.03 ,
008.12.02 , 009.11.23 , 011.12.06 , 012.12.03, 014.11.28

B. Hypothèse d'un profil véritablement trapézoïdal en vitesse:

Deux inconnues (vmax, t_{acc}) et deux équations (déplacement et vitesse)

$$d = \left(\frac{1}{2} a t_{acc}^2 + \left(\frac{t}{2} - t_{acc} \right) \cdot v_{max} \right) \cdot 2 \quad t_{acc} = v_{max} / a$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{2a} \cdot v_{max}^2 + \left(\frac{t}{2} - \frac{v_{max}}{a} \right) \cdot v_{max} \right) \cdot 2 - d = 0 \quad v_{max}^2 - a t \cdot v_{max} + a d = 0$$

$$\Rightarrow v_{max} = \left(a t \pm \sqrt{a^2 t^2 - 4 a d} \right) / 2$$

$$\Rightarrow$$

$$\Rightarrow$$

**ce qui est /n'est pas possible car
Ceci valide aussi l'hypothèse triangulaire/trapézoïdale (cas A/B).**

(Cas général: voir aussi programme Excel)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009, 03.02.2016

80

3.3...Lois de mouvement

corr 5 de 5 005.11.05, , 006.12.01, 007.12.03 ,
008.12.02 , 009.11.23 , 011.12.06 , 012.12.03, 014.11.28

C. Critère rapide pour choisir le cas A ou B :

Si la vitesse moyenne est plus petite que $v_{\max}/2$...

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{d}{t} \leq \frac{v_{\max}}{2} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{1.5}{0.8} = 1.87 \leq \frac{5}{2} = 2.5 \left[\frac{m}{s} \right]$$

...alors le profil de vitesse est triangulaire

D. Voir aussi le programme Excel ad hoc sur le serveur LaRA

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

81

3.3.3...Coordination 007.12.04, 008.11.28, 012.12.03, 013.11.18

Qu'est-ce que le contrôle de trajectoire continue en commande de robots?

(réponse en deux phrases au maximum).

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

82

3.3.3...Coordination **Corr**

007.12.04, 008.11.28

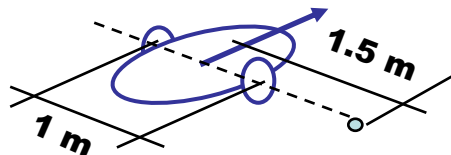
- En général, le passage d'un point de consigne programmé au suivant se fait en Point-A-Point: début et fin avec robot arrêté.
- Par contre le mode « trajectoire continue » enchaîne les segments de trajectoire sans arrêt du robot, au prix d'une éventuelle erreur au voisinage des points de consigne: gain de temps, et moins de saccades et de vibrations

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

83

3.3... Coordination 005.11.05, 006.12.01

Soit un grand robot à 2 roues motrices et 1m de diamètre. Il tourne à droite avec un rayon de courbure de 1,5 [m]. Sachant que le trajet de la roue gauche correspond à l'exercice précédent, donner la courbe du déplacement, vitesse et accélération pour la roue droite .



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

84

3.3... Coordination

005.11.05, 006.12.01 **corr 1 de 2**

- **Le déplacement, la vitesse et l'accélération de la roue droite sont proportionnels au rapport des rayons de courbure $R_d/R_g=0.5$.**

$$d_{\text{droit}} = 0.75 \text{ m,}$$

$$v_{\text{max droit}} = 1,87 \text{ m/s, et}$$

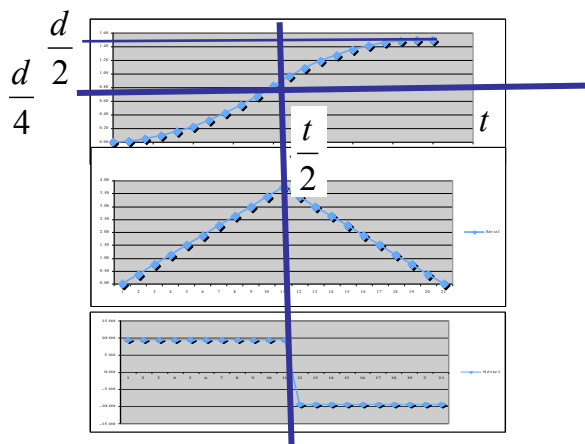
$$a_{\text{droit}} = 4,69 \text{ m/s}^2.$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

85

3.3... Coordination

corr 2 de 2 005.11.05, 006.12.01



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

86

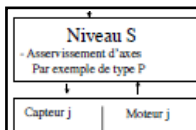
3.4...Servocommandes , 011.12.08, 012.12.03, 013.12.03, 014.12.01

N27

On souhaite régler un système dont la constante de temps (caractéristique) est de 10 milliseconde, avec un régulateur P échantillonné à la cadence d'une milliseconde, sans autre retard significatif. Est-ce possible ? Justifiez votre réponse.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 06.12.2011

87



• 3.4...Servocommandes ,

N27.1

011.12.08, 012.12.03, 013.12.03, 014.12.01

On souhaite régler un système dont la constante de temps (caractéristique) est de 10 milliseconde, avec un régulateur P échantillonné à la cadence d'une milliseconde, sans autre retard significatif. Est-ce possible ?

- | | |
|---|--|
| <p>A La régulation est possible mais avec un système hiérarchisé.</p> | <p>B La régulation est possible, mais en mode TOR.</p> |
| <p>C L'agilité relative de la commande vaut ici 10. La régulation P n'est donc en principe pas possible.</p> | <p>D L'agilité relative de la commande vaut ici 10. La régulation en mode proportionnel est donc en principe adéquat.</p> |

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

88

Niveau S
Asservissement d'axes
Par exemple de type P

Capteur j Moteur j

N27.1

• 3.4...Servocommandes ,

011.12.08, 012.12.03, 013.12.03, 014.12.01

On souhaite régler un système dont la constante de temps (caractéristique) est de 10 milliseconde, avec un régulateur P échantillonné à la cadence d'une milliseconde, sans autre retard significatif. Est-ce possible ?

A La régulation est possible mais avec un système hiérarchisé.

B La régulation est possible, mais en mode TOR.

C L'agilité relative de la commande vaut ici 10. La régulation P n'est donc en principe pas possible.

D L'agilité relative de la commande vaut ici 10. La régulation en mode proportionnel est donc en principe adéquat.

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

89

3.4...Servocommandes

Corr 1 de 4 , 011.12.08, 013.12.03 , 014.12.01

L'agilité du système à régler est la suivante:
 $A_s = 1/\tau = 1/10\text{ms} = 100 \text{ [1/s]}$

L'agilité de la commande est la suivante:
 $A_c = 1/T = 1/1\text{ms} = 1000 \text{ [1/s]}$

Dès lors, l'agilité relative de la commande est la suivante: $A_r = A_c/A_s = 1000/100 = 10$

En conséquence, comme indiqué sur l'axe de la fig. ad hoc, le diagramme d'agilité relative de la commande (cf. cours pp. 7 et 55), un régulateur classique est approprié.

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 4 octobre 2015

90

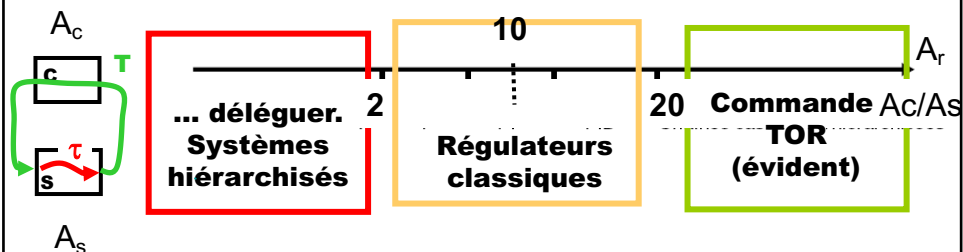
3.1...Commande hiérarchisée

Corr 2 de 4, 012.12.03, 014.12.01, 011.12.08

Choix de méthode selon l'agilité relative de la commande:

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



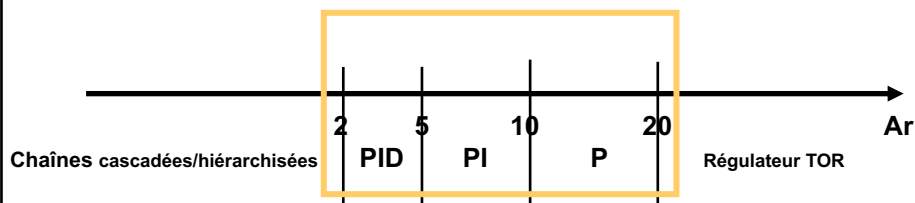
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 06.12.2011

91

3.4...Servocommandes

, 011.12.08, 014.12.01

Corr 3 de 4



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 06.12.2011

92

3.1...Commande hiérarchisée

Corr 4 de 4, 011.12.08, , 013.12.03, 014.12.01

Sans que cela soit ici nécessaire, deux autres démarches seraient envisageables:

- 1- augmenter l'agilité de la commande (d'un facteur 2 ou plus, pour passer le seuil à 20 sur Ar; d'où TOR),
- 2- diminuer l'agilité du système à régler (d'un facteur 2 ou plus, pour passer le seuil à 20 sur Ar; d'où TOR),

3.4...Servocommandes

006.01.24b, 006.11.27, 010.12.06, 014.12.01

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

3.4...Servocommandes

006.01.24b, 006.11.27, 010.12.06, 014.12.01 **corr 1 de 2**

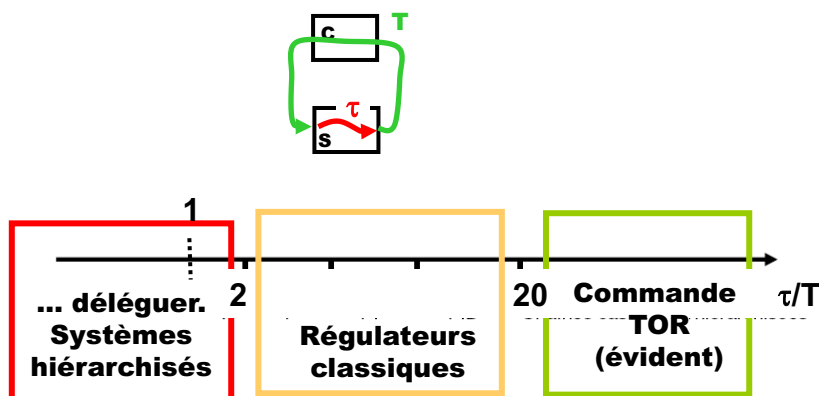
- La réponse est « non » comme le graphique ci-dessous le montre, vu l'agilité relative, le rapport T/τ , qui vaut 1.
- (T, c'est le temps de régulation, d'environ 1ms; et τ , c'est la constante de temps caractéristique du système, qui vaut ici 1 ms également; pour une telle situation, un régulateur supplémentaire, plus agile, en aval, est nécessaire)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

95

3.4...Servocommandes

006.01.24b, 010.12.06, 014.12.01 **corr 2 de 2**



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

96

3.4.1 Commande et asservissement d'axes

007.12.04, 008.12.02,

009.11.23, 010.12.06 , 011.12.06

Une articulation asservie en position a tendance à osciller. Sachant que l'on utilise un régulateur PID, quelle mesure parmi les trois suivantes vous paraît la plus appropriée ?

- A. Augmenter la composante proportionnelle (K_p)**
- B. Diminuer la composante dérivée (K_d)**
- C. Diminuer la composante intégrale (K_i)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

97

3.4.1 Commande et asservissement d'axes

Corr 1 de 3 007.12.04 , 008.12.02 , 009.11.23 , 011.12.06

- A. Augmenter la composante proportionnelle (K_p)?

Non; typiquement, un gain excessif fait osciller.

- B. Diminuer la composante dérivée (K_d)

Non; typiquement, la composante dérivée stabilise (compensation des retards par prévision)

- C. Diminuer la composante intégrale (K_i)

Oui; typiquement, la composante intégrale diminue l'agilité de la commande (augmente les retards) et rend donc le système moins stable

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

98

3.4.1 Commande et asservissement d'axes **Corr 2 de 3** 007.12.04 , 008.12.02 , 009.11.23, 010.12.06 , 011.12.06

Autres actions possibles:

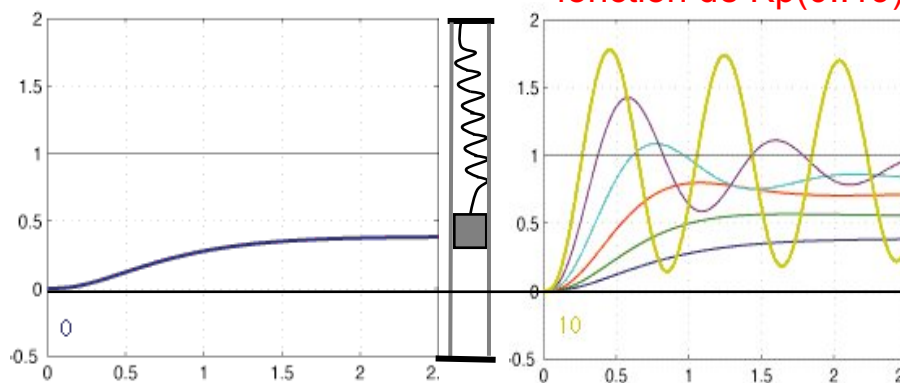
- **Diminuer T (commande plus agile)**
- **Augmenter τ (système à commander plus lent)**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

99

3.4.1 Commande et asservissement d'axes **Corr 3 de 3** , 008.12.02 , 009.11.23, 011.12.06

www.sga-asspa.ch : réponses indicielles typiques en fonction de $K_p(0..19)$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

100

Exo 3...Servocommandes 006.01.24

007.01.25

Donner le principe de la méthode de Ziegler-Nichols, vue au cours, permettant de dimensionner un régulateur PID

Que doit valoir K_p si $K_c=12$?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

101

Exo 3...Servocommandes 006.01.24

corrigé 1 de 3

- Ziegler-Nichols ont proposé diverses méthodes pour dimensionner un régulateur PID.
- Celle que nous présentons ici est particulièrement intéressante ; simple et fondamentale. C'est une méthode qui est de nature expérimentale. Il s'agit de brancher le régulateur au système avec des gains P, I et D initialement nuls, puis d'augmenter progressivement le gain de la branche proportionnelle (K_p).
- Dans certains cas on peut augmenter ce gain arbitrairement et cela va de mieux en mieux. Un réglage tout-ou-rien est alors indiqué.
- Si $K_c=12$, le tableau ZN propose $K_p=0.59 \cdot K_c = 7.18$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

102

Exo 3...Servocommandes 006.01.24

corrigé 2 de 3

- Dans d'autres cas, le système tend à osciller même avec un gain très faible, 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.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

103

Exo 3.4...Servocommandes

corrigé 3 de 3 006.01.24

- La méthode consiste essentiellement à relever la valeur du gain critique K_c , et celle de la pulsation ω_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 $1/T_i$);

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

104

Exo 3.5...Programmation

005.11.15, 007.12.10

- Ecrire un programme en Piaget qui provoque le déplacement d'un robot mobile autonome en position (50,60, 30°)
- Ou un programme similaire pour un autre robot (Aria/Demaurex, V+/Stäubli, Val3/Stäubli, Rapid/ABB...)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 07.12.2010

105

Exo 3.5...Programmation 007.12.10

corrigé 2007

```
1 : MoveAGN(Trans(50,60,30));  
    break;case  
2 : ;  
    break;case
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

106

Exo 3.5...Programmation 007.12.10

- Ecrire un programme en ARIA qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°)

Exo 3.5...Programmation

corrigé 007.12.10

- Ecrire un programme en ARIA qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°)

CONST NoCarte=4; (* servocommande pour rotation de l'outil / préhenseur *)

D3n_absMove(1,50,60,70);

Ax_absMove(NoCarte, 30);

Exo 3.5...Programmation

corrigé bis 007.12.10

- Ecrire un programme en ARIA qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°)

CONST NoCarte=4;

D3n_absMove(1,50,60,70);

Ax_absMove(NoCarte, 30);

repeat until D3n_Q_EndMoveReached(1);

repeat until Ax_Q_EndMoveReached(NoCarte);

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

109

Exo 3.5...Programmation 007.12.10

- Ecrire un programme en V+, Val-3, ou Rapid, qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°, 40°, 50°)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

110

Exo 3.5...Programmation

Corr 007.12.10

- Ecrire un programme en V+, Val-3, ou Rapid, qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30⁰, 40⁰, 50⁰)

Move Trans(50,60, 70, 30, 40, 50)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

111

Exo 3.5...Programmation

Corr 007.12.10

- Ecrire un programme en V+, Val-3, ou Rapid, qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30⁰, 40⁰, 50⁰)

Movej({{50,60, 70 , 30, 40, 50} , {sfree, efree, wfree }}, flange,nNomSpeed)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

112

Exo 3.5...Programmation

Corr bis 007.12.10

- Ecrire un programme en V+, Val-3, ou Rapid, qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°, 40°, 50°)

Movej({{50,60, 70 , 30, 40, 50 } , {sfree, efree, wfree }}, flange,nNomSpeed)

waitEndMove()

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

113

Exo 3.5...Programmation

Rapid/ABB corrigé 1 de 2 007.12.10

- Ecrire un programme en V+, Val-3, ou Rapid, qui provoque le déplacement d'un préhenseur de robot industriel en position (50,60, 70, 30°, 40°, 50°)

Var robtarget P3

P3.trans.x:=50

P3.trans.y:=60

P3.trans.z:=70

P3.rot := OrientZYX(30, 40, 50)

MoveJ P3, v500, fine, tool1

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

114

3.5...Programmation

Rapid/ABB corrigé 2 de 2

007.12.11

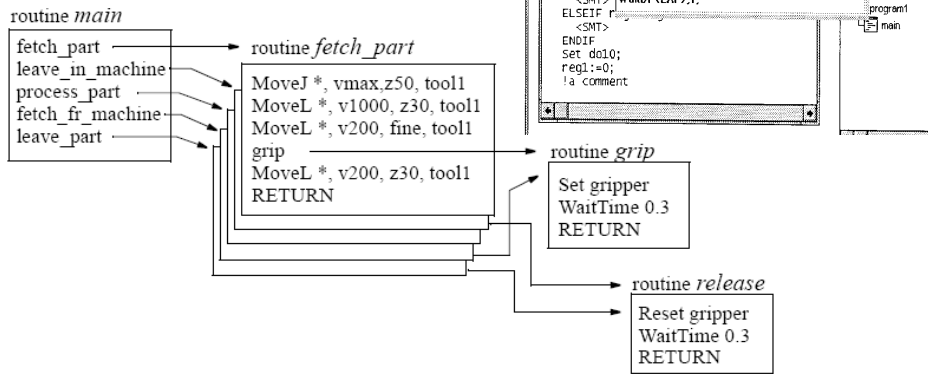


Figure 4 For more information about this example, see Chapter 17, Program Examples.

8-8

User's Guide

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

115

Exo 3.5...Programmation

005.11.18,

006.11.27, 007.12.10

- Ecrire un programme en Piaget qui éjecte une balle si la place est bleue (cf. Golf 2006). On suppose un capteur détecteur de bleu, booléen, branché sur l'entrée 12 et un signal « Ouverture vanne soufflerie » sur la sortie 3
- Ou un programme similaire pour un autre robot (Aria/Demaurex, V+/Stäubli, Val3/Stäubli, Rapid/ABB, Gemini/Bosch...)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 26.11.2015

116

Exo 3.5...Programmation 005.11.18, 006.11.27

Piaget **corrigé** 007.12.11

```
int  NSIDetecteurDeBleu = 12 ;
int  NSOOuvertureVanneSoufflerie = 3 ;
...
10 : if (SignalIn(NSIDetecteurDeBleu))
      SignalOutAGN(NSOOuvertureVanneSoufflerie, true) ;
      else SignalOutAGN(NSOOuvertureVanneSoufflerie, false) ;
      break;case
11 :  GoState (10);
      break;case
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

117

Exo 3.5...Programmation 005.11.18, 006.11.27

007.12.11 ARIA **corrigé**

```
CONST NoCarte=4;
      NSIDetecteurDeBleu = 12 ;
      NSOOuvertureVanneSoufflerie = 3 ;
...
if Ax_Q_In (NoCarte,NSIDetecteurDeBleu)=1
  then
    Ax_Output(NoCarte, NSOOuvertureVanneSoufflerie, 1);
  else
    Ax_Output(NoCarte, NSOOuvertureVanneSoufflerie, 0);
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

118

Exo 3.5...Programmation 005.11.18, 006.11.27

V+ **corrigé 1 de 2** 007.12.11

```
if (Sig(1000+NSIDetecteurDeBleu) <>0)
```

```
    Signal NSOOuvertureVanneSoufflerie
```

```
else Signal -NSOOuvertureVanneSoufflerie
```

```
End
```

```
00000000    0    faux
```

```
11111111   -1    vrai
```

```
00000001    1    vrai
```

```
11111110   -2    vrai...
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

119

Exo 3.5...Programmation 005.11.18, 006.11.27

V+ bis **corrigé 2 de 2** 007.12.11

```
; déclaration (à faire au moins une fois  
    dans le programme ou en dehors)
```

```
NSIDetecteurDeBleu = 12 ;
```

```
NSOOuvertureVanneSoufflerie = 3 ;
```

```
; boucle infinie
```

```
While true do
```

```
    begin
```

```
        if (Sig(1000+NSIDetecteurDeBleu)<>0)
```

```
            Signal NSOOuvertureVanneSoufflerie
```

```
        else Signal -NSOOuvertureVanneSoufflerie
```

```
        end ; if
```

```
    end ; while
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

120

Exo 3.5...Programmation 005.11.18, 006.11.27

Val-3 **corrigé** 007.12.11

// déclaration

dio NSIDetecteurDeBleu, NSOOuvertureVanneSoufflerie

dioLink(NSIDetecteurDeBleu ,io:bln11)

dioLink(NSOOuvertureVanneSoufflerie ,io:bOut2)

if (NSIDetecteurDeBleu)

dioSet(NSOOuvertureVanneSoufflerie ,true)

else

dioSet(NSOOuvertureVanneSoufflerie ,false)

endif

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

121

3.5...Programmation

Rapid/ABB **corrigé 1de3**

007.12.11

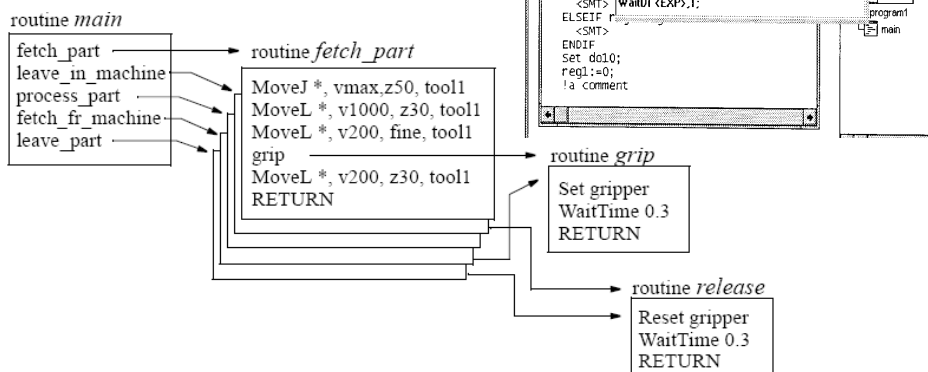


Figure 4 For more information about this example, see Chapter 17, Program Examples.

8-8

User's Guide

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

122

Exo 3.5...Programmation

Rapid/ABB **corrigé 2 de 3** 007.12.11

! Commentaire: di12, DetecteurDeBleu, entrée 12

! Commentaire: do3, OuvertureVanneSoufflerie, sortie 3

IF di12 = true THEN

Set do3 ELSE

Reset do3

ENDIF

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

123

Exo 3.5...Programmation

Rapid/ABB **corrigé bis 3 de 3** 007.12.11

! Commentaire: di12, DetecteurDeBleu, entrée 12

! Commentaire: do3, OuvertureVanneSoufflerie, sortie 3

IF di12 = true THEN

SetDO do3, high

ELSE

SetDO do3, low

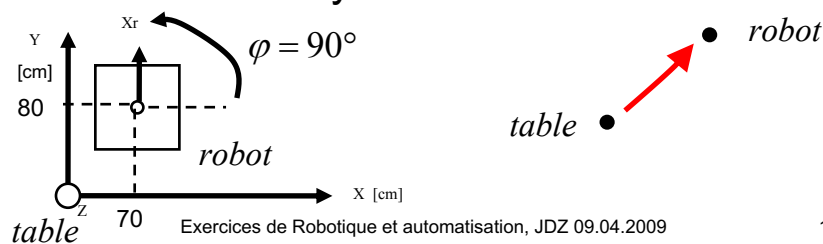
ENDIF

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

124

Exo 3.5...Programmation 005.10.01, 006.11.27

Faire un programme tel que Dark18 se déplace en position 70 cm en X, 80 cm en y, avec orientation vers le camp adverse (90 degrés), sur la table de concours Funny Golf.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

125

Exo 3.5... Langage de programmation pour robots 006.11.27 corrigé

- Solution 1 (Piaget 2006):

```
1: MoveAGN(Trans(70,80,90));
   break;case
2: ;
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

126

Exo 3.5... corrigé(suite) 006.11.24

- Solution 2 (Piaget 2006):

location P;

1: P=Trans(70,80,90);

break; case

2: MoveAGN(P);

break;case

3: ;

break;case

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

127

3.5... corrigé 005.10.01 (suite)

- Solution a (Piaget 2005):

location MaPos;

1: SetTrans(70,80,90);

break; case

2: MaPos=Trans;

break;case

3: MoveAGN(MaPos);

break;case

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

128

3.5... Programmation de robots langages VAL/V+, **N28** ARIA, ABB/Rapid, Gemini, Val3, Piaget ... 008.12.02,

009.11.23, 010.12.06, 011.01.17, 011.12.08, 013.12.03, 014.11.28

Considérons une tâche-type de manutention pour un robot, et plus particulièrement la place de travail de la figure 1. Ecrire le programme, avec le langage pour robot de votre choix.

Le robot doit prendre des objets dans l'un ou l'autre de deux magasins, et les déposer dans la zone de travail.

Le choix du magasin est fixé par un utilisateur, qui actionne un interrupteur connecté à un canal d'entrée donné (No 3).

Initialement, le robot est en position de sécurité, S.

Le cycle se déroule en trois temps:

- mouvement vers le magasin M1 ou M2, suivant l'état de l'interrupteur;
- prise de l'objet, et transport en zone de travail, W;
- dépose de l'objet, et retour en position S.

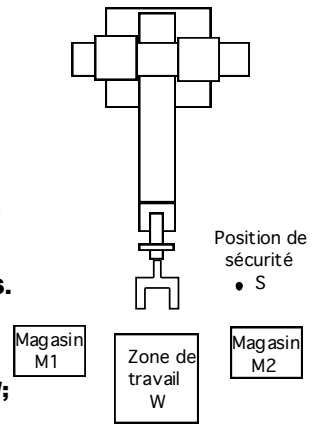
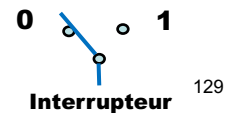


Fig. Prise et dépose d'un objet

N28 – Ce problème n'a pas de QCM

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 26.11.2015



3.5 Programmation de robots langages VAL/V+, ARIA, ABB/Rapid, Comau ... **Corr (1 de 9)**, 009.11.24, 011.12.08

Pseudo-langage:

```

Boucle infinie
Aller en S;
Si interrupteur ON alors
  Aller en M1
sinon
  Aller en M2;
Prendre l'objet;
Aller en W;
Déposer l'objet;
Fin de boucle.
  
```

Table Pseudo-code

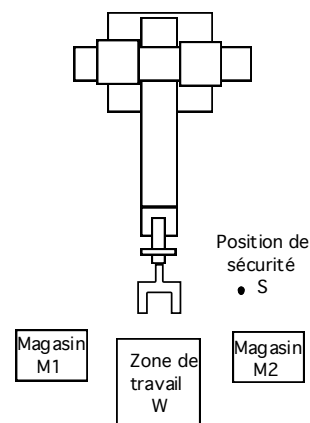


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

130

3.5...Programmation de robots langage

V+ **Corr** (2 de 9), 009.11.24, 011.12.08

```

WHILE true DO
  MOVE s
  IF SIG(1003)<>0 THEN
    MOVE m1
  ELSE
    MOVE m2
  END
  BREAK
  CLOSEI ; aussi possible:
signal 2 par ex.
  DELAY 0.2
  MOVE w
  BREAK
  OPENI
  DELAY 0.2
END
  
```

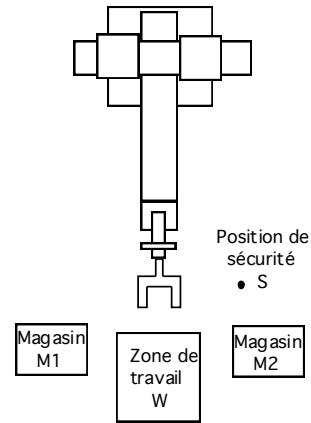


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

131

3.5...Programmation de robots langage

V+ **Corr** (2 de 9), 009.11.24, 011.12.08

```

WHILE true DO
  MOVE s ← mieux: OPENI
  IF SIG(1003)<>0 THEN
    MOVE m1 ← APPRO m1, 200
  ELSE
    MOVE m2
  END
  BREAK
  CLOSEI ; aussi possible:
signal 2 par ex.
  DELAY 0.2 ← DEPART 200
  MOVE w
  BREAK
  OPENI
  DELAY 0.2
END
  
```

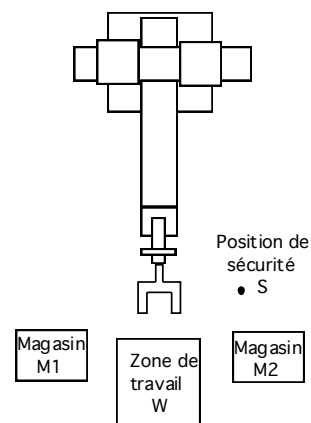


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

132

3.5...Programmation de robots langage

Aria Corr (3 de 9), 009.11.24, 011.12.08

```

WHILE (true) begin
  D3nAbsMove(1,sx, sy, sz);
  repeat until D3n_Q_EndMoveReached(1);
  if Ax_Q_In (NoCarte,NSIChoixM1)=1 then
    Move (m1); (* cf. applistd et ci-après *)
  ELSE
    Move (m2);
  repeat until D3n_Q_EndMoveReached(1);
  Ax_Output(NoCarte,NSOFermeturePince,1);
  delay(200);      (* ms *)
  MOVE (w);
  repeat until D3n_Q_EndMoveReached(1);
  Ax_Output(NoCarte,NSOFermeturePince,0);
  delay(200);      (* ms *)
End;

```

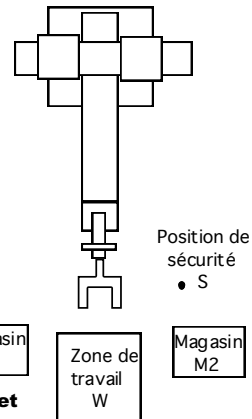


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

133

3.5...Programmation de robots langage

Aria-HEIG-VD Corr (4 de 9), 009.11.24, 011.12.08

```

WHILE (true)
begin
  Move(s); (* cf. applistd *)
  if Ax_Q_In (NoCarte,NSIChoixM1)=1 then
    Move (m1);
  ELSE
    Move (m2);
  Aspiration;
  Move (w);
  Ejection;
End;

```

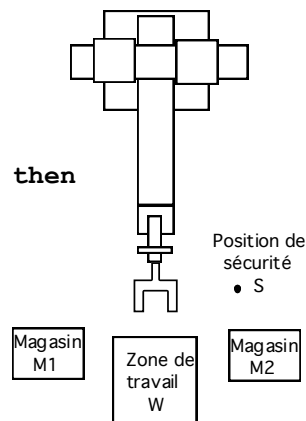


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

134

3.5...Programmation de robots langage Aria-HEIG-VD (déclarations) **Corr** (5 de 9) , 009.11.24, 011.12.08

```

(***** Definition de type *****)
Type tPosition = record X,Y,Z : single; end;
(*****Procedure ASPIRATION*****)
Procedure Aspiration ; begin
  Ax_Output (NoAxePression,NoSortiePression,0);
  Ax_Output (NoAxeVide,NoSortieVide,1);
end;
(***** Procedure EJECTION *****)
Procedure Ejection ; begin
  Ax_output (NoAxeVide,NoSortieVide,0);
  Ax_output (NoAxePression,NoSortiePression,1);
  delay(50); (* ms *)
  Ax_output (NoAxePression,NoSortiePression,0);
end;
(***** Procedure Move *****)
Procedure Move(pos : tPosition); begin
  D3n_absMove(1,Pos.x,Pos.y,Pos.z);
  repeat until D3n_Q_EndMoveReached(1);
end;

```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

135

3.5...Programmation de robots langage ABB/Rapid **Corr** (6 de 9) , 009.11.24, 011.12.08

```

WHILE (true)
  MoveJ s, v200, fine, tool1;
  IF di3 = true THEN
    MoveJ m1, v200, fine, tool1;
  ELSE
    MoveJ m2, v200, fine, tool1;
  ENDIF
  Wait /InPos
  Set gripper
  WaitTime 0.2
  MoveJ w, v200, fine, tool1;
  Wait /InPos
  Reset gripper
  WaitTime 0.2
End;

```

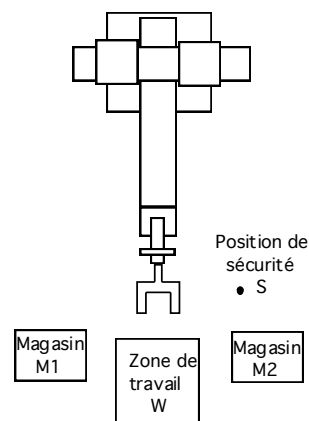


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

136

3.5...Programmation de robots langage

VAL-3 Corr (7 de 9) , 009.11.24, 011.12.08

```
// déclaration
dio NSIChoixM1, NSOFermerPince
dioLink(NSIChoixM1,io:bIn2)
dioLink(NSOFermerPince ,io:bOut2)
while true
  Movej( s, flange,mNomSpeed)
  dioSet(NSOFermerPince ,false)
  waitTime(0.2)
  if NSIChoixM1
    Movej( M1, flange,mNomSpeed)
  else
    Movej( M2, flange,mNomSpeed)
  endIf
  waitEndMove()
  dioSet(NSOFermerPince ,true)
  waitTime(0.2)
  Movej( W, flange,mNomSpeed)
  waitEndMove()
  dioSet(NSOFermerPince ,false)
  waitTime(0.2)
endWhile;
```

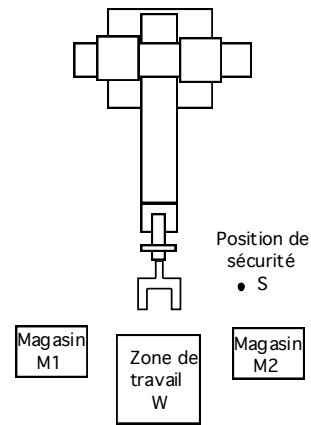


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

137

3.5...Programmation de robots langages

Piaget Corr (8 de 9) , 009.11.24, 011.12.08

```
Int NSOFermerPince=2; // canal 2
1: MoveAGN (s);
   break; case
2: IF (SignalIn(3))
  MoveAGN( m1);
else
  MoveAGN( m2);
   break; case
3: SignalOutAGN(NSOFermerPince, true);
   break; case
4: SleepAGN(0.2);
   break; case
5: MoveAGN( w);
   break; case
6: SignalOutAGN(NSOFermerPince, false);
   break; case
7: SleepAGN(0.2);
   break; case
8: GoState(1);
   break; case
```

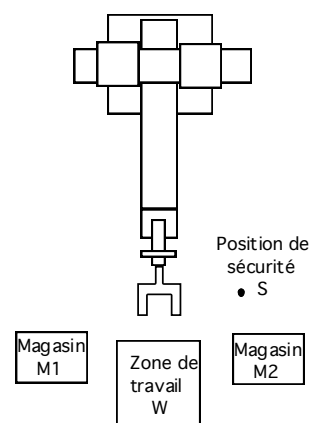


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

138

3.5...Programmation de robots langages Bosch-Gemini **Corr** (8b de 9)

```

Var NSOFermerPince Write 2 #
    canal 2
Var PosZ Write -500
Var M1X Write ...
Var M2X Write ...
...
Var EqualIf Write 0 # type de
    condition
...
:Loop
# test sur l'égalité:
Var ConditionIf Write Input
    R1_Switch03 Read Comp 1 #
    canal 3 pour choix de
    magasin
If :LabelElse1 :LabelThen1 Var
    ConditionIf Comp Var EqualIf

:LabelThen1
Var PosX Write Var M1X
...
Gosub Move
goto LabelEndIf1

:LabelElse1
Var PosX Write Var M2X
...
Gosub Move
goto LabelEndIf1

LabelEndIf1
GoSub Aspiration
...
Var PosX Write Var WX
...
Gosub Move
GoSub Ejection
Goto Loop

% Déplacement du robot
:Move
Robot R1 MoveToPoint %PositionX
    %PositionY %PositionZ
TimeWait 500
Return

:Aspiration
Output R1_SUCTION1 Write 1
TimeWait 500
Return
    
```

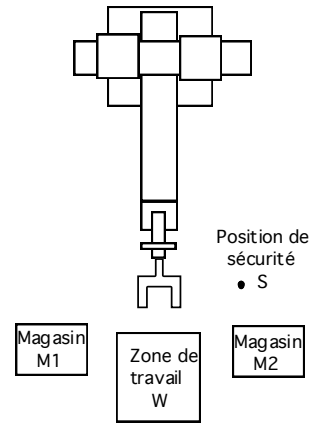


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 31.10.2017

139

3.5...Programmation de robots langages Bosch-Gemini via C# **Corr** (8c de 9)

cf. DeltaCtrlExt Corrigé partiel ci-dessous

```

private double robX = 0, robY = 0 // coordonnées
    retournées par la vision private const double zGrab = -540
    // hauteur de prise private const double zOffsetApproach =
    50; // décalage approche pour la prise
// -----// Programme principal - début de zone à éditer // -----
// modification vitesse et accélération
ShowMessage(robot.SetSpeed(400));
ShowMessage(robot.SetAcceleration(10000));
// approche et prise de la balle
ShowMessage(robot.MoveToXYZ(robX, robY, zGrab + zOffsetApproach));
ShowMessage(robot.MoveToXYZ(robX, robY, zGrab));
ShowMessage(robot.Aspiration());
ShowMessage(await robot.Wait(100));

// remonte et attente
ShowMessage(robot.MoveToXYZ(robX, robY, zGrab + zOffsetApproach));
await robot.Wait(1000);

// dépose de la balle
ShowMessage(robot.MoveToXYZ(robX, robY, zGrab));
ShowMessage(robot.Ejection());
// retour en position de repos
ShowMessage(robot.MoveToXYZ(robX, robY, zGrab + zOffsetApproach));
ShowMessage(robot.Park());
    
```

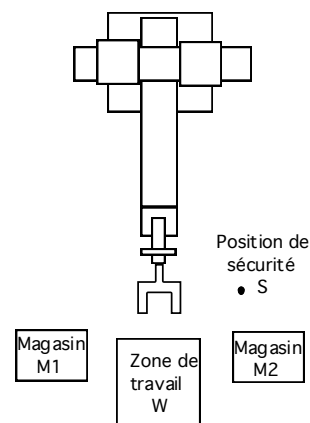


Fig. Prise et dépose d'un objet

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 31.10.2017

140

3.5...Programmation de robots langages VAL/V+,
ARIA, ABB/Rapid, Piaget... **Corr** (9 de 9) , 009.11.24,
011.12.08

Remarques

Le problème est posé ici dans son principe. Il pourra être quelque peu adapté suivant les particularités de la place de travail effectivement rencontrée au laboratoire (Aria, ABB, Stäubli RX, TX, robots mobiles, etc.).

Le pseudo-code donne une solution de principe. Elle devra aussi être adaptée, en prenant en compte d'une part les mots-clefs spécifiques au robot utilisé, et d'autre part en prenant garde à maintenir un dégagement suffisant dans les phases de début et de fin pour chacun des mouvements.