Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2010, filière MP

Sciences industrielles

Durée : 3 heures

Ce que traite le sujet

- 1. Atelier de conditionnement des produits
- 2. Étude du poste de palettisation
- 3. Vérification du système de freinage du robot
- 4. Analyse cinématique du robot
- 5. Analyse des performances dynamiques du robot
- 6. Asservissement en position de l'axe A1

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/mp/2010/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES

EPREUVE SPECIFIQUE - FILIERE MP

SCIENCES INDUSTRIELLES (S.I.)

Durée : 3 heures

*Les calculatrices sont **autorisées***

* * *

NB : Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.
Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

* * *

ÉTUDE D'UN POSTE DE PALETTISATION DE BIDONS

La société Agronutrition est une PME du tissu économique midi-pyrénéen. Elle conçoit, fabrique et commercialise une large gamme de compléments nutritionnels destinés à améliorer la qualité et/ou le rendement des productions végétales (grandes cultures, vigne, arboriculture, maraîchage). Utilisables en Agriculture Biologique, ces compléments permettent d'améliorer les qualités nutritives des produits agricoles (teneur en protéines, teneur en sucres, teneur en oligo-éléments, résistance aux meurtrissures, conservation, etc.).

L'outil industriel répond aux exigences spécifiées en terme d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement. Il est spécifiquement dédié à la formulation, la fabrication et le conditionnement des produits.

L'étude se limitera à l'atelier de conditionnement des produits, aujourd'hui en partie automatisé.

1 ATELIER DE CONDITIONNEMENT DES PRODUITS

1.1 Présentation

Les produits réalisés par l'entreprise Agronutrition se présentent sous forme liquide et sont élaborés et stockés dans des cuves avant d'être conditionnés dans des bidons de 5, 10, 20 ou 40 litres.

Les bidons vides sont livrés par palettes. Le conditionnement des produits consiste en un certain nombre d'opérations réalisées sur des postes spécifiques :

- **Poste 1 :** dépalettisation des bidons vides.
- **Poste 2 :** remplissage des bidons.
- **Poste 3 :** bouchage des bidons.
- **Poste 4 :** marquage jet d'encre des bidons pour assurer leur traçabilité.
- **Poste 5 :** collage étiquette.
- **Poste 6 :** palettisation des bidons.
- **Poste 7 :** stockage des palettes pleines.



Seules les opérations 2, 3, 4, 5 et 6 sont aujourd'hui entièrement automatisées. En particulier, la palettisation des bidons pleins au poste **6** est réalisée par un robot Kuka KR 180-2 PA dont les caractéristiques sont précisées en **annexe 1, page 15**.

1.2 Schéma d'implantation

La **Figure 1, page 2** représente le schéma d'implantation de l'atelier de conditionnement. Les bidons sont déposés au poste 1 sur un tapis de transfert motorisé en mouvement continu. La coordination des postes est basée sur le nombre de bidons présents dans les stocks intermédiaires : un poste n'effectuera un cycle de production normal que si au moins un bidon est présent dans le stock amont et que le stock aval n'est pas saturé.

Le poste de palettisation **6** est protégé par une enceinte grillagée. Son accès est interdit durant les évolutions du robot par mesure de sécurité.

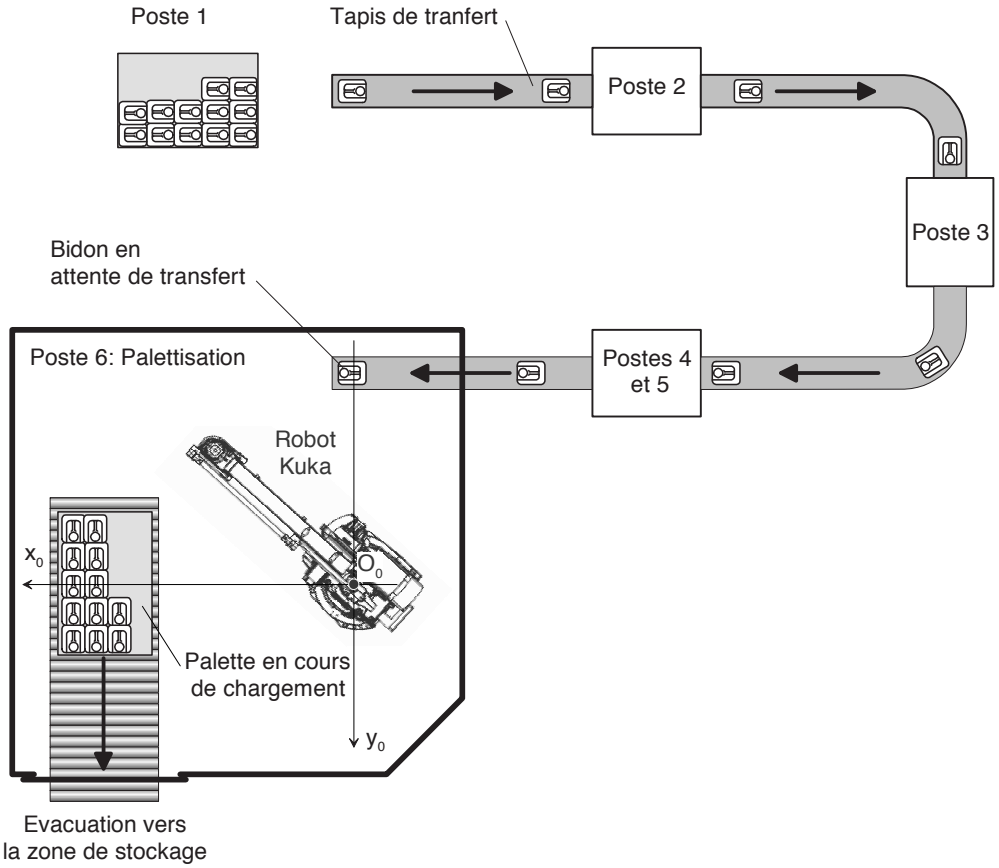


Figure 1 : *Schéma d'implantation*

1.3 Exigences du cahier des charges

- La production est de 20 000 litres de produit par jour.
- L'entreprise travaille 8 heures par jour.
- Les palettes sont aux normes européennes de dimensions (mm) : 1200×800.
- Le temps nécessaire au remplacement d'une palette pleine par une palette vide au poste 6 est estimé à 2 minutes.

On note d'autre part (voir **Figure 2, page 3**) :

- **m** : nombre de bidons rangés par longueur de palettes ;
- **n** : nombre de bidons rangés par largeur de palettes ;
- **c** : nombre de couches de bidons par palette.

Le **Tableau 1, page 3** indique les nombres n, m, c de bidons par palette ainsi que leurs dimensions d_i en fonction de leur capacité. La dimension d_3 correspond à la hauteur d'un bidon.

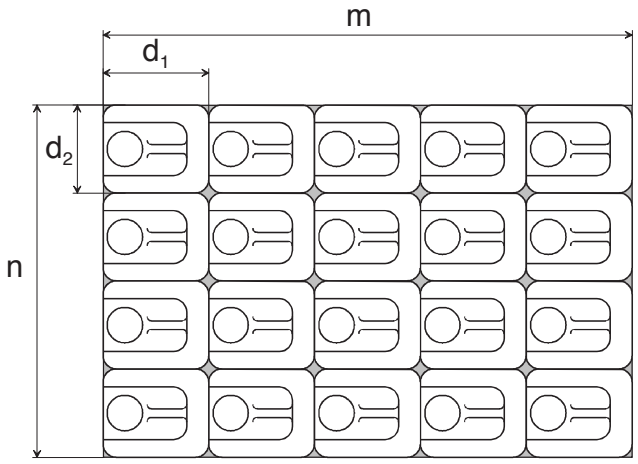


Figure 2 : *Palette vue de dessus*

Tableau 1 : *Caractéristiques des bidons suivant leur capacité*

Capacité (litres)	Conditionnement sur la palette		
	m×d_1 (mm)	**n**×d_2 (mm)	**c**×d_3 (mm)
5	**10**×120	**5**×160	**5**×310
10	**6**×200	**5**×160	**4**×360
20	**5**×240	**4**×200	**3**×450
40	**4**×300	**4**×200	**2**×720

Question 1 : On se place dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire celui consistant à palettiser des bidons de 5 litres. On se propose de déterminer la durée maximale nécessaire à la dépose d'un bidon sur la palette. *A partir des données définies dans le cahier des charges :*

a) *déterminer le nombre de bidons de 5 litres à palettiser par jour ;*

b) *en déduire le nombre de palettes à produire par jour ;*

c) *en déduire le temps nécessaire à la composition d'une palette en minutes incluant le temps de changement d'une palette ;*

d) *en déduire la durée maximale nécessaire à la dépose d'un bidon sur la palette en secondes.*

2 ÉTUDE DU POSTE DE PALETTISATION 6

La pièce maîtresse du poste 6 est un robot de palettisation Kuka KR 180-2 PA (voir **annexe 1, page 15**). Ses fonctions de service (voir **Figure 3, page 4**) sont définies ci-après :

FP1	Déposer les bidons sur la palette
FP2	Déposer les cartons sur la palette (fonction non étudiée)
FS3	Piloter le robot
FS4	Alimenter en énergie électrique les actionneurs
FS5	Protéger l'environnement lors des évolutions du robot

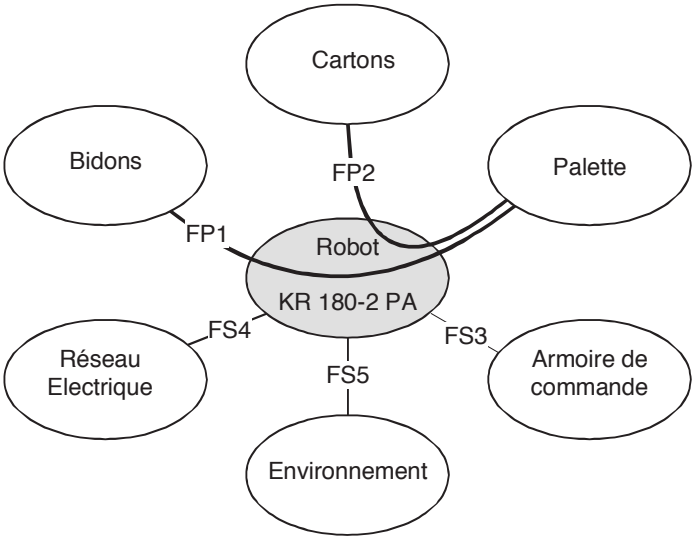


Figure 3 : *Diagramme des interacteurs*

2.1 Objectif

On se propose de vérifier que les caractéristiques du robot permettent de satisfaire la cadence de production imposée par le cahier des charges.

2.2 Données

- Le temps t_{P2} de remplissage d'un bidon de 5 litres au poste 2 est de 6 secondes.
- Le temps t_{P3} de bouchage d'un bidon au poste 3 est de 3 secondes.
- Les opérations associées aux postes 4 et 5 se font à la " volée ", sans arrêt du bidon, leur durée est donc négligeable.
- Le grafcet de la **Figure 16, annexe 2, page 19** représente le fonctionnement normal du poste de palettisation. Les positions du robot sont spécifiées dans l'**annexe 3, page 20** ainsi que les étapes correspondantes du grafcet de fonctionnement normal.
- Dans la position de référence notée P_0, $\alpha_1 = -45°$ (voir **Figure 13, annexe 1, page 17** la signification de l'angle α_1).

2.3 Détermination de la cadence de production

Une simulation a permis d'estimer les amplitudes des déplacements des différents axes A_i du robot lors de la dépose d'un bidon sur la palette.

Afin de déterminer la durée d'un déplacement, seul est pris en compte, parmi les axes A_i sollicités, celui dont l'amplitude, en valeur absolue, est la plus importante lors de ce déplacement. Les résultats sont consignés dans le **Tableau 2, page 5**.

Le profil de vitesse imposé lors de ces déplacements est représenté **Figure 4, page 5**.

Question 2-1 : *Déterminer, pour les cas 2 et 3 définis dans le **Tableau 2, page 5**, la durée d_i des différentes phases du profil de vitesse. En déduire le temps total T_t nécessaire à ces déplacements. Les résultats seront reportés dans le **tableau 5** du document réponse DR2.*

Tableau 2 : *Amplitudes maximales lors des déplacements*

Cas	Déplacements	Axe	Amplitude maximale	ω_{max} (°/s)	$\dot{\omega}_{max}$ (°/s^2)
1	P_0 à P_1, P_i à P_0	A_1	45°	105	300
2	P_1 à P_i	A_1	90°	105	300
3	P_1 à P_2, P_2 à P_1, P_i à P_j, P_j à P_i	A_3	15°	105	300



Figure 4 : *Profil des vitesses*

Nota : Indépendamment des valeurs calculées question 2-1, on retiendra, pour la suite du sujet, les durées suivantes des différentes opérations :

Étapes	Opérations	Durée Tt (s)
1	Déplacer le robot de P0 à P1	0,8
3 et 5	Déplacer le robot de P1 à P2 ou de P2 à P1	0,5
4	Prendre un bidon	0,1
9	Déplacer le robot de P1 à Pi	1,2
10 et 12	Déplacer le robot de Pi à Pj ou de Pj à Pi	0,5
11	Déposer un bidon	0,1
13	Déplacer le robot de Pi à P0	0,8

Le temps nécessaire à la détermination de la position Pi lors de l'étape 8 est négligeable.

Question 2-2 : *En supposant nul le temps d'attente d'un bidon lors de l'étape 2, déterminer le temps t_{P6} nécessaire à la dépose d'un bidon sur la palette, temps nécessaire au robot pour partir de la position P0 et revenir en P0.*

On considère comme instant initial l'instant où le premier bidon arrive au poste 6 suite à la mise en route du système de conditionnement. Le niveau Q(t) du stock de bidons en amont du poste 6 évolue alors comme indiqué **Figure 5, page 6** avec :

- Phase (1) Chargement palette 1
- Phase (2) Evacuation palette 1
- Phases (3) (4) Chargement palette 2
- Phase (5) Evacuation palette 2

Le cycle se reproduit ensuite identique à lui-même pour les autres palettes.

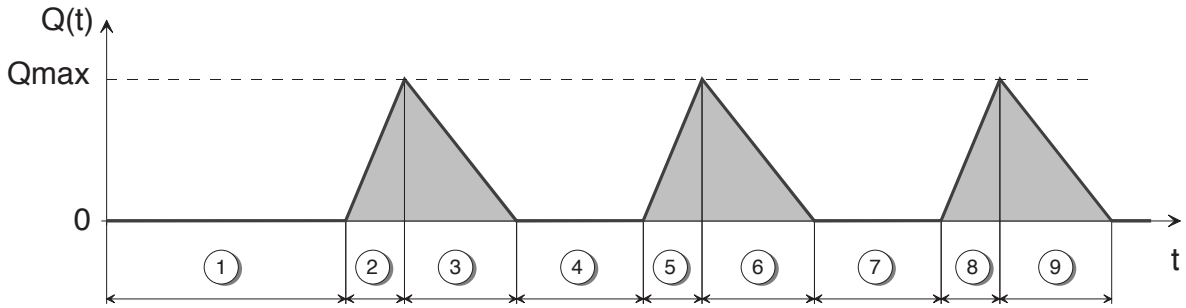


Figure 5 : *Evolution du stock en amont du poste 6*

Question 2-3 : *En considérant la durée des opérations t_{P2} et t_{P3} définies paragraphe 2-2, justifier que le niveau du stock n'évolue pas lors de la phase 1. Quel est alors le temps d'attente d'un bidon lors de l'étape 2 ?*

Question 2-4 : *Déterminer le niveau Q_{max} du stock amont atteint lors de la phase 2. La longueur de 4 mètres de la zone de stockage amont du poste 6 est-elle suffisante ?*

Question 2-5 : *Déterminer :*

a) *la durée t_3 de la phase 3 ;*

b) *le nombre de bidons chargés sur la palette lors de cette phase ;*

c) *la durée t_4 de la phase 4.*

Question 2-6 : *En déduire le temps nécessaire à la formation d'une palette correspondant à la durée des phases 3, 4 et 5. Conclure quant à la satisfaction du cahier des charges.*

3 VÉRIFICATION DU SYSTÈME DE FREINAGE DU ROBOT

3.1 Objectif

Suite à l'ouverture inopinée du portail d'accès au poste 6 ou à l'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence, le robot doit immédiatement s'immobiliser dans la position courante. On souhaite alors vérifier que les freins équipant le robot sont suffisants pour assurer sa configuration d'équilibre dans le cas d'une charge maximale de 50 daN (préhenseur + bidon de 40 litres) et qu'il ne faudra pas mettre des actionneurs en parallèle.

3.2 Données

On se place dans la situation particulière définie Figure 6 avec $\alpha_2 = -90°$ et $\alpha_3 = +90°$.

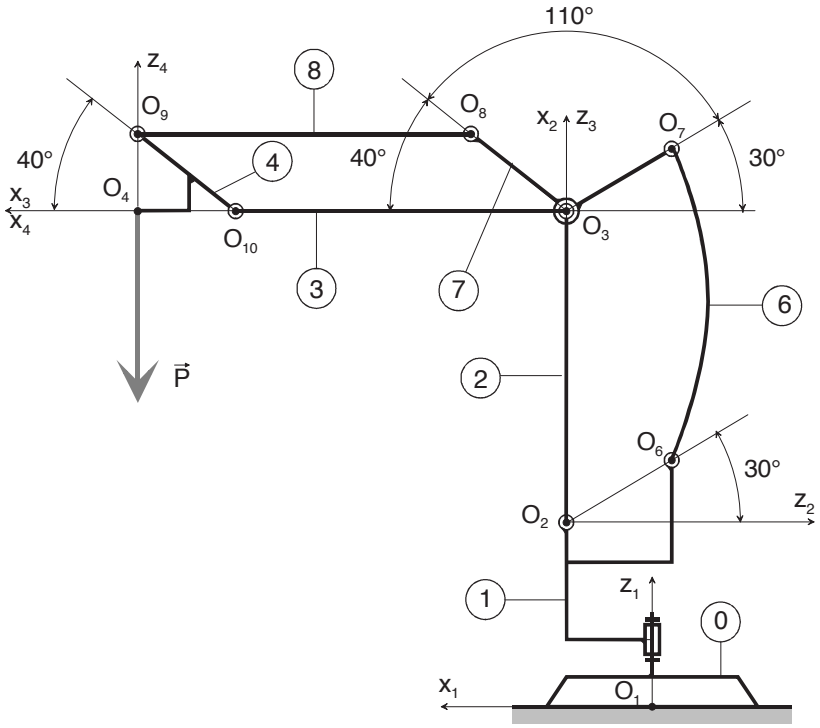


Figure 6 : *Configuration particulière du robot*

On donne :

- $O_2O_3 = O_6O_7 = 1250$ mm ;
- $O_3O_{10} = O_8O_9 = 1350$ mm ;
- $O_2O_6 = O_3O_7 = O_3O_8 = O_9O_{10} = 500$ mm ;
- $\vec{P} = -500.\vec{z_4}$;

On admettra pour simplifier que le point O_4 est situé sur l'axe $\vec{x_3}$ et que l'axe $\vec{z_4}$ passe par le point O_9. De même, les poids propres des pièces seront négligés par rapport aux autres actions.

Les liaisons pivot sont supposées parfaites (pas de frottement).

Les couples de freinage maxi Mf_2 et Mf_3 des freins associés aux moteurs M_2 et M_3 sont de 5 mN sur l'arbre moteur. On leur adjoint en série un réducteur de rapport 1/200.

Question 3-1 : *Par une méthode de votre choix :*

a) *Déterminer les actions de la barre **8** et du bras **3** sur le poignet **4**.*

b) *En isolant l'ensemble **3** et **4** et en considérant les informations fournies **Tableau 4, annexe 1, page 16**, déterminer l'expression du moment Mf_3 correspondant à l'action du frein sur la pièce **3** en O_3.*

Question 3-2 : *Le dispositif de freinage ne permet qu'un couple maxi de 5 mN sur l'axe moteur.*

a) *Quel est alors le couple de freinage disponible en sortie du réducteur ?*

b) *Le maintien du freinage est-il assuré ?*

Question 3-3 : *On veut alors vérifier que le dispositif de freinage du moteur M_2 convient.*

a) *En isolant la pièce **7**, déterminer l'action de la barre **6** sur la pièce **7**.*

b) *En considérant l'ensemble **2**, **3**, **4**, **7**, **8**, déterminer l'expression du moment Mf_2 correspondant à l'action du frein sur la pièce **2** en O_2. Calculer Mf_2.*

c) *Le dispositif de freinage étant identique à celui de l'axe 3, le maintien du freinage est-il assuré ?*

4 ANALYSE CINÉMATIQUE DU ROBOT

4.1 Objectif

On souhaite tout d'abord s'assurer que, pour tous les conditionnements de produit, le robot pourra mettre en position le bidon le plus éloigné situé dans les coins du bord extérieur de la palette.

On s'intéressera ensuite aux particularités des mouvements du robot (dont la vocation est la palettisation) résultant de l'utilisation d'un double parallélogramme.

4.2 Données

- L'espace de travail du robot est défini **Figure 15, annexe 1, page 18**.
- Les palettes sont disposées symétriquement par rapport à l'axe $\overrightarrow{O_0x_0}$ (voir **Figure 1, page 2**) et leur bord intérieur est situé à une distance de 1,6 mètre du point O_0.
- On suppose que l'axe vertical de symétrie d'un bidon est confondu avec l'axe $(O_4, \overrightarrow{z_4})$ et que la face supérieure d'un bidon est située dans le plan $(\overrightarrow{x_4}, \overrightarrow{z_4})$.
- Distance d'approche P_iP_j = 0,5×hauteur d'un bidon (voir grafcet **annexe 2, page 19**).
- Le plan supérieur de la palette est situé à une hauteur de 200 mm du sol.

Question 4-1 : *A partir des données précédentes, en déduire pour quel type de bidon le conditionnement est le plus critique.*

Question 4-2 : *Pour ce type de bidon :*

a) *Représenter sur la **figure 17** du document réponse DR1 la palette pleine (un tracé à main levée est suffisant).*

b) *Indiquer sur ce document les coordonnées x_4, y_4, z_4 du point O_4 dans le cas (ou les cas) le plus défavorable. Conclure.*

Question 4-3 : *Dans la position instantanée de la **Figure 6, page 7**, en supposant les différents moteurs alimentés et en désignant par ω_{ij} la vitesse angulaire du solide i par rapport au solide j, déterminer :*

a) $\vec{V}_{(O_4/7)}$ *: vitesse de O_4 par rapport à 7 ;*

b) $\vec{V}_{(O_4 \in 7/1)}$ *: vitesse de O_4 appartenant à 7 par rapport à 1 ;*

c) $\vec{V}_{(O_4 \in 1/0)}$ *: vitesse de O_4 appartenant à 1 par rapport au sol.*

Question 4-4 : *En déduire la nature du mouvement du poignet 4 par rapport à la pièce 1.*

Ceci correspond-il à la vocation de palettisation du robot ?

*Quel est l'intérêt d'une telle structure par rapport à celle d'un robot 6 axes (voir **Figure 7**) ?*

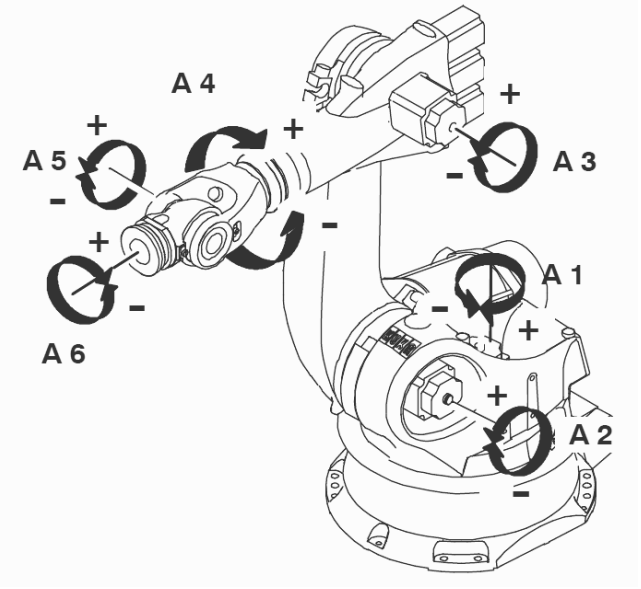


Figure 7 : *Robot 6 axes*

5 ANALYSE DES PERFORMANCES DYNAMIQUES DU ROBOT

5.1 Objectif

On souhaite vérifier que les actionneurs du robot et les réducteurs associés ont la capacité d'assurer les performances dynamiques lors du transfert d'un bidon du tapis à la palette.

5.2 Déplacement P2 à P1

5.2.1 Données

On considère que, lors de ce déplacement, seul le moteur M_3 est sollicité. Les caractéristiques de ce moteur sont définies **Tableau 4, annexe 1, page 16**. On admet d'autre part que :

- la charge supportée est de 50 daN (préhenseur + bidon de 40 litres) ;
- la charge dynamique maximale admissible sur le poignet est de 180 daN ;
- l'accélération angulaire est de $300°/s^2$;
- la longueur O_3O_{10} du bras **3** est égale à 1350 mm.

5.2.2 Vérification de la charge dynamique

Question 5-1 : *Vérifier que, dans la configuration de la **Figure 6, page 7**, la charge dynamique supportée par le poignet lors de ce déplacement est compatible avec la charge dynamique maximale admissible de 180 daN.*

5.3 Déplacement P1 à Pi

5.3.1 Données

On considère dans un premier temps que seul le moteur M_1 est alimenté. Les caractéristiques de ce moteur sont définies **Tableau 4, annexe 1, page 16**. On admet d'autre part que :

- la charge supportée est de 50 daN (préhenseur + bidon de 40 litres) ;
- l'accélération angulaire est de $300°/s^2$;
- la matrice d'inertie de l'ensemble mobile S_1 est, dans le repère $R_1\ (O_1, \vec{x_1}, \vec{y_1}, \vec{z_1})$:

$$\left[I_{O_1}(S_1)\right] = \begin{bmatrix} A & -F & 0 \\ -F & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix}$$

avec : $A = 100\ \text{kg.m}^2$, $B = 150\ \text{kg.m}^2$, $C = 200\ \text{kg.m}^2$, $F = 20\ \text{kg.m}^2$.

5.3.2 Vérification des caractéristiques du moteur M1

Question 5-2 : *Déterminer* :

a) *le moment dynamique en O_1 de l'ensemble mobile par rapport au sol ;*

b) *la valeur du «couple moteur» sur l'axe A1.*

Question 5-3 : *Vérifier que la puissance du moteur convient.*

5.3.3 Commande simultanée des axes A1 et A2

On considère maintenant les moteurs M_1 et M_2 alimentés. On s'interroge sur la possibilité de commande simultanée des axes en considérant la position instantanée particulière de la **Figure 6, page 7**.

La matrice d'inertie instantanée de l'ensemble mobile S_2 (S_2 = S_1 - le « bâti de rotation » **1)** dans le repère $R_2\ (O_2, \vec{x_2}, \vec{y_2}, \vec{z_2})$ est $\left[I_{O_2}(S_2)\right] = \begin{bmatrix} A_2 & -F_2 & 0 \\ -F_2 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}$.

Question 5-4 : *Calculer le moment dynamique galiléen de l'ensemble mobile S_2 en O_2.*

Question 5-5 : *Le mouvement du solide **1** par rapport à **0** affecte-t-il les caractéristiques du couple Cm_2 ?*

6 ASSERVISSEMENT EN POSITION DE L'AXE A1

6.1 Objectif

On s'intéresse à l'asservissement en position de l'axe A1. On souhaite s'assurer que la chaîne fonctionnelle d'asservissement permet de respecter les performances souhaitées en terme de précision, rapidité et stabilité tout en restant peu sensible aux variations de l'inertie du robot suivant la charge transportée.

6.2 Données

L'axe A_1 est mu par un servomoteur qui présente l'avantage de posséder une très faible inertie. Le comportement électromécanique de ce type de moteur est donné par les équations suivantes :

$$u(t) = Ri(t) + e(t) \qquad (1)$$

$$e(t) = k_e \omega_m(t) \qquad (2)$$

$$J_e \frac{d\omega_m(t)}{dt} = c_m(t) \qquad (3)$$

$$c_m(t) = k_t i(t) \qquad (4)$$

Avec $u(t)$ la tension appliquée aux bornes du moteur, $i(t)$ le courant d'induit, $e(t)$ la force contre électromotrice, $\omega_m(t)$ la vitesse de rotation du moteur, $c_m(t)$ le couple délivré par le moteur et J_e l'inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur.

Le réducteur retenu pour cette motorisation est un réducteur Harmonic-Drive. Les caractéristiques de l'ensemble moteur-réducteur sont les suivantes :

- k_e = 0,2 V/(rad/s) : constante de force électromotrice ;
- k_t = 0,2 Nm/A : constante de couple ;
- R = 2 Ω : résistance de l'induit ;
- $J_m = 4.10^{-3}$ kg.m^2 : inertie de l'ensemble axe moteur et réducteur sur l'arbre moteur ;
- N = 200 : rapport de transmission.

L'inertie J_1 du robot autour de l'axe $O_1\vec{z}_1$ dépend de la configuration du robot et de la masse transportée. Elle est telle que :

- J_1 mini = 50 kg.m^2 lorsque le déplacement a lieu à vide ;
- J_1 maxi = 200 kg.m^2 lorsque la masse transportée est de 50 daN.

L'inertie équivalente J_e ramenée sur l'arbre moteur est alors égale à :

- J_e mini $= 5,25.10^{-3}$ kg.m^2 lorsque $J_1 = J_1$ mini,
- J_e maxi $= 9.10^{-3}$ kg.m^2 lorsque $J_1 = J_1$ maxi.

La chaîne fonctionnelle de l'asservissement de l'axe A1 est représentée **Figure 8, page 12**.

La boucle interne réalise une correction de vitesse à partir de la tension $u_g(t)$ fournie par une génératrice tachymétrique de gain K_g montée en prise directe sur le moteur. G est le gain réglable de l'amplificateur de puissance.

La boucle externe réalise la correction de position à partir de la tension $u_r(t)$ fournie par le capteur de position de gain K_r monté en prise directe sur l'arbre de sortie du réducteur. La fonction de transfert du correcteur est notée $C(p)$.

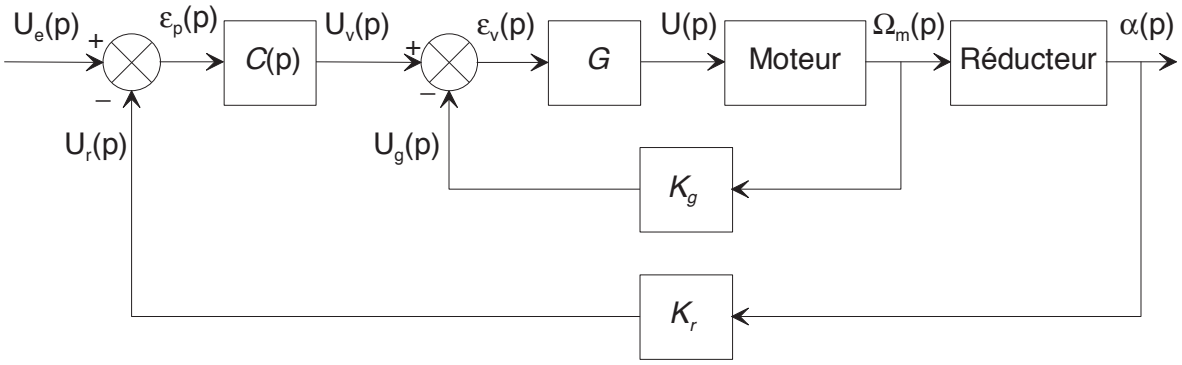


Figure 8 : *Asservissement en vitesse et position de l'axe A1*

Les performances souhaitées sont les suivantes :

- pas d'écart de position, écart de traînage lors d'un transfert à 105°/s inférieur à 1° ;
- marge de phase de 45°.

6.3 Fonction de transfert du moteur

Question 6-1 : *Donner l'expression littérale de l'inertie équivalente J_e ramenée sur l'arbre moteur en fonction de J_m et de J_1.*

Question 6-2 : *Déterminer les transformées de Laplace des équations 1 à 4 du moteur définies au paragraphe 6.2 page 11 en considérant nulles les conditions initiales.*

Question 6-3 : *Compléter le schéma bloc de la **figure 18** du document réponse DR2 par les transmittances manquantes.*

Question 6-4 : *En déduire la fonction de transfert $M(p)=\dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$ du moteur que l'on exprimera sous la forme canonique d'un système du premier ordre de gain K_m et de constante de temps τ_m. Donner les expressions littérales de K_m et τ_m et préciser leurs unités.*

Question 6-5 : *Calculer, suivant l'inertie J_e mini ou maxi du robot, les caractéristiques suivantes du moteur.*

a) *constante de temps τ_m (mini et maxi) ;*

b) *temps de réponse à 5 % (mini et maxi) ;*

c) *bande passante à -3 dB (mini et maxi) ;*

Conclure quant à l'influence de l'inertie du robot sur les performances du moteur.

6.4 Étude de la boucle de vitesse

La tension $u_g(t)$ en sortie de la génératrice tachymétrique varie de 0 à 12 V quand la vitesse de rotation du moteur varie de 0 à 3500 tr.min^{-1}.

Question 6-6 : *En déduire la valeur du gain K_g de la génératrice tachymétrique.*

Question 6-7 : *Déterminer, en fonction notamment de K_m et τ_m, la fonction de transfert* $H(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{U_v(p)}$ *que l'on exprimera sous la forme canonique d'un système du premier ordre de gain K'_m et de constante de temps τ'_m. Donner les expressions littérales de K'_m et τ'_m et préciser leurs unités.*

Question 6-8 : *Montrer que, si G est très grand, on peut admettre que* $H(p)\approx\dfrac{1}{K_g}$.

6.5 Étude de la boucle de position

La boucle de position est représentée **Figure 9** ci-dessous. On admet que :

- $H(p)=\dfrac{\Omega_m(p)}{U_v(p)}=\dfrac{30}{1+5.10^{-3}p}$;
- $K_r=4$ V/rd : gain du capteur de position ;
- K_a : gain de l'adaptateur du signal de consigne $\alpha_e(t)$;
- le signal de consigne $\alpha_e(t)$ est exprimé en degré ;
- le correcteur $C(p)$ est à action proportionnelle de gain réglable K_c.

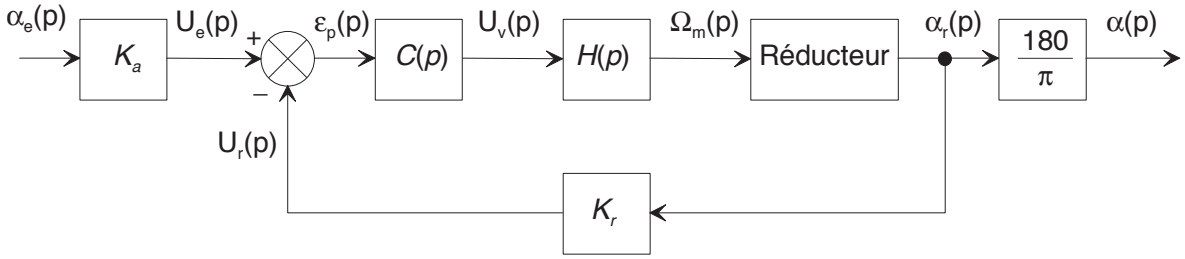


Figure 9 : *Boucle de position*

Question 6-9 : *Déterminer :*

a) *la fonction de transfert* $R(p)=\dfrac{\alpha_r(p)}{\Omega_m(p)}$ *du réducteur ;*

b) *le gain K_a de l'adaptateur.*

Question 6-10 : *Déterminer, en fonction notamment de K'_m et τ'_m, la fonction de transfert en boucle ouverte T(p) que l'on exprimera sous forme canonique. En déduire l'expression du gain de boucle, noté K_{BO}.*

Question 6-11 : *On souhaite une marge de phase de 45°.*

a) *Déterminer la valeur de K_{BO} permettant de satisfaire cette condition.*

b) *En déduire la valeur du gain K_c du correcteur.*

c) *Déterminer l'écart de position. Conclure vis-à-vis des exigences du cahier des charges.*

On souhaite un écart de traînage inférieur à 1° pour une consigne de vitesse de 105°/s.

Question 6-12 : *Déterminer l'expression de $\alpha_e(t)$ correspondant à une consigne de vitesse de 105°/s. En déduire $\alpha_e(p)$.*

Question 6-13 : *La valeur de K_{BO} définie question 6-11 permet-elle de satisfaire l'exigence de précision imposée par le cahier des charges ? Conclure.*

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DU ROBOT KUKA KR 180-2 PA

Domaines d'application

Le robot Kuka KR 180-2 PA est un robot industriel à quatre axes à cinématique articulée, pouvant être mis en œuvre pour toutes les tâches avec positionnement point par point et, de manière limitée, pour le contournage.

Ses principaux domaines d'application sont :

- la palettisation,
- la manipulation,
- la dépalettisation.



Figure 10 : *Robot Kuka KR 180-2 PA*

Ensemble mécanique du robot

Le robot (voir **Figure 11, page 17**) est formé d'une embase fixe **0** sur laquelle tourne autour d'un axe vertical le " bâti de rotation " ou fût **1** qui supporte l'épaule **2**, le bras **3** et le poignet **4**.

La charge utile et le poids mort des composants articulés sont compensés statiquement par un système d'équilibrage **9**. Ce système assiste l'épaule **2**.

La bride de fixation du poignet permet de monter le préhenseur **5** (voir **Figure 13, page 17**).

La **Figure 13** représente le schéma cinématique du robot Kuka. On associe à chaque solide k, $k = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$, un repère R_k $(O_k, \overrightarrow{x_k}, \overrightarrow{y_k}, \overrightarrow{z_k})$. L'embase **0** est fixée au sol. Le repère R_0 $(O_0, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$, lié à l'embase, constitue le repère absolu.

Les liaisons entre les différents solides sont toutes de type pivot :

- d'axe $(O_0, \overrightarrow{z_0}) = (O_1, \overrightarrow{z_1})$ et de paramètre angulaire α_1 entre l'embase **0** et le bâti de rotation **1** ;
- d'axe $(O_2, \overrightarrow{y_2})$ et de paramètre angulaire α_2 entre l'épaule **2** et le bâti de rotation **1 ;**
- d'axe $(O_3, \overrightarrow{y_3})$ et de paramètre angulaire α_3 entre le bras **3** et l'épaule **2** ;
- d'axe $(O_4, \overrightarrow{y_4}) = (O_5, \overrightarrow{y_5})$ et de paramètre angulaire α_4 entre le poignet **4** et le préhenseur **5** ;
- d'axes $(O_{10}, \overrightarrow{y_4})$ et $(O_9, \overrightarrow{y_4})$ entre le poignet **4** et respectivement le bras **3** et la barre **8** ;
- d'axes $(O_6, \overrightarrow{y_1})$ entre la barre **6** et le bâti rotatif **1** ;
- d'axes $(O_7, \overrightarrow{y_3})$, $(O_8, \overrightarrow{y_3})$ et $(O_3, \overrightarrow{y_3})$ entre la pièce **7** et respectivement les barres **6** et **8** et le bras **3**.

L'épaule **2** fait partie du parallélogramme $O_2O_3O_7O_6$ dont le coté O_2O_6 est solidaire de la pièce 1.

Le bras **3** fait partie du parallélogramme $O_3O_8O_9O_{10}$ dont le coté O_9O_{10} est solidaire du poignet 4.

La pièce repérée **7** est commune aux deux parallélogrammes.

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DU ROBOT KUKA KR 180-2 PA

Dimensions du robot et caractéristiques des axes

La **Figure 14, page 18** représente les axes motorisés du robot. L'entraînement est assuré par des servomoteurs brushless sans balais à faible inertie. La mesure de la position angulaire est assurée par un système de mesure absolu avec un résolveur sur chaque axe motorisé. Le frein, le réducteur et le résolveur sont intégrés dans les unités actionneurs.

La **Figure 15, page 18** définit les dimensions principales du robot ainsi que l'enveloppe de travail dont le volume est de 72,7 m^3.

Les tableaux ci-dessous indiquent les plages de mouvement de chaque axe par rapport à la position zéro et les caractéristiques des moteurs.

Tableau 3 : *Caractéristiques des axes*

Axe	Plage de mouvements	Vitesse de rotation maxi.	Accélération angulaire maxi.
A1	$-185° < \alpha_1 < +185°$	105°/s	300°/s^2
A2	$-129° < \alpha_2 < 0°$	105°/s	300°/s^2
A3	$-19° < \alpha_3 < 161°$	105°/s	300°/s^2
A4	$-350° < \alpha_4 < 350°$	300°/s	500°/s^2

Tableau 4 : *Caractéristiques des moteurs*

Moteur	Axe	Monté sur	Entraîne	Nmaxi ($tr.min^{-1}$)	Puissance (kW)	Réducteur	Frein (Nm)
M1	A1	**0**	**1**	3500	4,5	200	5
M2	A2	**1**	**2**	3500	3,5	200	5
M3	A3	**2**	**3**	3500	2,5	200	5
M4	A4	**4**	**5**	3500	1,5	100	5

Charge admissible

La charge dynamique maximale admissible sur le poignet est de 180 daN.

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DU ROBOT KUKA KR 180-2 PA

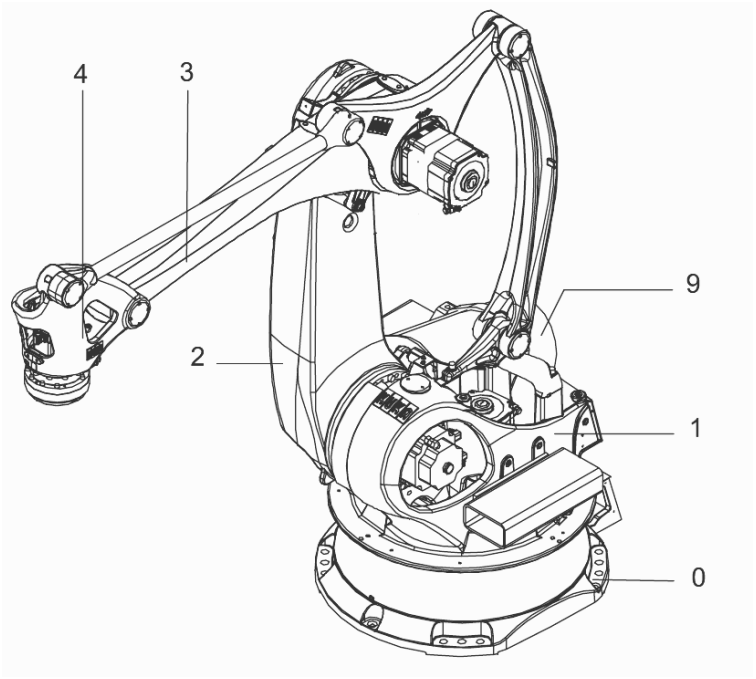


Figure 11 : *Sous-ensembles principaux du robot*

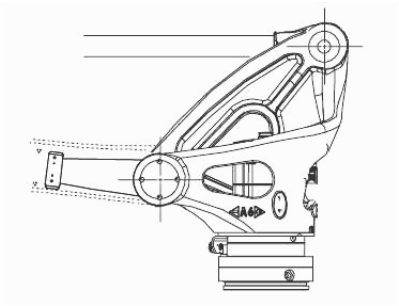
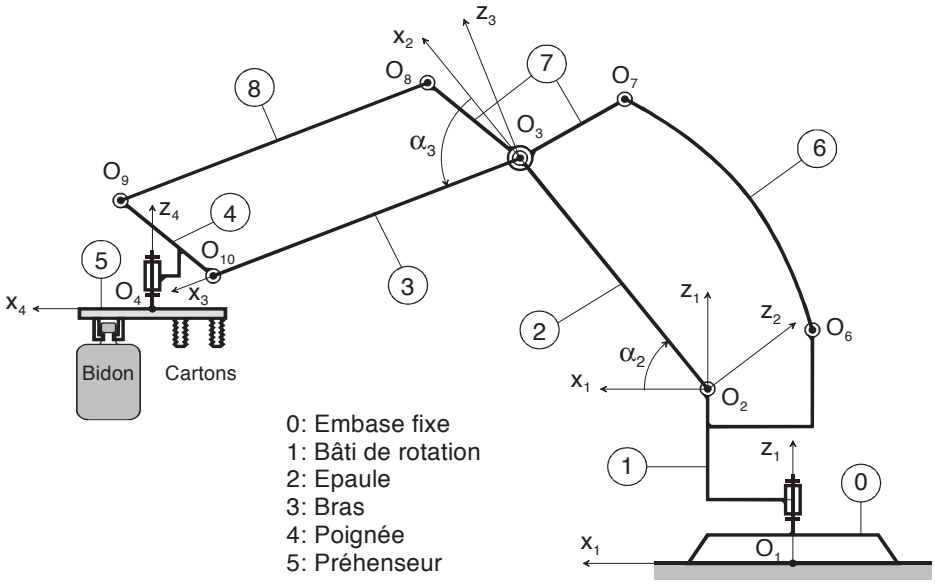


Figure 12 : *Bride de fixation*



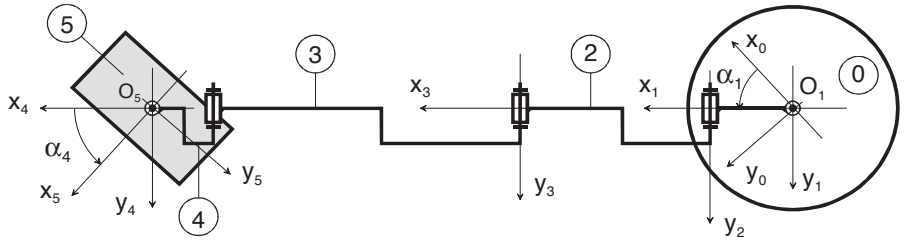


Figure 13 : *Schéma cinématique du robot Kuka*

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DU ROBOT KUKA KR 180-2 PA

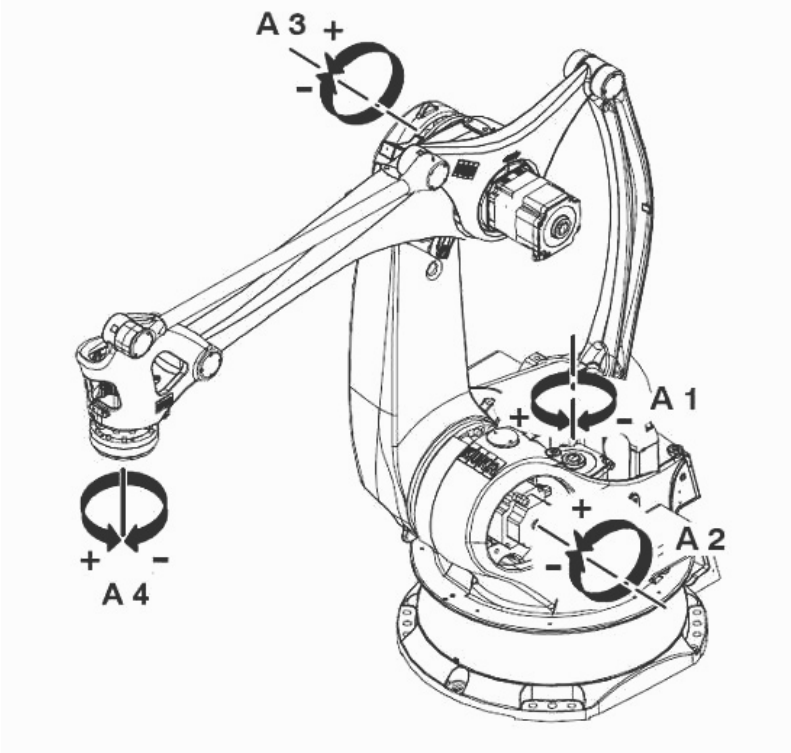


Figure 14 : *Axes et sens de rotation du robot*

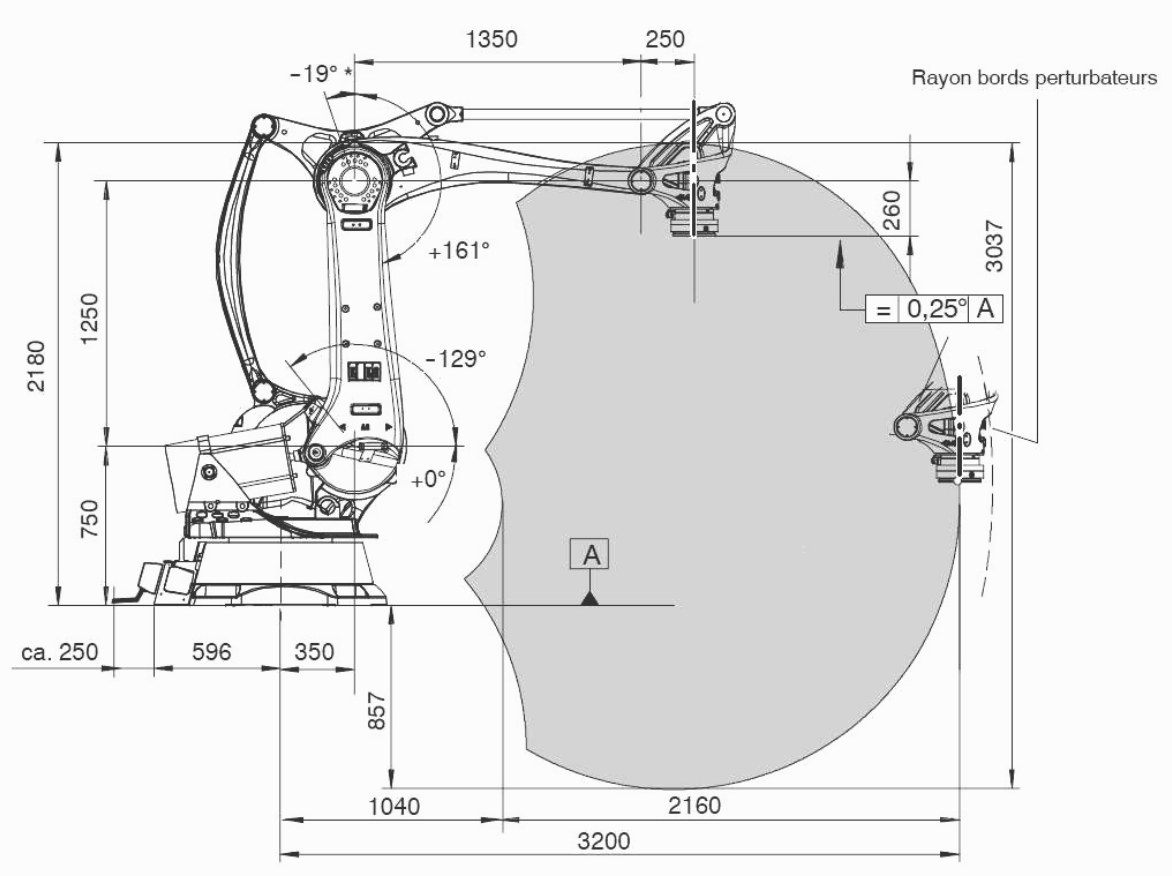


Figure 15 : *Dimensions du robot Kuka KR 180-2 PA*

ANNEXE 2 : GRAFCET DE FONCTIONNEMENT NORMAL DU POSTE 6

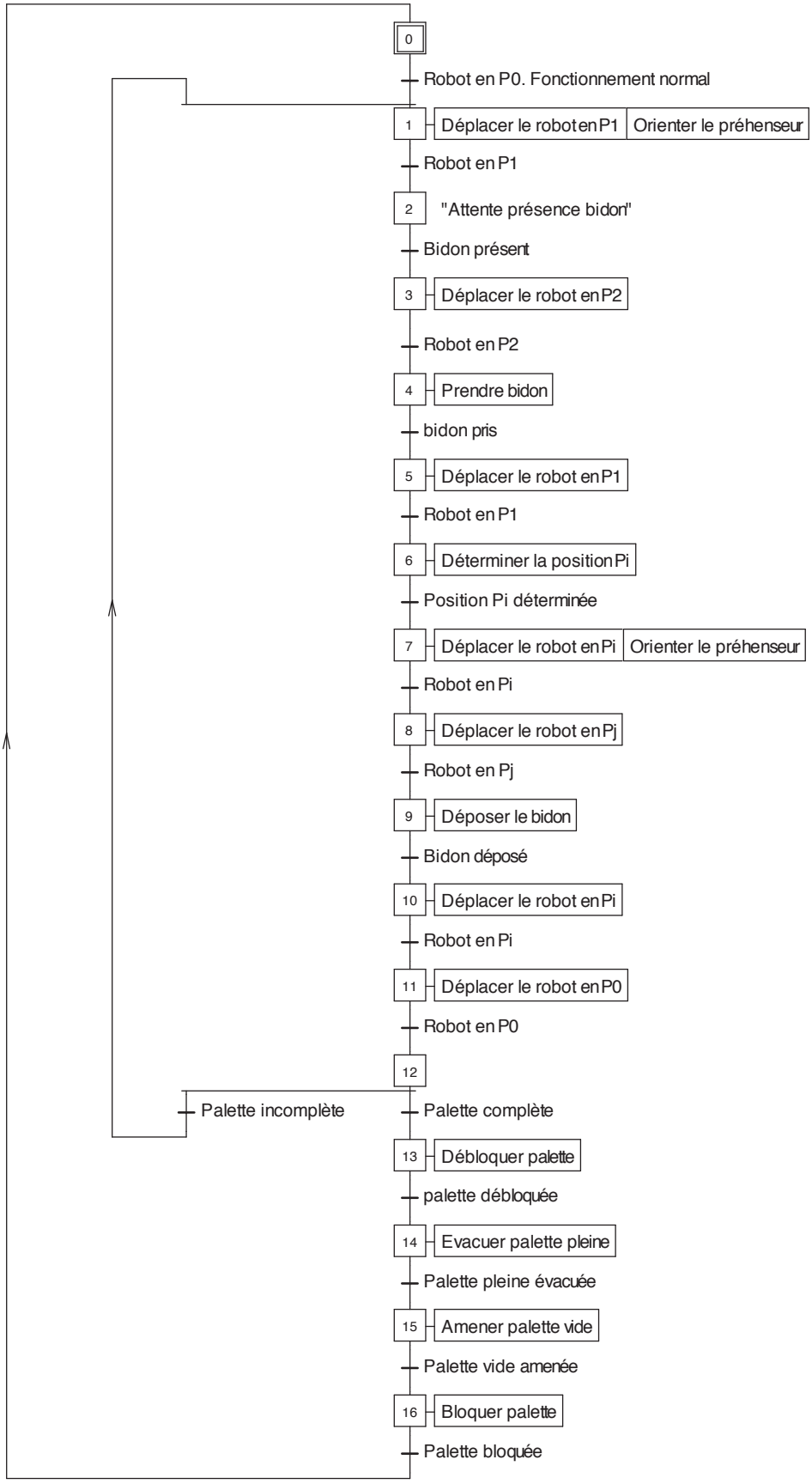
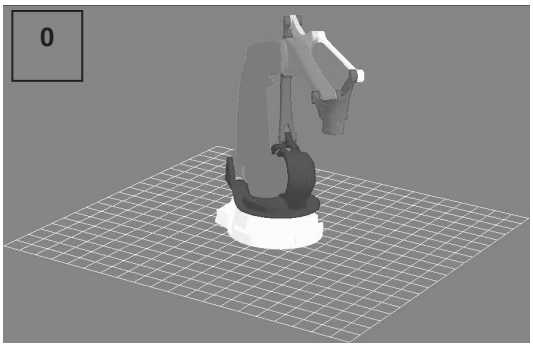
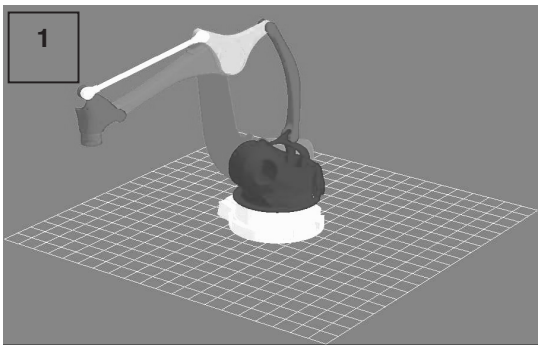


Figure 16 : *Grafcet du poste 6*

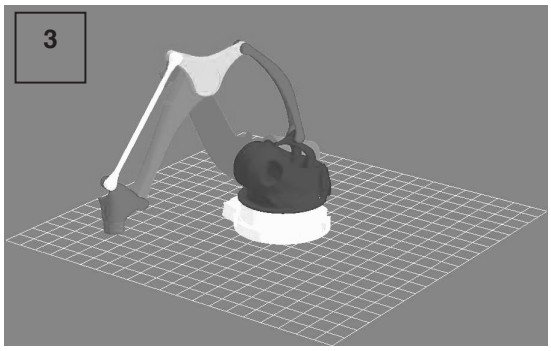
ANNEXE 3 : Positions atteintes par le robot lors de la dépose d'un bidon



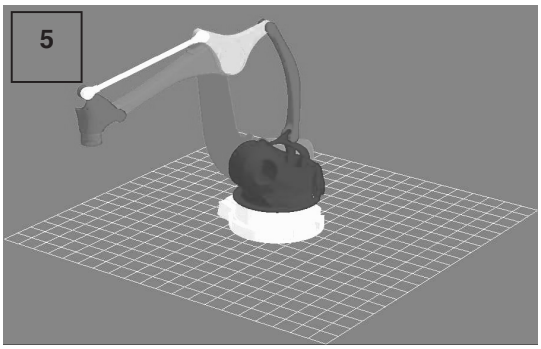
P0 : Robot en position de référence



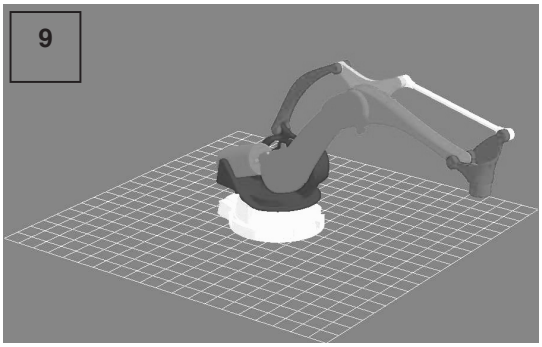
P1 : Robot au-dessus du bidon



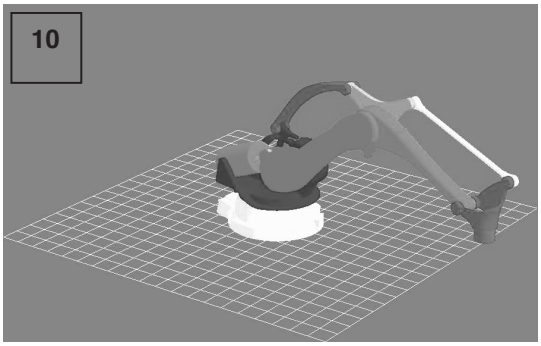
P2 : Prise bidon



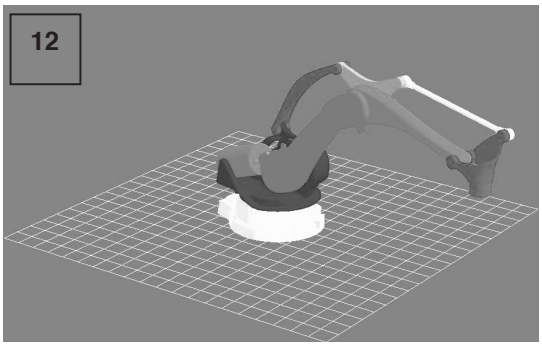
P1 : Retour en P1



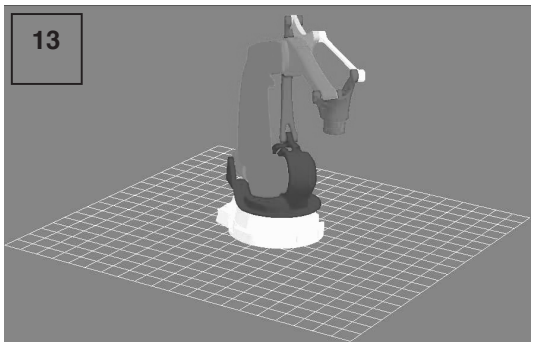
Pi : Robot au-dessus du point de dépose



Pj : Dépose du bidon



Pi : Retour en Pi



P0 : Retour en P0

Fin de l'énoncé

DANS CE CADRE

Modèle EN.m

Académie : Session :

Examen ou Concours : Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Epreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

Né(e) le :

N° du candidat :

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ECRIRE

Examen ou concours : **Concours Communs Polytechniques** Série* :

Spécialité/option : **FILIERE MP**

Repère de l'épreuve : **Sciences Industrielles**

Epreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

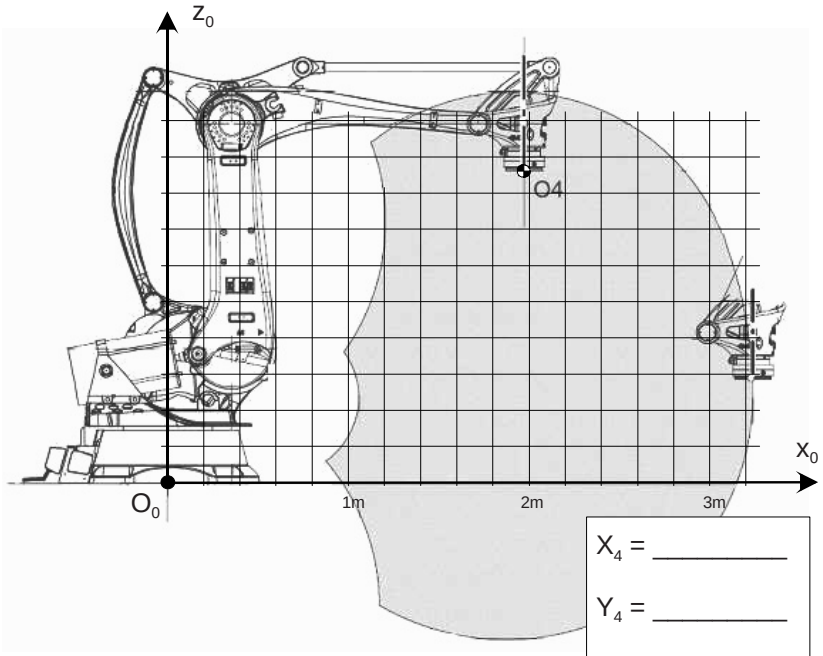
Si votre composition comporte plusieurs feuilles, numérotez-les et placez les intercalaires dans le bon sens

Note : /20

Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

* Uniquement s'il s'agit d'un examen

DR1 : Document réponse **A rendre avec la copie**



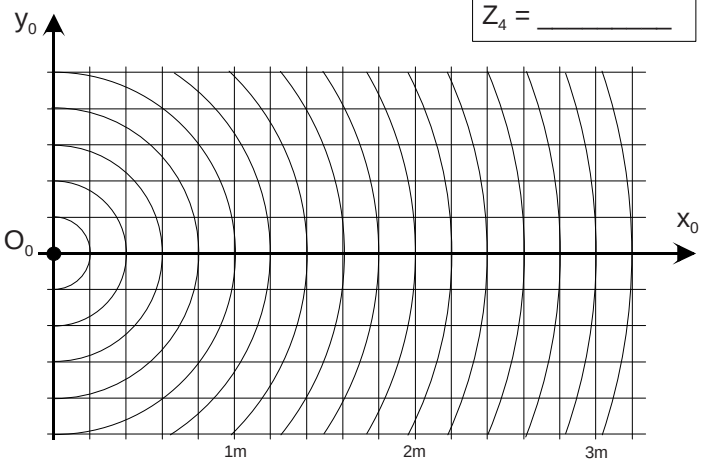


Figure 17 : *Étude de l'accessibilité du robot*

Conclusion _____

_____

_____

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

DR2 : Document réponse

Question 2-1 : *Déterminer, pour les cas 2 et 3 définis dans le* ***tableau 2, page 5****, la durée* d_i *des différentes phases du profil de vitesse. En déduire le temps total* T_t *nécessaire à ces déplacements.*

Tableau 5 : *Résultats*

Cas	Axe	Amplitude maximale	$d_1 = t_1$	$d_2 = t_2 - t_1$	$d_3 = d_1$	T_t
1	A1	45°	0,35	0,08	0,35	0,78
2	A1	90°				
3	A3	15°				

Question 6-3 : *Compléter le schéma bloc de la* ***figure 18*** *par les transmittances manquantes.*

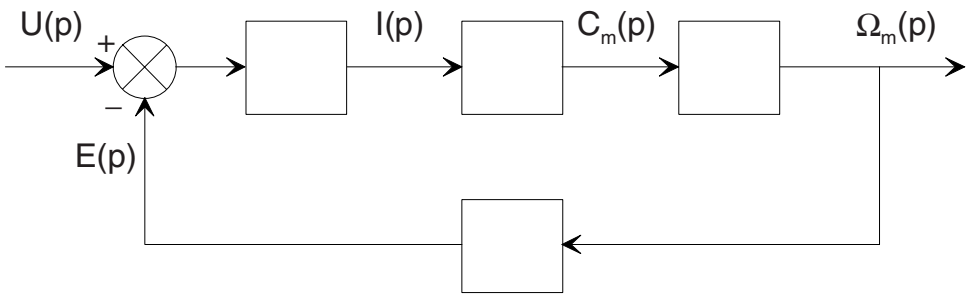


Figure 18 : *Schéma bloc du moteur*

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de MP chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/mp