

**ÉPREUVE E4**

Conception préliminaire d'un système automatique

**Sujet 0**

**Durée : 4 h 30 - Coefficient : 3**

**SYSTEME AUTOMATIQUE DE POSE DE JOINTS**

**TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS**

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Documents remis au candidat :**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Le sujet se compose de 24 pages, numérotées de 1/24 à 24/24.

- **PRÉSENTATION GENERALE** (feuilles blanches) pages 1 à 3
- **TRAVAIL DEMANDE** (feuilles jaunes) pages 4 à 12
- **DOCUMENTS RESSOURCES** (feuilles vertes) pages 13 à 20
- **DOCUMENTS RÉPONSE S** (feuilles bleues) pages 21 à 24

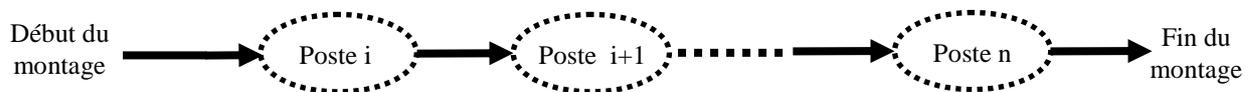
<b>BTS : CONCEPTION et RÉALISATION de SYSTÈMES AUTOMATIQUES</b>		<b>Sujet 0</b>
<b>Épreuve E4</b>	<b>Code :</b>	<b>Page 0</b>

# SYSTEME AUTOMATIQUE DE POSE DE JOINTS

## Présentation d'une ligne d'assemblage

L'étude porte sur l'un des postes d'une ligne d'assemblage de boîte de vitesses automatique dont l'architecture générale est décrite Figure 1. Les transferts de poste à poste se font simultanément à l'aide de convoyeurs.

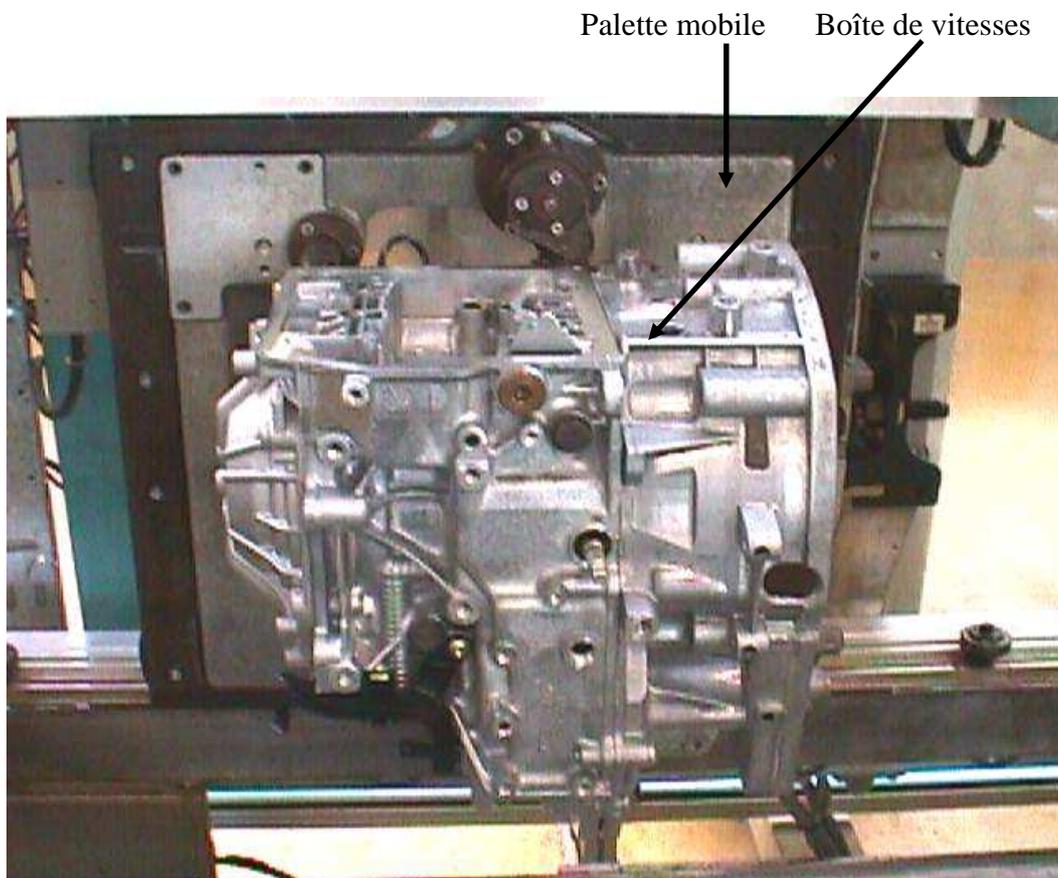
Lors d'un changement de production, afin de faciliter la mise en référence des boîtes de vitesses sur chaque poste et de minimiser les temps de réglage, les boîtes de vitesses sont positionnées et maintenues en référence sur des supports mobiles appelés palettes (Figure 2).



**Figure 1** : Architecture générale de la ligne d'assemblage.

À chaque poste, un dispositif automatique arrête la palette et assure la mise en référence de celle-ci par rapport au référentiel du poste.

Dès lors, les opérations manuelles (et) ou automatiques peuvent se dérouler sur ce poste dans le respect du temps imparti.



**Figure 2** : Boîte de vitesses sur sa palette.

## I. Présentation du poste « Pose de joints »

Deux orifices permettant la circulation de l'huile lors du fonctionnement de la boîte de vitesses, sont percés en face supérieure de la boîte de vitesse. Afin d'assurer l'étanchéité des raccordements, 2 joints plats seront emmanchés dans des logements usinés à cet effet (zone cerclée Figure 3 et détails Figure 4).

À l'heure actuelle, cette opération est réalisée manuellement par un opérateur sur l'un des postes de la ligne d'assemblage appelé poste « Pose de joints ».

L'opérateur saisit 2 joints d'un lot en vrac placé dans un bac, les oriente et les emmanche légèrement en force dans les logements usinés.

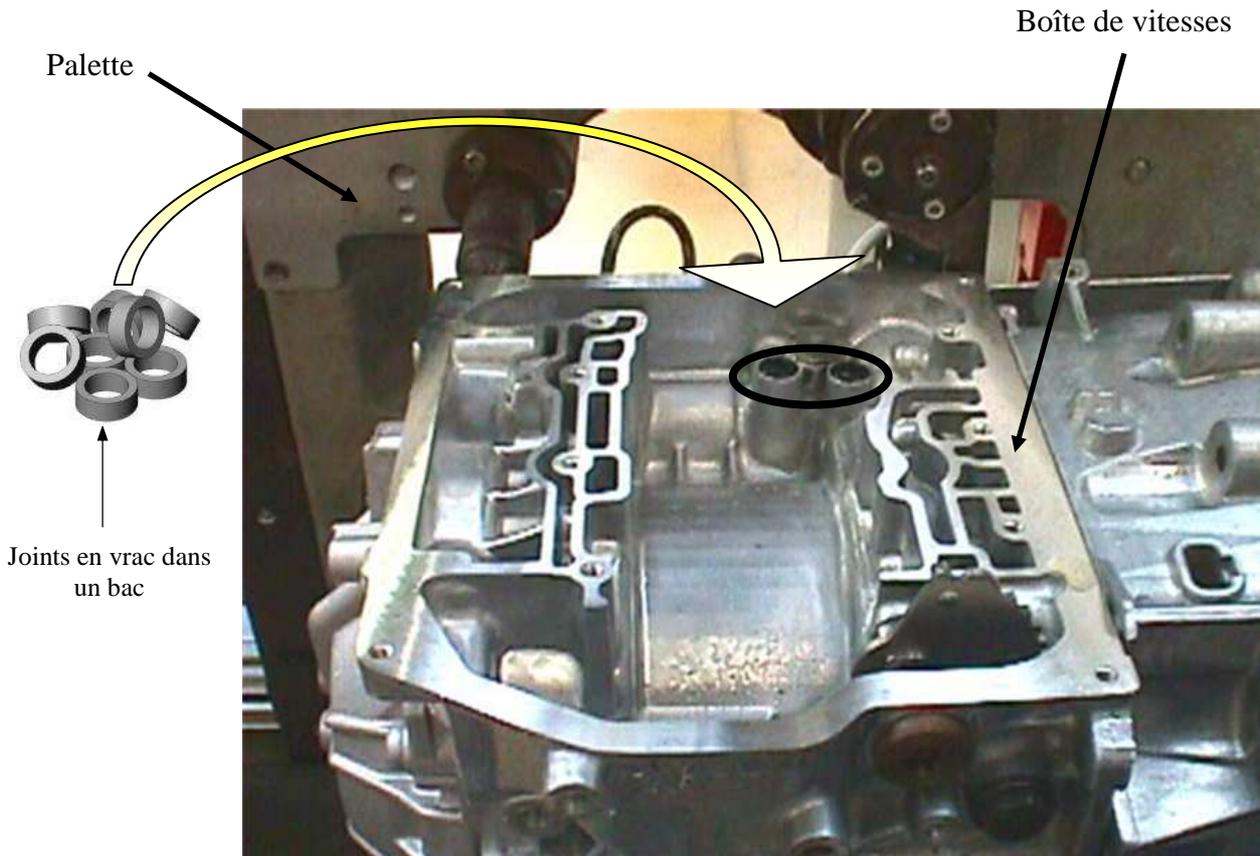


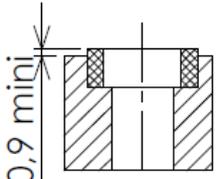
Figure 3 : Emmanchement des 2 joints

## II. Éléments caractéristiques du poste de montage des joints

### 1. Définition du joint



Matière : polyuréthane



0,9 mini

Joint monté dans son logement

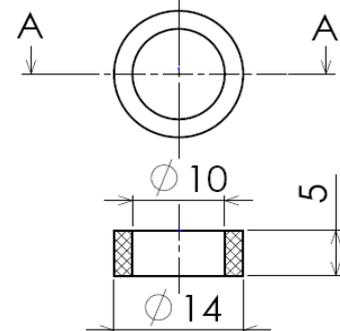


Figure 4 : Détails d'un joint et de son montage.

## 2. Cotation des usinages

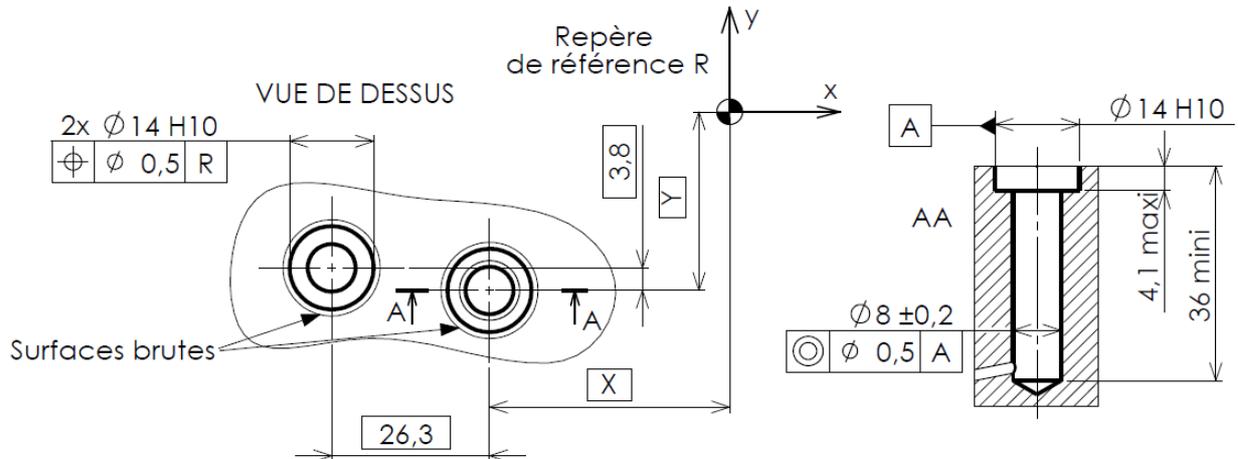


Figure 5 : Représentation partielle du positionnement des logements de joint.

## 3. Extrait du cahier des charges fonctionnel

Seules les fonctions **FP1** et **FP2** sont présentées dans le tableau ci-après :

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité
<b>FP1</b> <i>Placer 2 joints cylindriques dans les logements de la boîte de vitesses</i>	1-Respect de la qualité	moins de 1% de la production journalière	F0
	- Défaut de positionnement des joints lors de l'insertion	aucune	F0
	- détérioration des joints		
	2-Durée d'arrêt de la palette au poste	21 s	F0
	3-Durée du transfert entre postes	6 s	F0
<b>FP2</b> <i>Assurer l'approvisionnement en joints du poste</i>	1-Type de joint adapté à la boîte de vitesse	1 référence en fonction de la gamme de production	F0
	2-Autonomie du poste en joints	8 heures mini	F0

## Objet de l'étude

L'étude s'inscrit dans la phase de conception préliminaire du système automatique de pose de joints sur une boîte de vitesse. A partir du besoin exprimé et des données fournies, il s'agit :

- de contribuer au choix d'une architecture fonctionnelle, de procédés, d'un processus et d'une architecture matérielle,
- de valider ces choix d'un point de vue : technique, temporel et économique.

Les résultats de cette activité de conception préliminaire seront exploités ultérieurement lors de la phase de conception détaillée destinée à définir complètement les constituants mécaniques, la commande et le fonctionnement détaillé du système.

# 1<sup>ère</sup> Partie

## III. Caractérisation des procédés et du processus

Pour améliorer la productivité, il est envisagé de supprimer le poste « Pose de joints » et de transférer ses opérations au poste suivant qui assure le montage automatique d'éléments mécaniques sur la face inférieure de la boîte de vitesses. Sur ce poste, un temps libre de production de 6 s est disponible pour automatiser les opérations de pose des deux joints. Dans un premier temps, il faut définir la faisabilité de la mise en place des deux joints dans les logements usinés. Pour cela il est nécessaire d'évaluer et de déterminer les procédés et processus capables de répondre aux exigences de durée d'opérations et de qualité demandées en optimisant tant l'investissement que les conditions de fonctionnement.

Le schéma document ressource page 13/24 décrit les contraintes et les limites de l'étude.

L'étude du poste manuel actuel a permis de retenir les procédés suivants pour cette phase de conception préliminaire :

- procédé 1 : « Positionnement d'une palette ».
- procédé 2 : « Stockage des joints ».
- procédé 3 : « Prise d'un ou deux joints dans le stock ».
- procédé 4 : « Insertion d'un ou deux joints ».

La validation du choix d'un procédé s'effectue en fonction des contraintes techniques, budgétaires et de sécurité retenues.

Pour le procédé 1, « Positionnement d'une boîte de vitesses », la solution existe déjà sur ce poste. Elle met en œuvre deux procédés élémentaires : le 1<sup>er</sup> permet l'arrêt de la palette face au poste, le 2<sup>ème</sup> assure la mise en référence de la palette par rapport au référentiel du poste.

Pour le procédé 2 : « Stockage des joints », le concepteur a choisi le procédé « bol vibrant » d'une autonomie de 8 h de production associé en sortie à un rail vibrant qui permettra la préhension un à un des joints. Ce procédé est déjà existant sur d'autres postes.

Pour le procédé 3 : « Prise d'un ou deux joints dans le stock » et le procédé 4 : « Insertion d'un ou deux joints », la solution envisagée est un préhenseur qui sera conçu ou adapté pour répondre au besoin.

Ces deux derniers procédés font l'objet de l'étude suivante.

### 1. Choix de procédé

Pour le procédé 3 : « Prise d'un ou deux joints dans le stock », on se propose de choisir un procédé possible parmi les procédés élémentaires listés dans le tableau ci-dessous.

Procédés élémentaires de saisie	Matériels associés
Aspiration	Ventouse plate, ventouse à soufflet, ventouse de forme spécifique, pompe à vide, venturi, vacuostat, etc.
Pincement	Pince 2 mors (parallèle, angulaire), pince 3 mors concentriques, etc.
Coincement, déformation	Mandrin conique, doigt, etc.
Aimantation	Ventouse magnétique, électro-aimant, etc.

#### **Question 1** (Répondre sur feuille de copie)

*Choisir un procédé de prise des joints parmi les 4 proposés, justifier et argumenter le choix par rapport aux caractéristiques du joint (matériau, forme, propriétés du matériau, etc.).*

**Question 2 (Répondre sur feuille de copie)**

Réaliser un croquis proportionné à main levée décrivant le principe du procédé retenu, y porter des commentaires nécessaires liés aux contraintes et aux conditions de mise en œuvre.

**2. Choix d'un processus**

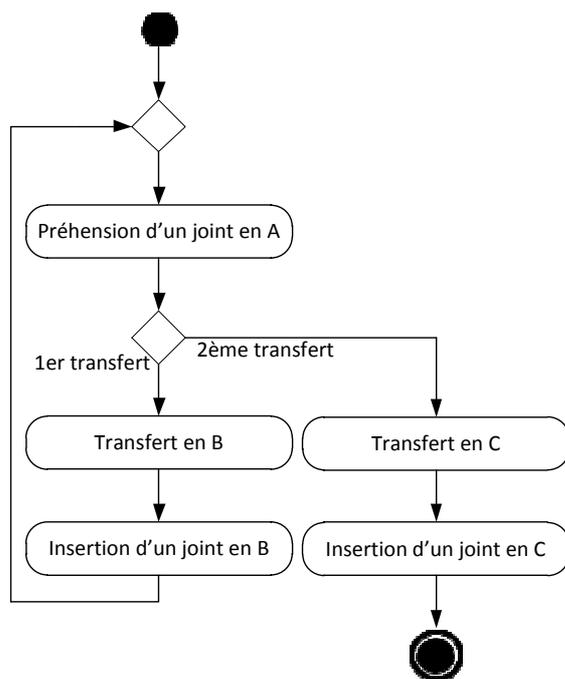
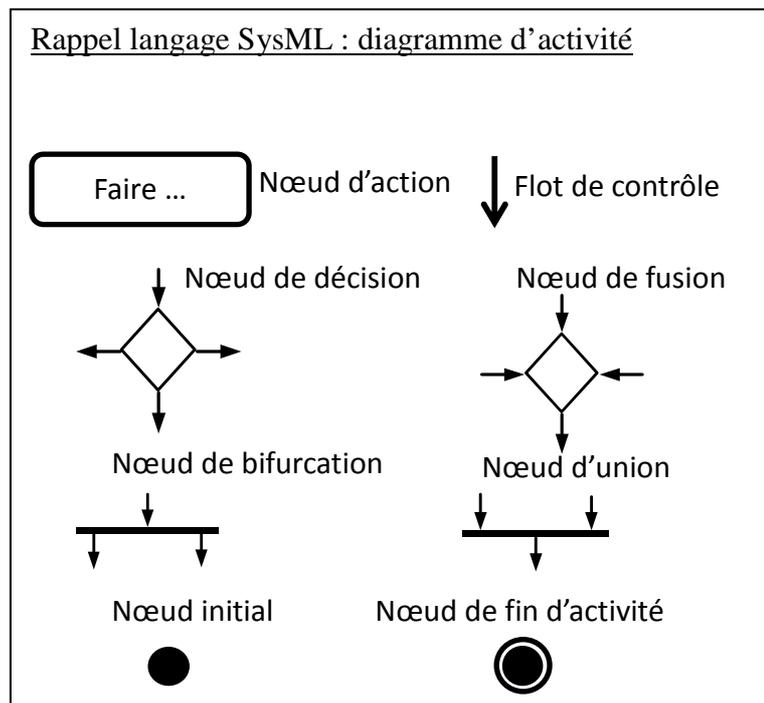
L'observation des opérations manuelles de l'opérateur pour insérer les 2 joints sur le poste supprimé a permis de retenir différents procédés élémentaires proposés dans le tableau suivant.

Préhension d'un joint en A
Prévisions successives de 2 joints en A (pris un à un)
Transfert en B
Transfert en C
Transferts simultanés en B et C
Insertion d'un joint en B
Insertion d'un joint en C
Insertions simultanées d'un joint en B et d'un joint en C

À partir de cette liste de procédés, il est possible d'imaginer différents processus permettant de réaliser la pose des 2 joints.

Une solution possible est le processus suivant nommé « processus 1 », décrit en utilisant la symbolique des diagrammes d'activités du langage SysML :

Processus 1



**Question 3 (Répondre sur feuille de copie)**

Proposer deux autres processus possibles en utilisant la symbolique proposée.

### 3. Approche temporelle du processus 1

Afin de vérifier la faisabilité du point de vue temporel, il est nécessaire de définir assez précisément les durées des différentes opérations décrites par le processus.

Le processus retenu est celui fourni à la question précédente : processus 1.

Sur le document réponse page 21/24, le schéma représente le synoptique ébauché des mouvements nécessaires pour réaliser le processus. Ces mouvements sont répertoriés et caractérisés dans le tableau.

La vitesse moyenne retenue pour les déplacements sur les différents axes est de 0,3 m/s.

La durée de la saisie ou de la libération du joint par le préhenseur est estimée à 0,5 s.

La position référence du préhenseur est le point O tel que :  $\overrightarrow{O_oO} \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1200 \end{array}$  (en mm)

Les positions des points A, B et C sont définies telles que :

$\overrightarrow{O_oA} \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1100 \end{array}$  ;  $\overrightarrow{AB} \begin{array}{l} 0 \\ 300 \\ 0 \end{array}$  ;  $\overrightarrow{BC} \begin{array}{l} -26,3 \\ 3,8 \\ 0 \end{array}$  .(en mm)

**Question 4** (Répondre sur le document réponse page 21/24)

Compléter le synoptique et les 2 premières colonnes du tableau afin de répondre au processus 1 proposé.

**Question 5** (Répondre sur le document réponse page 21/24)

Pour le processus 1, calculer les durées des mouvements nécessaires et compléter la dernière colonne du tableau.

Pour calculer la durée du cycle de production, une partition en tâches opératives est définie dans le tableau et un graficet de coordination de ces tâches noté GCT1 sont fourni sur le document réponse page 22/24.

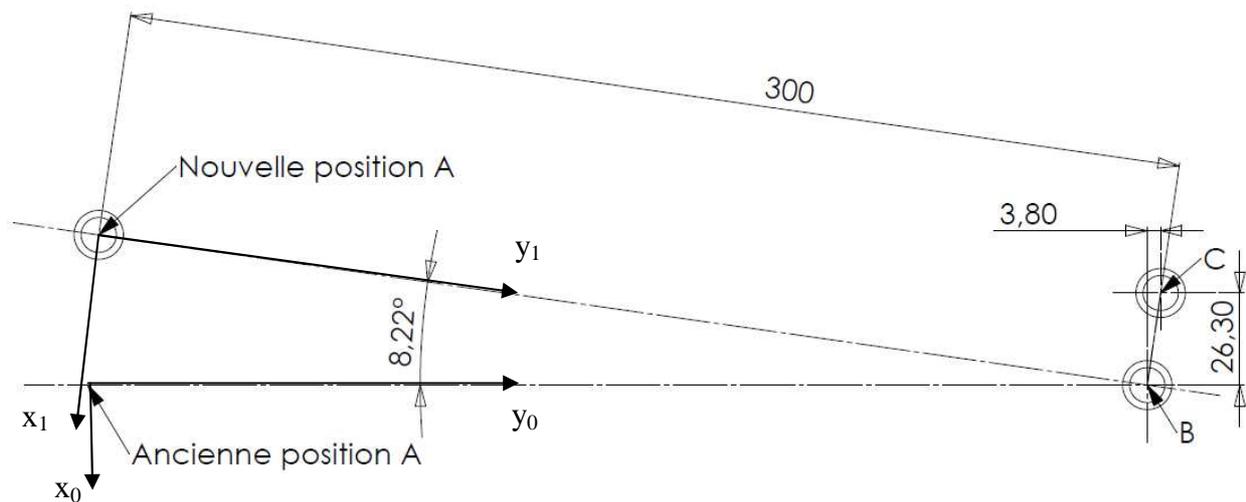
**Question 6** (Répondre sur feuille de copie)

Vérifier par le calcul la validité du processus 1 et conclure sur la faisabilité de cette solution.

### 4. Amélioration de la solution

Pour diminuer le temps du cycle, un dispositif comportant 2 préhenseurs distincts est envisagé. L'entraxe entre ces 2 préhenseurs est égal à la distance BC permettant ainsi une dépose simultanée d'un joint en B et d'un autre en C. Il est nécessaire de vérifier la faisabilité de cette proposition qui sera nommé « Processus 2 ».

Pour simplifier le système, le point A est positionné de telle manière que AB soit perpendiculaire à BC. Dans cette nouvelle situation représentée sur le schéma ci-après, le repère  $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  est tel que l'angle  $(A\vec{y}_0, A\vec{y}_1) = 8,22^\circ$ , la distance AB est inchangée.



**Question 7** (Répondre sur feuille de copie)

En reprenant la structure du document réponse page 21/24 :

- proposer le processus 2 correspondant à cette nouvelle situation.
- proposer un tableau des mouvements et calculer les durées de ces mouvements.

**Question 8** (Répondre sur le document réponse page 22/24)

En s'inspirant de la partition en tâches retenue pour le processus 1 (page 22/24) :

- compléter le tableau de partition en tâches du processus 2.
- tracer le grafcet de coordination des tâches GCT2.

**Question 9** (Répondre sur feuille de copie)

Calculer le temps de cycle obtenu avec le processus 2 et conclure sur la faisabilité de cette solution.

## 2<sup>ème</sup> Partie

### IV. Architecture matérielle du système automatique

On souhaite poursuivre la stratégie de modification de la chaîne d'assemblage en vue de la réduction du nombre de postes. Il s'agit ainsi de consommer le moins de temps possible afin de pouvoir ajouter d'autres opérations. Sur les 6 secondes disponibles pour effectuer l'opération, on souhaite n'utiliser que 3 secondes.

Les données nécessaires pour traiter cette partie sont portées dans les documents ressources pages 14 à 20/24.

#### 1. Évaluation du coût du cycle de vie (point de vue fournisseur)

Aujourd'hui, les utilisateurs de produits, systèmes et solutions d'automatismes attendent des fournisseurs de véritables engagements sur l'ensemble du cycle de vie de leurs installations.

Pour répondre à ces exigences et présenter des offres de services adaptées aux budgets de leurs clients, les fournisseurs proposent d'identifier le niveau d'engagement de chaque service par un pictogramme, correspondant au référentiel des Classes de Services.

En affichant la classe dans laquelle chaque service s'inscrit, ils présentent une plus grande lisibilité au client.

Pour notre étude la classe 4 de services est retenue.



#### Services associés aux systèmes

*Services de conception, de configuration, de mise en oeuvre, de réception ou de maintenance d'un système automatisé*

Le fournisseur est responsable de l'atteinte des critères d'acceptation suivant les exigences du cahier des charges de l'utilisateur.

#### Exemples

- Gestion de projet : des spécifications fonctionnelles à la réception
- Contrat de maintenance d'un système

Pour l'équipe « conception » chargée du projet et le client, la priorité est de minimiser les coûts globaux de fonctionnement. En conception, l'analyse du coût du cycle de vie consiste à chiffrer de manière prévisionnelle les coûts liés aux diverses phases du cycle de vie du système automatique.

Cette analyse apporte une vision globale et permet une prise de décision justifiée.

Pour cette étude on retient 3 solutions alternatives pour la fonction « Transférer joints » :

- Robot ;
- Modules compacts motorisés ;
- Manipulateur pneumatique.

On considère que les autres fonctions sont réalisées à coût constant.

L'évaluation du coût du cycle de vie consiste à analyser puis à chiffrer de façon prévisionnelle l'ensemble des coûts d'une installation pendant toutes les phases de son cycle de vie, depuis les études préalables jusqu'à son retrait de service. Cette évaluation inclut les coûts de la machine ainsi que les coûts de propriété et de démantèlement.

Le coût du cycle de vie d'un système automatique se compose de :

- son coût d'acquisition ;
- son coût de propriété (utilisation et maintenance) ;
- son coût de démantèlement (ou de retrait de service).

Le retrait de service peut engendrer des coûts négatifs (réutilisation ou revente de certains éléments).

Pour évaluer le coût du cycle de vie, les coûts d'acquisition, de propriété et de démantèlement doivent être analysés et généralement décomposés plus finement. La relation retenue est la suivante :

$$CCV = Cic + Cin + Ce + Co + Cm + Cs + Cenv + Cd \quad \text{avec :}$$

- CCV = coût du cycle de vie
- Cic = coût d'acquisition pour le client final (investissement initial)
- Cin = frais d'installation et de mise en route
- Ce = coût énergétique
- Co = frais d'exploitation (main d'œuvre)
- Cm = coûts de maintenance et réparation
- Cs = coûts d'arrêt de production
- Cenv = coûts liés à l'environnement
- Cd = coûts de mise hors service et de dépose

La consommation annuelle d'électricité de la solution « robot » est évaluée à 50000 kWh/an, celle de la solution « modules compacts motorisés » à 25000 kWh/an.

Le coût énergétique est de 0,1 €/kWh.

Le fonctionnement est prévu pour une durée de 15 ans.

Le tableau suivant regroupe les informations nécessaires à l'étude.

	Robot	Modules compacts motorisés	Manipulateur pneumatique
Cic	25000	20000	15000
Cin	2000	1500	1500
Ce			40000
Co	5000	5000	5000
Cm	5000	7000	18000
Cs	10000	15000	20000
Cenv	500	500	500
Cd	500	3000	4000
CCV			104000

Coût en € d'acquisition pour le client  
Coût en € d'installation, mise en route

**Question 10** (Répondre sur le document réponse page 23/24)

- Calculer le coût énergétique Ce pour les solutions « robot » et « modules compacts motorisés » pour une durée de 15 ans.
- Calculer les coûts de cycle de vie CCV de ces 2 solutions.
- Compléter le tableau des coûts.
- Quelle est la solution à retenir en terme de coût ?

En analysant les coûts de la solution « modules compacts motorisés » et de la solution « manipulateur pneumatique », on remarque que le coût d'acquisition est moindre pour la deuxième solution. En supposant que les coûts sont répartis linéairement sur les 15 ans, on trace le graphe des coûts de la solution « manipulateur pneumatique ». Ce graphe donne une droite de la forme  $y=ax+b$  tel que  $b=Cic$  et  $y(15)=CCV$ .

**Question 11** (Répondre sur le document réponse page 23/24)

- Tracer le graphe des coûts de la solution « modules compacts motorisés ».
- En déduire en combien de temps le surcoût d'acquisition de la solution « modules compacts motorisés » est amorti par rapport à la solution « manipulateur pneumatique ».

## 2. Évolution de l'architecture matérielle

Le procédé de prise et dépose envisagé dans un premier temps est réalisé par un système à 3 axes.

Le déplacement suivant  $\vec{x}$  s'effectue à vitesse constante et sur une courte distance (inférieure à 100 mm). L'axe X peut être implanté à l'extrémité de l'axe Z, ou entre le bâti et l'axe Y, comme sur l'exemple ci-contre. Dans ce dernier cas, on constate des proportions importantes de l'axe fixé au bâti.



**Question 12** (Répondre sur feuille de copie)

- Quel(s) paramètre(s), faut-il prendre en compte pour effectuer un choix de l'axe X ?
- Déterminer la course minimum nécessaire pour cet axe.

## 3. Choix du type de technologie des actionneurs

Le coût d'acquisition d'un système formé d'axes linéaires étant directement lié au nombre d'axes. On se propose de l'améliorer en présentant une solution avec un système de transfert des joints à 2 axes à l'aide d'un préhenseur double.

**Question 13** (Répondre sur le document réponse page 24/24)

- Proposer un schéma d'architecture de la partie « transfert des joints » en complétant le squelette cinématique.

La saisie de 2 joints simultanément nécessite une modifications du procédé d'alimentation des joints.

**Question 14** (Répondre sur feuille de copie)

- Pour l'alimentation des joints, proposer des solutions techniques possibles pour permettre cette évolution.

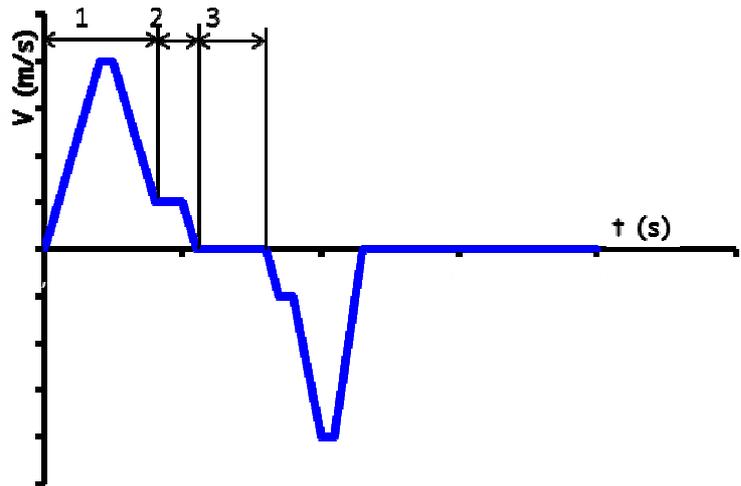
**Question 15** (Répondre sur feuille de copie)

Identification des grandeurs physiques prépondérantes :

- déterminer la course mini nécessaire pour les axes Y, Z (pour l'axe Z, en plus de la longueur de l'outil, la marge de dégagement est de 40 mm).
- la précision de la position d'arrêt pour chaque axe de  $\pm 0,1$  mm. Quelle indication sur les documents techniques des constructeurs permet de vérifier cette contrainte ?

Afin de gérer les effets d'inertie et d'optimiser la cadence, on souhaite pouvoir gérer le mouvement pendant l'insertion du joint et pendant le transfert.

Le chronogramme ci-contre donne une indication sur le mouvement d'un de ces axes (on trouvera la même forme de chronogramme, aussi bien pour l'axe Y que pour l'axe Z). La vitesse max calculée est égale à 1 m/s.

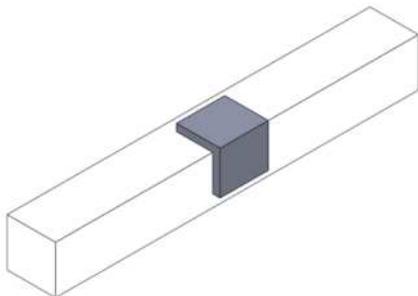


**Question 16 (Répondre sur feuille de copie)**

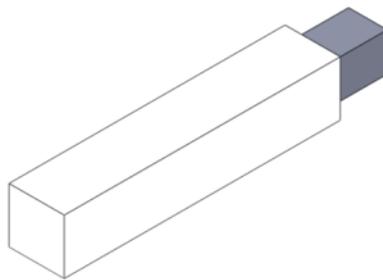
- Décrire les trois phases du mouvement « aller » (le « retour » correspondant à la seconde partie du chronogramme).
- Effectuer le choix d'une technologie pour les axes Y et Z. Justifier la réponse.
- Donner le repère des solutions compatibles avec les paramètres fournis.

**4. Choix de l'architecture des axes Y et Z (en fonction de l'encombrement et du porte à faux de la charge)**

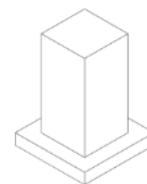
L'architecture des axes se décompose en deux familles : les axes de type "portique" ou de type "cantilever" (porte à faux). On propose de les schématiser sous forme de croquis de la manière suivante (le "bâti" peut-être représenté en utilisant plusieurs fois le même croquis) :



"Portique"



"Cantilever"



Bâti

**Question 17 (Répondre sur feuille de copie)**

- À partir des documents ressources et des représentations ci-dessus, en respectant l'encombrement disponible et avec un bâti situé entre le sol et le manipulateur, proposer un croquis à main levée d'une architecture des axes Y et Z en perspective.
- Justifier la solution et préciser pour chaque axe les technologies de la transformation de mouvement envisagées.
- Calculer les coûts d'acquisition des solutions envisageables.

## 5. Choix de la Technologie de la transmission de puissance des axes Y et Z uniquement

Un pré-dimensionnement, tenant compte essentiellement de l'encombrement, des courses nécessaires et des charges admissibles, conduit pour les axes à l'utilisation de modules à entraînement par courroie crantée ou de modules à entraînement par vis à billes.

Chaque axe est composé d'un servomoteur de fréquence de rotation  $N=3000$  tr/min, éventuellement d'un réducteur à train épicycloïdal, d'un système de transformation de mouvement (vis à billes-écrou ou poulies-courroie crantée) et d'un chariot avec guidage à billes sur rail.



Module à entraînement par vis à billes de diamètre 16 mm et de pas 10 mm



Module à entraînement par poulies-courroie crantée, diamètre poulie 32 mm

La vitesse linéaire minimale nécessaire pour respecter la cadence est  $V=1$  m/s. On décide de limiter cette vitesse linéaire à une valeur maxi de  $V=1,6$  m/s.

La gamme de réducteurs utilisée permet de choisir les rapports : 3, 4, 6, 8, 10,12.

### Question 18 (Répondre sur feuille de copie)

- Calculer  $V_{max}$  en m/s pour les 2 solutions.
- Choisir l'un des deux modules.
- Si nécessaire calculer le rapport de réduction nécessaire du réducteur pour limiter la vitesse linéaire. Choisir le rapport du réducteur.
- Calculer le coût minimum d'acquisition de la solution envisageable.

## 6. Architecture matérielle du contrôle / commande du système automatique

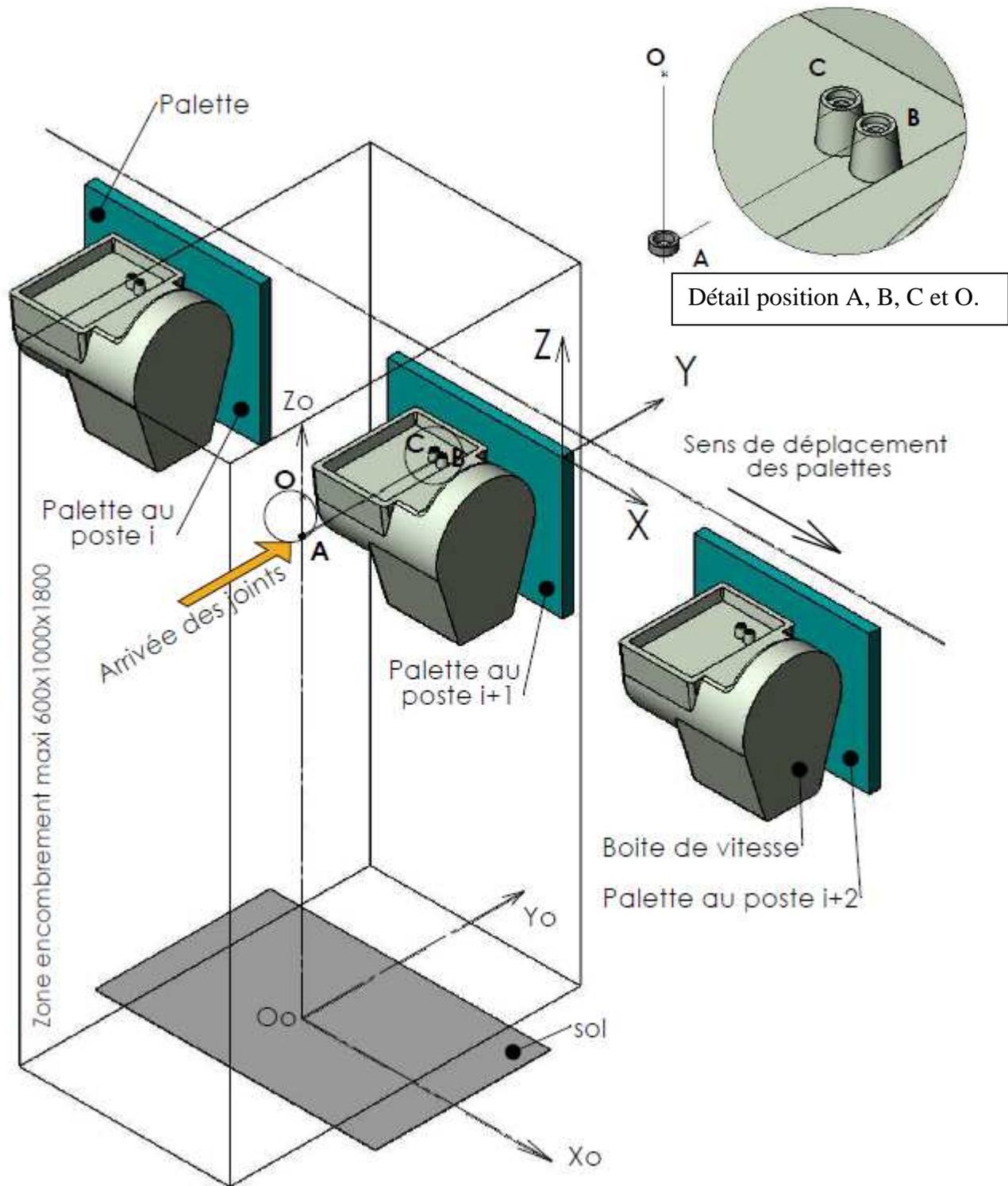
Il s'agit, pendant cette phase de conception préliminaire, de choisir une solution d'architecture matérielle de contrôle / commande pour l'avant-projet retenu et constitué d'un assemblage cartésien de deux modules compacts.

Trois solutions d'architecture matérielle de contrôle / commande sont couramment utilisées dans l'entreprise. Une description est donnée sur le document ressource page 20/24.

### Question 19 (Répondre sur feuille de copie)

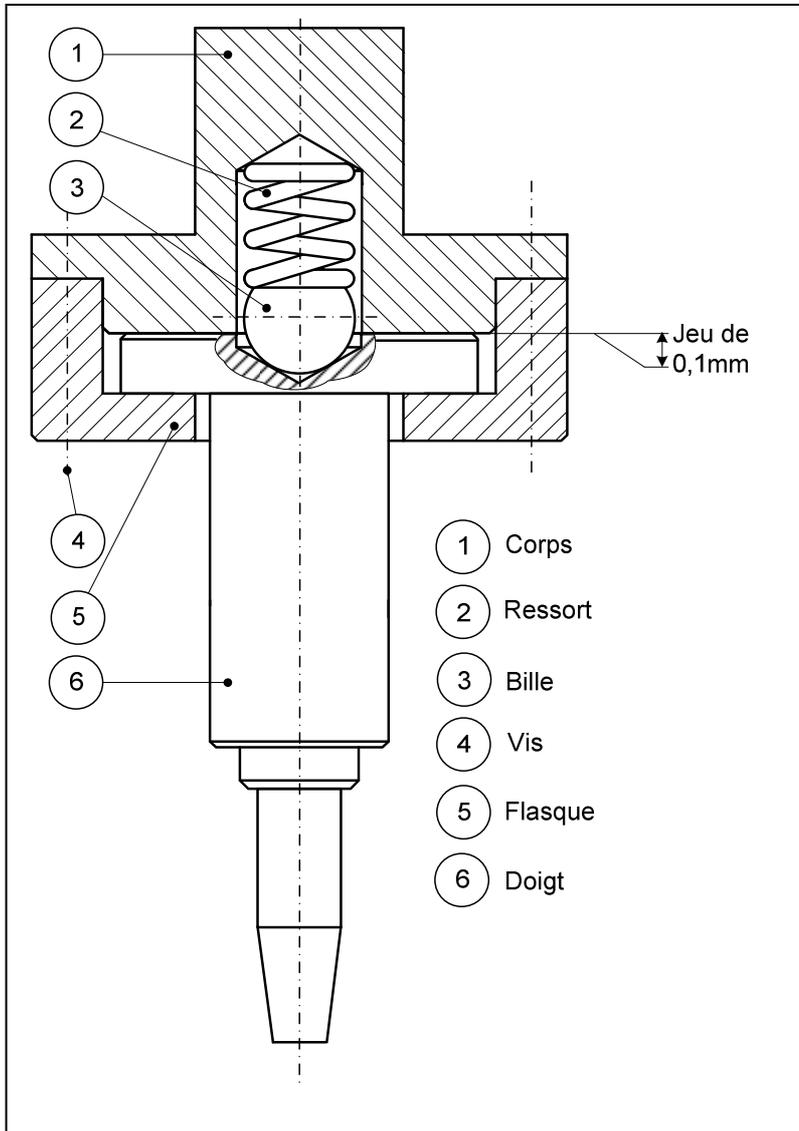
- Choisir une solution d'architecture matérielle de contrôle / commande. Justifier ce choix.

# SCHÉMA D'AVANT-PROJET

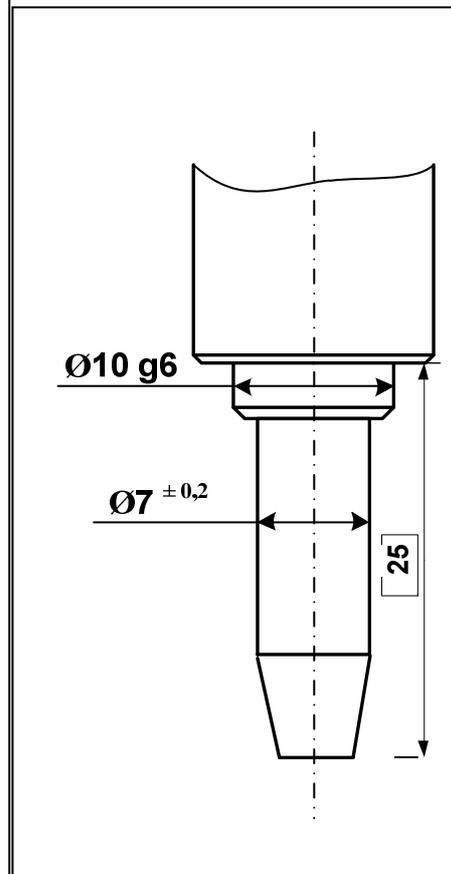


## Document ressource 1

## DEFINITION DU PREHENSEUR PROTOTYPE



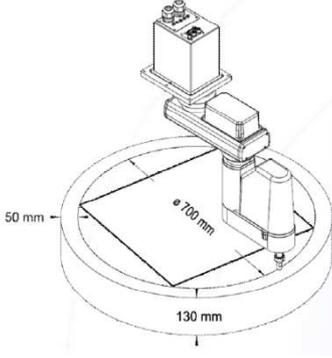
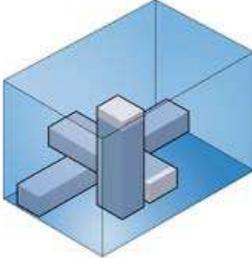
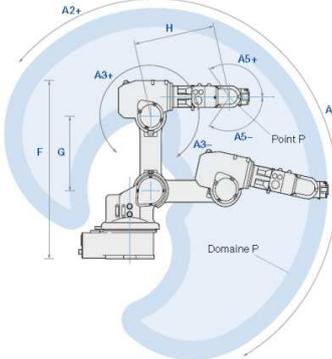
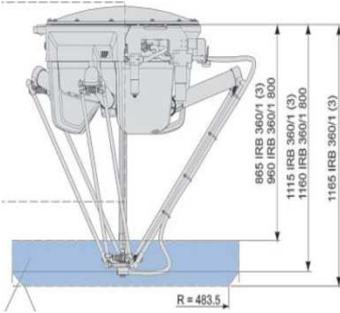
Dessin d'ensemble du préhenseur prototype



Dessin de définition partiel du doigt du préhenseur

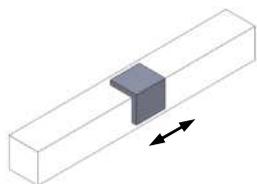
## Document ressource 2

## TYPOLOGIE DE ROBOTS

Procédés	Enveloppes	Caractéristiques
 <p style="text-align: center;">Robot Scara</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montage au plafond</li> <li>- Charge nominale/max : 1/3Kg</li> <li>- Répétabilité : <math>\pm 0,01</math> mm</li> <li>- Vitesse maxi :               <ul style="list-style-type: none"> <li>. Axes 1 et 2 : 6 m/s</li> <li>. Axe Z : 1,1 m/s</li> <li>. Axe U : 2600 deg/s</li> </ul> </li> <li>- Très compact pour encombrement réduit</li> <li>- Nécessite une armoire de contrôle spécifique: Contrôleur RC180</li> <li>- Coût moyen</li> </ul>
 <p style="text-align: center;">Robot: association de modules</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portée adaptable au besoin</li> <li>- Portée (mm): 350,550,750</li> <li>- Vitesse max : 1,5 m/s</li> <li>- Répétabilité : <math>\pm 0,01</math> mm</li> <li>- Charge nominale/max : 20/40Kg</li> <li>- Commandé par un automate programmable</li> <li>- Rapidité de mise en œuvre</li> <li>- coût moyen</li> </ul>
 <p style="text-align: center;">Robot 6 axes</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portée adaptable au besoin</li> <li>- Vitesse max : 1,5 m/s</li> <li>- Répétabilité : <math>\pm 0,01</math> mm</li> <li>- Charge nominale/max : 20/40Kg</li> <li>- Robot 6 axes rotatifs pour le montage et la manutention sur des plans qui ne sont pas parallèles les uns par rapport aux autres</li> <li>- Nécessite une armoire de contrôle spécifique</li> <li>- Coût élevé</li> </ul>
 <p style="text-align: center;">Robot Delta</p> <p style="font-size: small;">Source: ABB Ltd</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portée adaptable au besoin</li> <li>- Cycles très rapides, jusqu'à 180 pièces/min permettant un rendement élevé</li> <li>- Répétabilité : <math>\pm 0,01</math> mm</li> <li>- Associé à un système de vision permet une identification et une localisation aléatoire du produit</li> <li>- Grande souplesse avec changement de produit rapide</li> <li>- Solution suspendue compacte</li> <li>- Commandé par un automate programmable</li> <li>- Coût élevé</li> </ul>

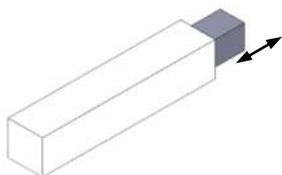
### Document ressource 3

## Axe électrique proportionnel type portique (Gantry)



Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S1	Courroie crantée	Recirculation de billes	8500	5	50	0.1	2500	1328 €
S2	Vis à billes	Recirculation de billes	3000	2	15	0.02	3000	1627 €
S3	Moteur linéaire	Coussin d'air	1750	4	50	0.01	450	4543 €

## Axe électrique proportionnel type porte à faux (Cantilever)



Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S4	Courroie crantée	Recirculation de billes	1000	3	50	0,05	1000	2336 €
S5	Vis à billes	Recirculation de billes	300	1	25	0,015	450	1804 €
S6	Moteur linéaire	Recirculation de billes	400	3	83	0,015	49	2832 €

Les solutions S1, S2, S4 et S5 nécessitent l'ajout d'un moteur d'un réducteur et d'un variateur

Les moteurs linéaires des solutions S3 et S6 ne nécessitent que l'ajout d'un variateur.

L'axe S6 supporte une charge radiale maximale de 60N. La masse de cet axe (inférieure à celle de S4) pour une course de 100mm est de 6300g.

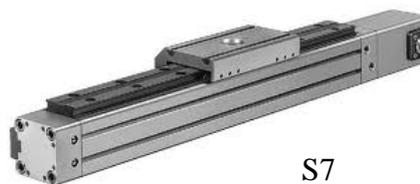
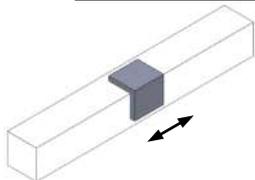
Servomoteur	Réducteur	Variateur
777 €	347 €	1534 €

**Le coût moyen est indiqué pour une course de 1000 mm ou à défaut pour la course max.**

## Document ressource 4

### Axe pneumatique proportionnel type portique

(Gantry)

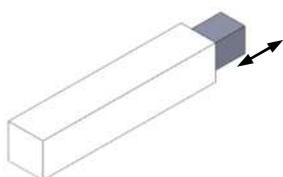


S7

Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S7	Vérin sans tige avec système de mesure intégré	Recirculation de billes	2000	3	4	0.2	1800	1608 €

### Axe pneumatique proportionnel type porte à faux

(Cantilever)



S8

Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S8	Vérin avec système de mesure externe	Douilles à billes	250	1.5	2	0.5	1100	872 €

S7 et S8 nécessitent l'ajout d'un distributeur proportionnel, d'une interface d'axe et d'un contrôleur.

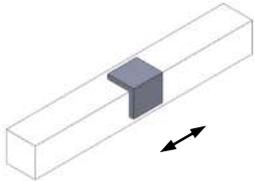
Distributeur proportionnel	Interface d'axe	Contrôleur d'axe
		
478€	455€	1043€

Le coût moyen est indiqué pour une course de 1000 mm ou à défaut pour la course max.

**La solution pneumatique proportionnelle entraîne un coût énergétique et un coût d'exploitation élevés. Pour cette solution peut usitée, son emploi doit être justifié.**

## Document ressource 5

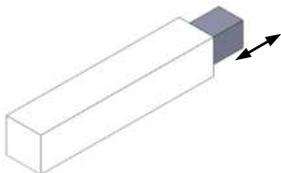
### Vérin pneumatique type portique (Gantry)



S9

Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S9	Vérin sans tige guidé	Recirculation de billes	3000	1	5 à 10	Arrêt sur butée fin de course	3000	1112 €

### Vérin pneumatique type porte à faux (Cantilever)

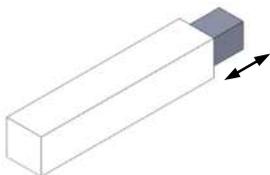


S10

Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Accélération max. m/s <sup>2</sup>	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S10	Vérin guidé	Palier lisse	400	0.8	5 à 10	Arrêt sur butée fin de course	4700	1057 €

Distributeur	Capteur
	
91 €	22 €

### Vérin électrique



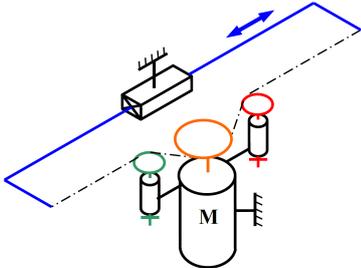
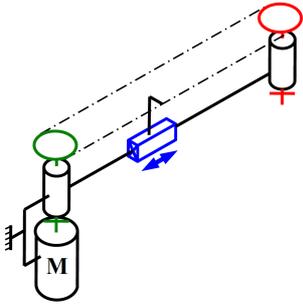
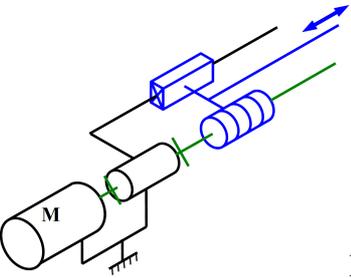
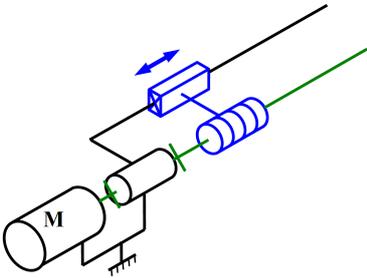
S11

Repère solution	technologie	Technologie du guidage	Course max. mm	Vitesse max. m/s	Répétabilité ±mm	Poussée max. N	Coût moyen
S11	Vérin électrique	Néant	600	0.04	Fonction de la charge	6000	600 €

Contacteur inverseur

100 €

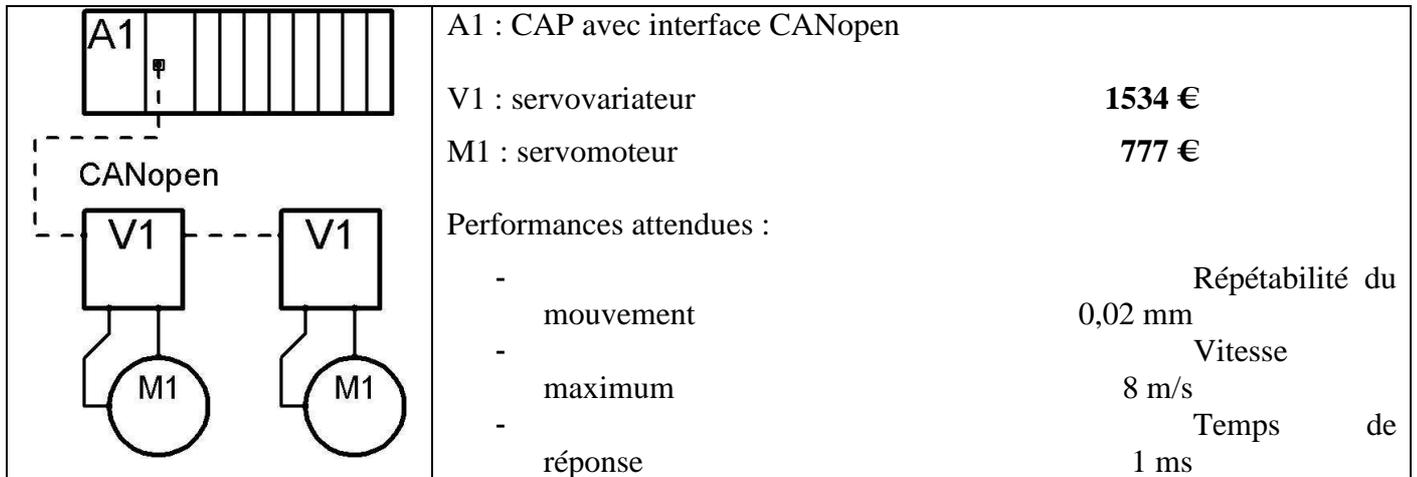
## Document ressource 6

Technologie de la transformation de mouvement		Caractéristiques	
<b>Courroie crantée</b>			<p>Économique Longues courses Vitesse/Dynamique élevée Temps de cycles courts</p>
	 <p>Porte à faux</p>	 <p>Portique</p>	
<b>Vis à billes</b>			<p>Grande précision Déplacement sans à coups Poussée importante Grande rigidité sous charge Temps de cycles moyens</p>
	 <p>Porte à faux</p>	 <p>Portique</p>	
<b>Moteur linéaire</b>		<p>Dynamique maximale Cycles extrêmement courts Déplacement sans à coups Pour de toutes petites courses</p>	<p>Pas de transformation de mouvement</p>

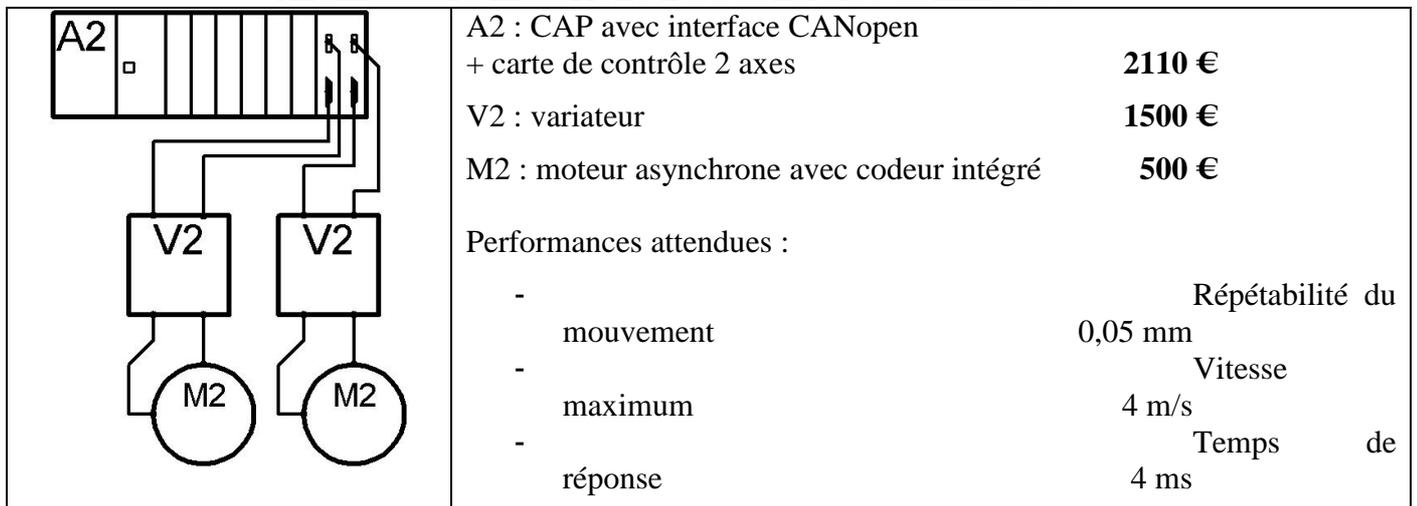
## Document ressource 7

Les 3 architectures matérielles proposées sur ce document utilisent la même base de contrôleur d'automatisme programmable (CAP) équipé d'une interface CANOpen. Seuls les éléments spécifiques à chaque solution sont détaillés. Les alimentations n'apparaissent pas.

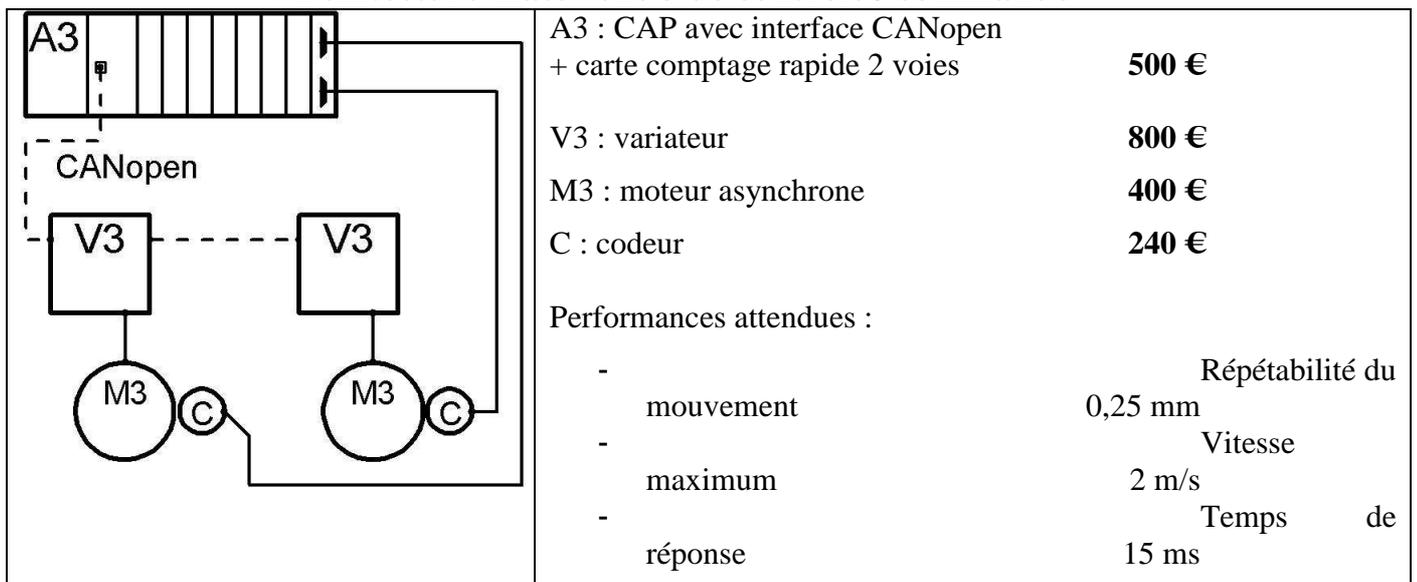
### Architecture matérielle 1 de contrôle / commande



### Architecture matérielle 2 de contrôle / commande

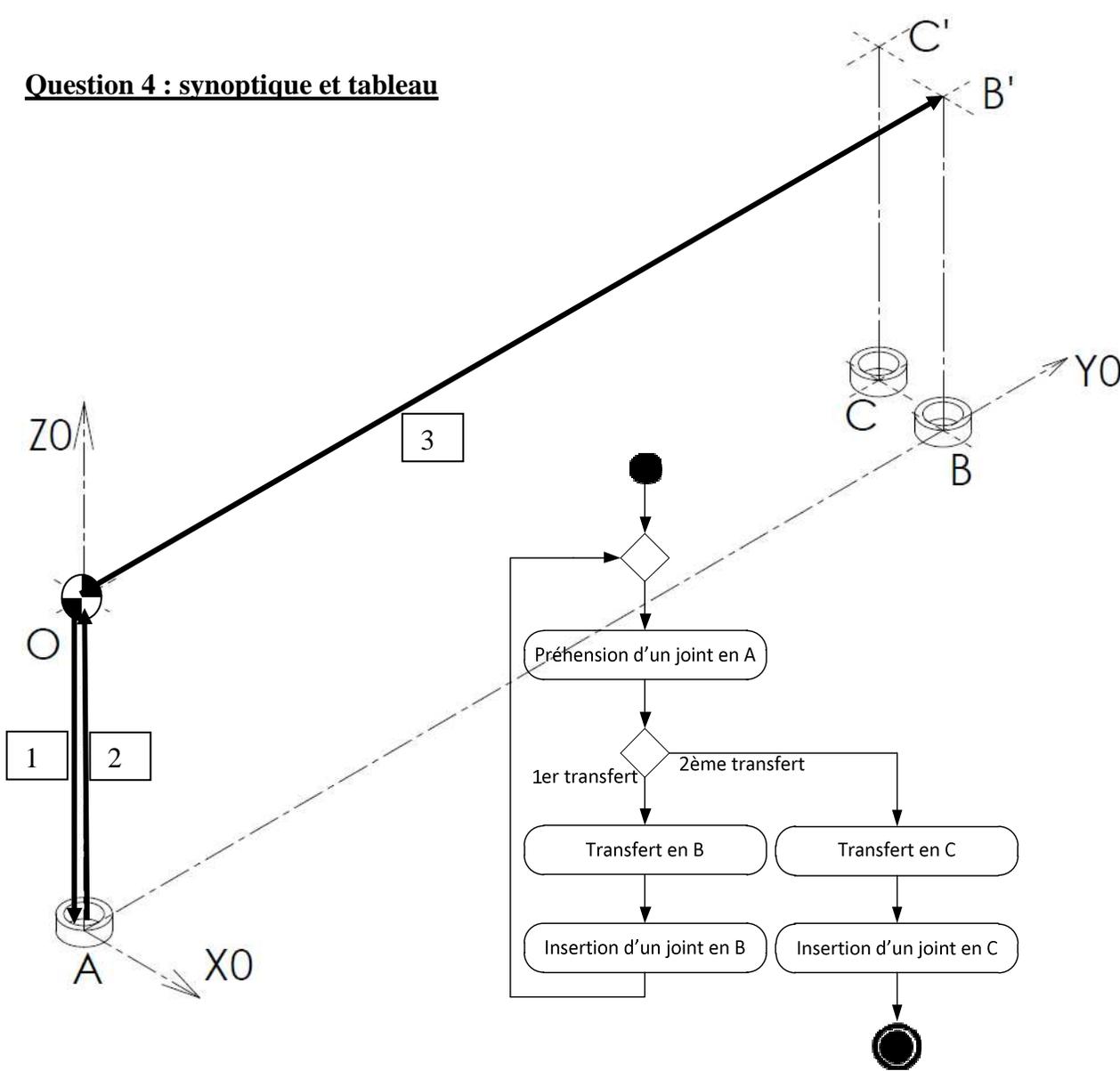


### Architecture matérielle 3 de contrôle / commande



## Document ressource 8

**Question 4 : synoptique et tableau**



<i>Question 4</i>		<i>Question 5</i>
Mouvements	Courses (mm)	Durées (s)
1 Descente Z0	-100	
Saisie	/	0,5
2 Montée Z0	100	
3 Translation Y0	300	

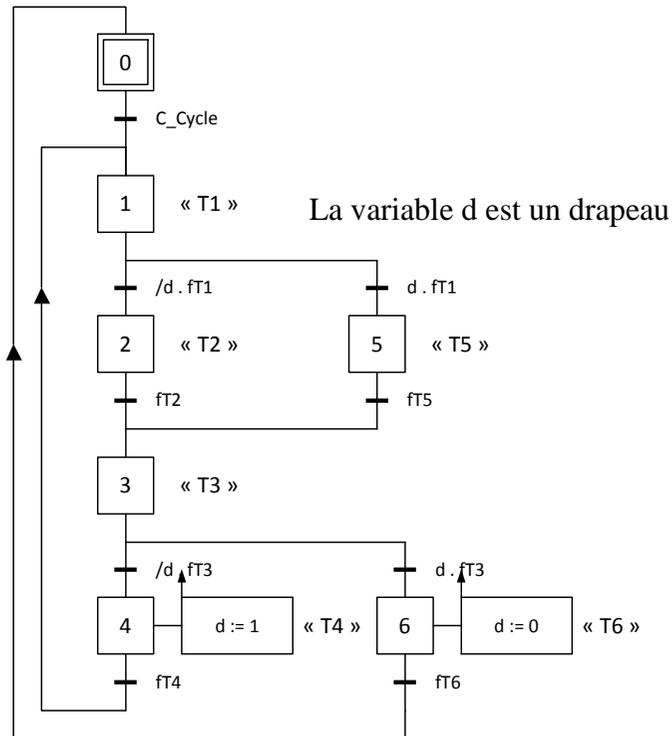
**Document réponse 1**

# Processus 1

Tableau de la partition en tâches

Tâche	Parcours	Intitulé	Durée
T1	O – A – O	Prise d'un joint en A	1,16 s
T2	O – B'	Transfert en B'	1 s
T3	B' - B - B' ou C' - C - C'	Dépose d'un joint en B ou C	1,16 s
T4	B' - O	Retour de B' à la position de référence	1 s
T5	O – C'	Transfert en C'	1,013 s
T6	C' - O	Retour de C' à la position de référence	1,013 s

Grafcet de coordination des tâches GCT1



## Document réponse 2

# Question 8

# Processus 2

Tableau de la partition en tâches

Tâche	Parcours	Intitulé	Durée
T1	O – A – O	Prise d'un joint en A	
T2	Mvt suivant X1	Positionnement second préhenseur	

Grafcet de coordination des tâches GCT2

**Question 10**

	Calcul du coût énergétique <u>Ce</u> sur une durée de 15 ans.
Solution « robot »	Ce=
Solution « modules compacts motorisés »	Ce=

	Calcul du coût de cycle de vie <u>CCV</u>
Solution « robot »	CCV=
Solution « modules compacts motorisés »	CCV=

Tableau des coûts

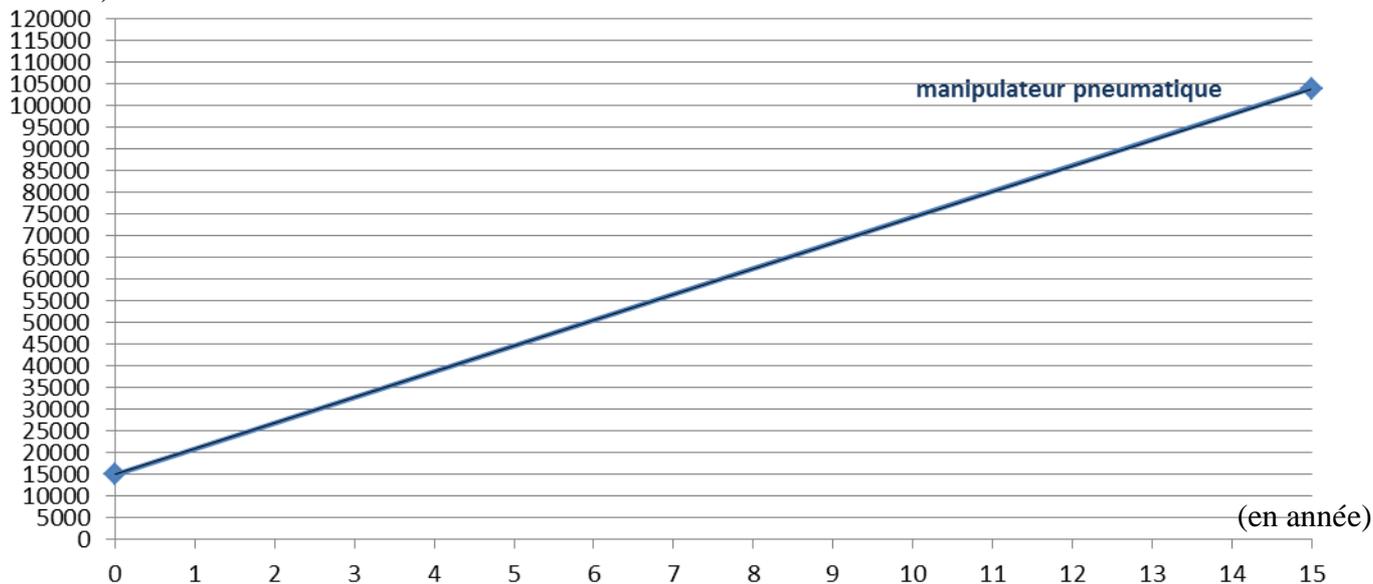
	Robot	Modules compacts motorisés	Manipulateur pneumatique
Cic	25000	20000	15000
Cin	2000	1500	1500
Ce			40000
Co	5000	5000	5000
Cm	5000	7000	18000
Cs	10000	15000	20000
Cenv	500	500	500
Cd	500	3000	4000
CCV			104000

Solution retenue :	
--------------------	--

**Question 11**

**Graphe de répartition des coûts**

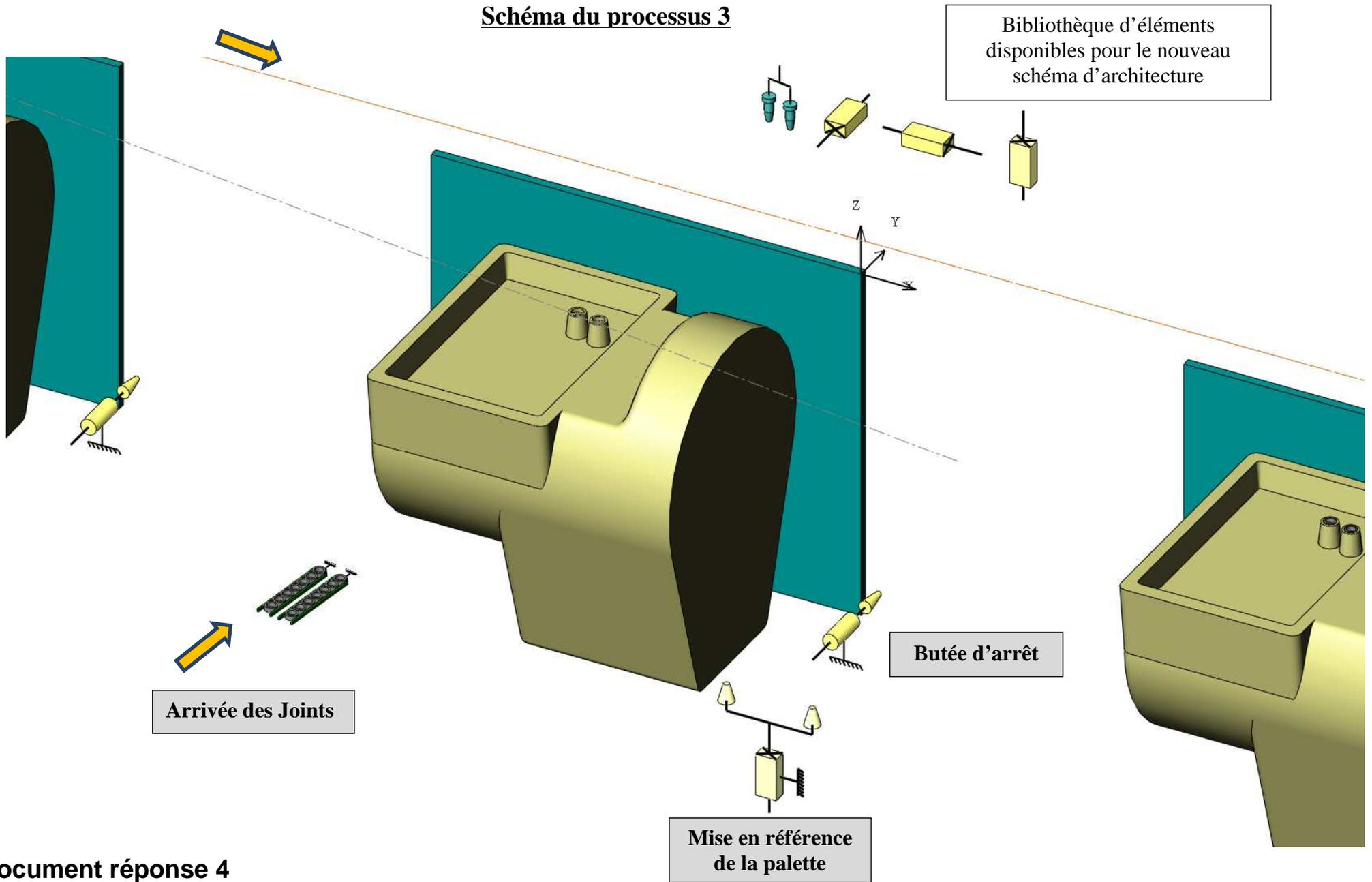
(en euros)



Durée d'amortissement de la solution « modules compacts motorisés » par rapport à la solution « manipulateur pneumatique » :	
--	--

**Document réponse 3**

### Schéma du processus 3



Document réponse 4