

## ÉPREUVE E4

# CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME AUTOMATIQUE

Session 2013

---

Durée : 4 h 30

Coefficient : 3

### 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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Aucun document n'est autorisé

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 21 pages, numérotées de 1 à 21.

## SYSTÈME AUTOMATIQUE DE TRAITEMENT DE BADGES RPL

- **Présentation générale** (feuilles blanches) pages 1 à 5
- **Travail demandé** (feuilles jaunes) pages 6 à 14
- **Documents ressources** (feuilles vertes) pages 15 à 17
- **Dossier réponses** (feuilles bleues) pages 18 à 21

BTS : Conception et Réalisation de Systèmes Automatiques		Session 2013
Épreuve E4	Code :	Page 0

# PRÉSENTATION GÉNÉRALE

## Présentation des éléments constitutants

L'étude porte sur un système qui réalise le changement de l'élément sensible d'un dosimètre RPL (Radio Photo Luminescent) assurant le suivi individuel des personnes soumises aux rayonnements ionisants dans des secteurs d'activité très variés : industrie, médical, dentaire, recherche, etc..

### PRINCIPE

L'élément sensible est une plaque en verre spécial. Les ions argents contenus dans ce verre piègent les électrons qui sont arrachés à cette plaque par les rayonnements ionisants.

La plaque, retirée de son support, est placée sous un faisceau ultra-violet, les électrons piégés émettent alors une luminescence proportionnelle à la dose de rayonnement reçue.

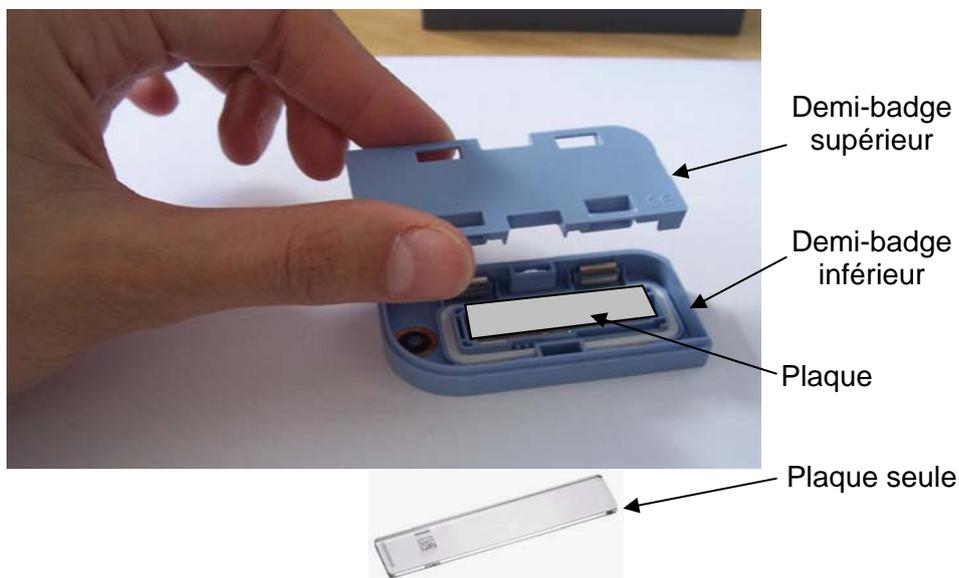
Des éléments métalliques en Cu, Al et Sn jouant le rôle de filtre, entourent localement la plaque de verre afin d'améliorer la qualité de la mesure.

Le support se présente sous la forme d'un badge léger et robuste permettant une identification claire de son porteur. Le port se fait soit par cordon autour du cou, soit attaché au vêtement de travail par une pince.



Ce dosimètre RPL se compose principalement des 3 éléments suivants :

- le demi-badge supérieur qui correspond au dos du dosimètre
- le demi-badge inférieur,
- la plaque « emprisonnée » entre les deux demi-badges.



*Remarque :* le badge RPL ne peut pas être ouvert manuellement sans un outil spécifique.

Face avant du badge RPL complet.



## LA PLAQUE

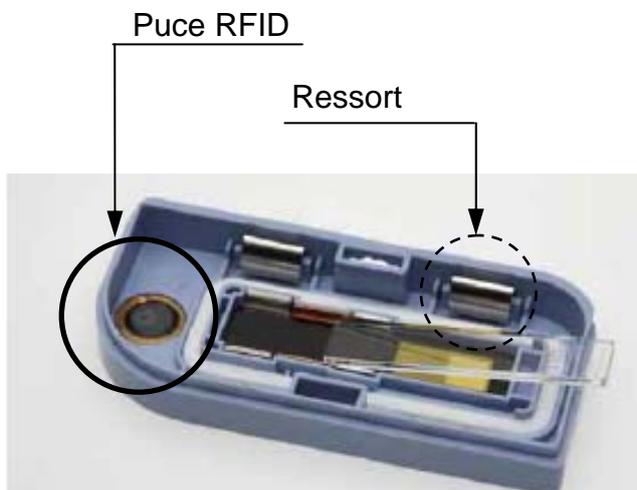
La plaque, fabriquée dans un verre spécial, possède un code 2D, de type Datamatrix, gravé qui permet son identification.

Les différentes cotes de positionnement de la plaque par rapport au demi-badger inférieur sont données sur le document à la page 5.

### LE DEMI-BADGE INFÉRIEUR SEUL

Il est composé de divers éléments :

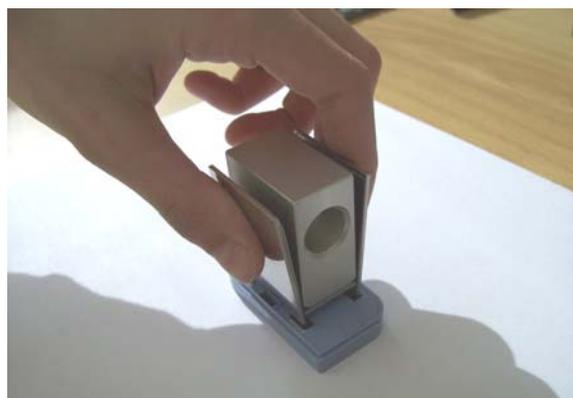
- une puce électronique RFID,
- 4 ressorts qui permettent le clipsage du demi-badger supérieur,
- d'autres éléments qui ne sont pas étudiés ici.



**Remarque : un code permettant l'identification du porteur du badge est écrit dans la puce RFID**

### LE DEMI-BADGE SUPÉRIEUR SEUL

C'est un simple couvercle qui est clipsé sur le demi-badger inférieur lors de la fermeture du badge ; Pour cette opération, une pince manuelle est utilisée pour positionner les 4 ressorts du demi-badger inférieur.



## Présentation de l'étude

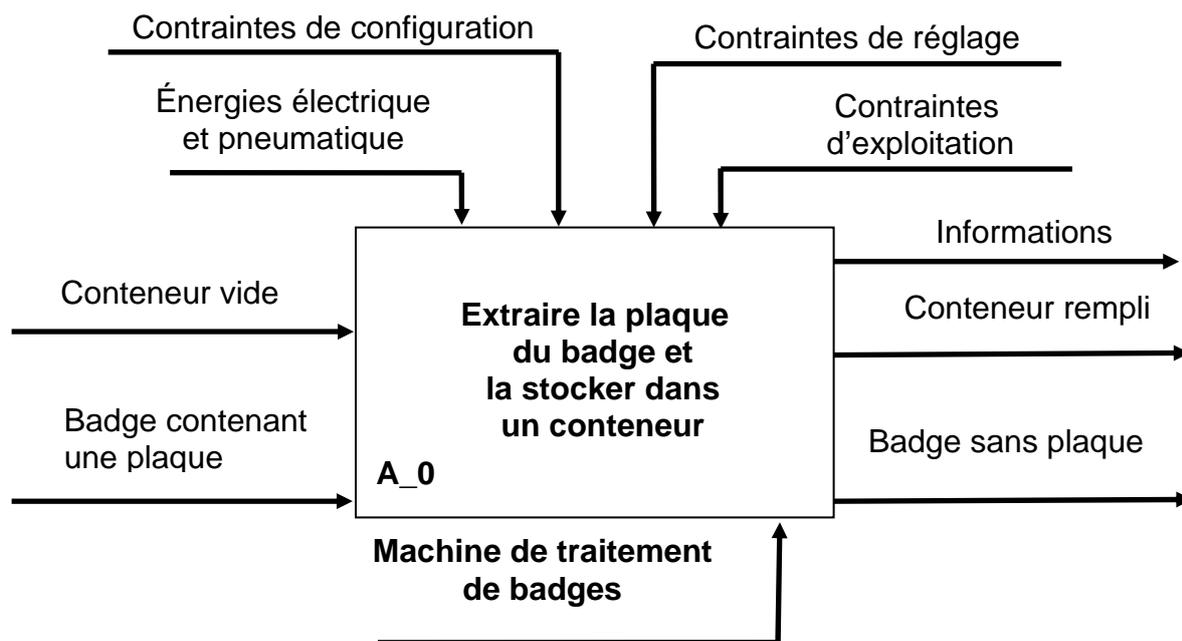
Actuellement les opérations de retrait et de repose de plaque dans chaque badge sont réalisées manuellement. L'entreprise souhaite concevoir une machine automatique pour ces opérations qui fonctionnera selon deux modes différents :

- *Un mode de vidage* qui consistera à retirer la plaque de verre sensibilisée d'un badge. Chaque plaque extraite est alors stockée dans un conteneur d'une capacité de 400 plaques (20 plateaux de 20 plaques) ;
- *Un mode de remplissage* qui consistera à placer une plaque vierge dans un badge.

**Ce dernier mode ne sera pas étudié.**

En mode *vidage*, les postes successifs de la machine permettront de réaliser les opérations d'ouverture du badge, de lecture des informations de la puce RFID et du code 2D de la plaque, d'extraction de la plaque sensibilisée du demi-badger inférieur et de son rangement dans une alvéole d'un plateau puis de fermeture du badge désormais vide.

## Présentation de la machine en mode « vidage des badges »

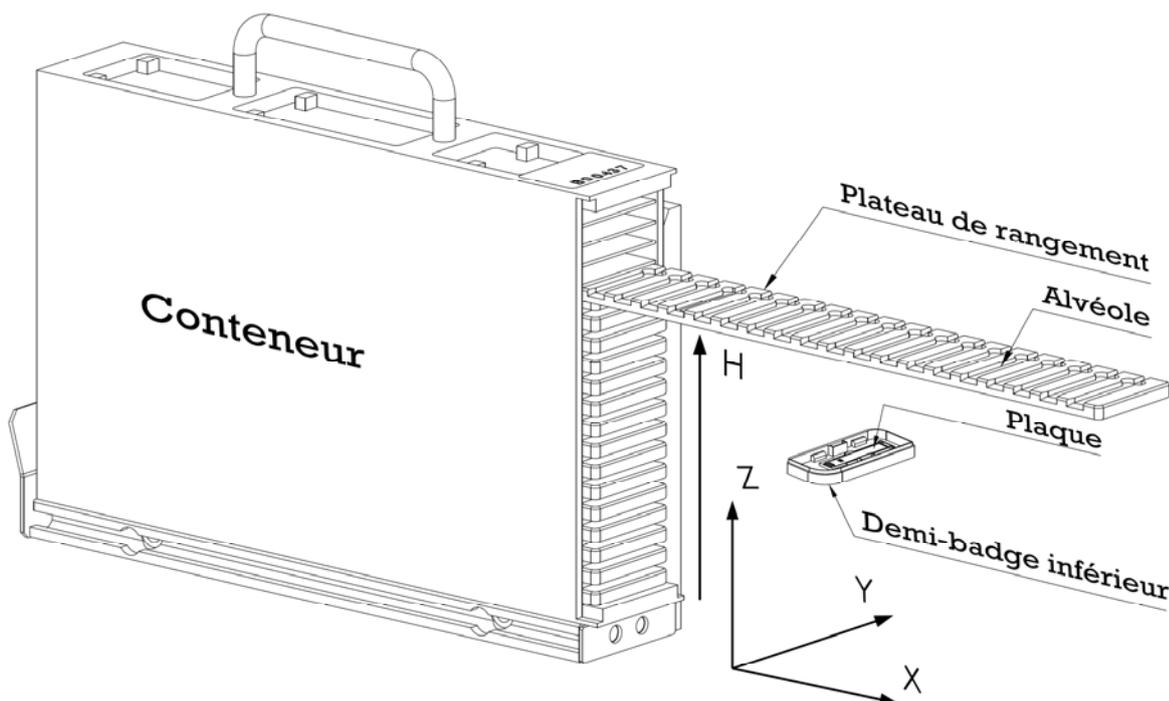


## Présentation d'un conteneur

Chaque plaque extraite est introduite dans l'une des 20 alvéoles d'un plateau de rangement ; ce dernier est sorti d'un conteneur, qui peut contenir au maximum 20 plateaux (le conteneur peut donc être rempli de 400 plaques au maximum).

Le conteneur ne peut être animé que d'un mouvement de translation verticale de direction **Z**.

Après avoir atteint l'altitude **H** désirée, le plateau de rangement est animé d'un mouvement de translation horizontale d'axe **X**.



## Extrait du cahier des charges de la machine automatique de traitement de badges

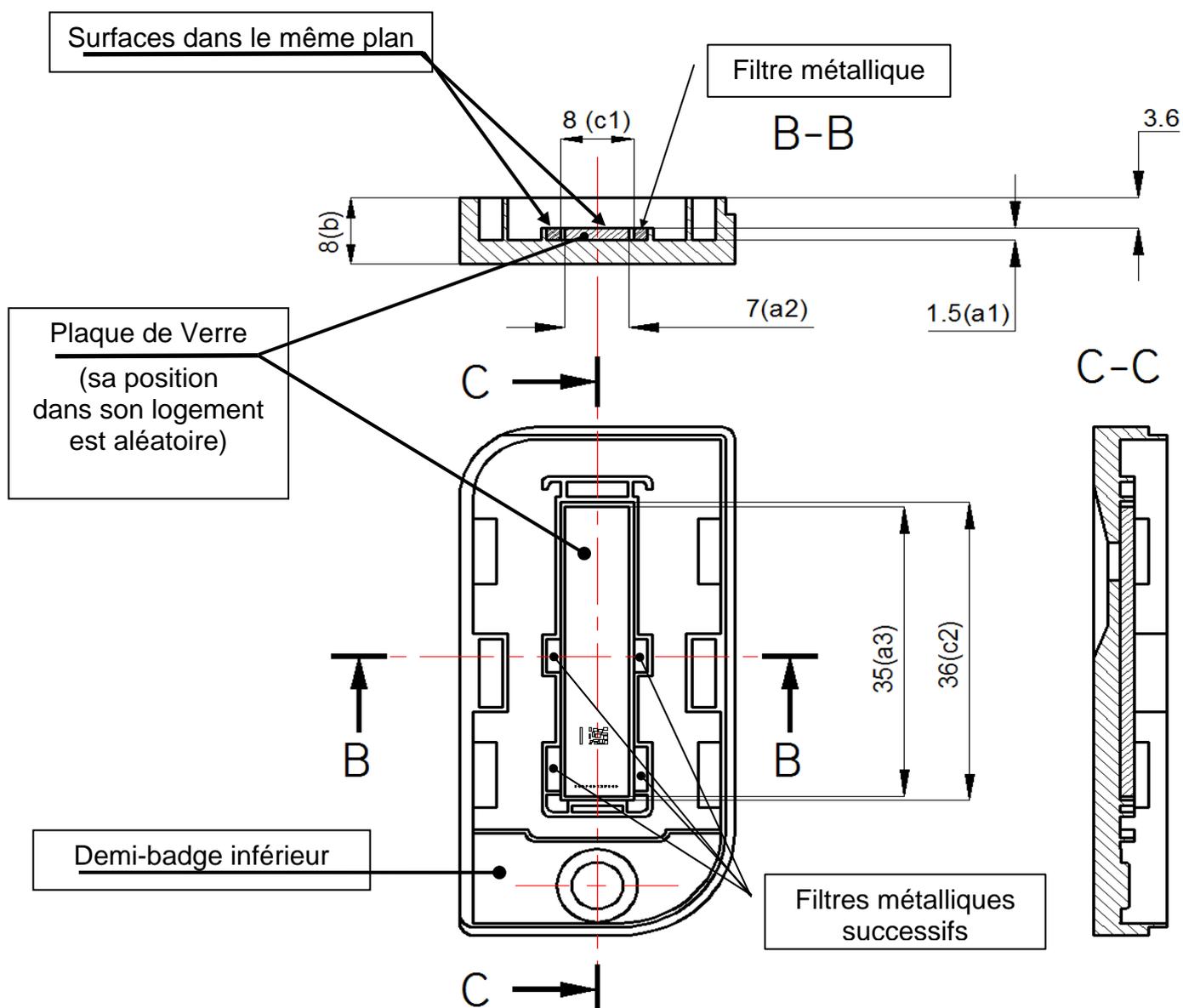
FONCTION	CRITÈRE D'APPRÉCIATION	NIVEAU	Flexibilité
Stocker en entrée des badges contenant une plaque	Capacité de stockage	400 badges	F0
Lire les informations du code 2D (Datamatrix) et de la puce RFID	Nombre de badges traités	200 / heure	F1
Extraire la plaque du demi-badge inférieur	Plaque extraite sans détérioration	Aspect	F0
	Jeux entre la plaque et son logement dans le demi-badge inférieur	1 mm en largeur et en longueur	F0
	Temps	2 secondes	F0
Positionner la plaque sur un support	Position précise de la plaque dans l'espace	0,1 mm sur X, Y et Z	F1
Transférer la plaque dans le plateau	Plaque insérée dans l'alvéole du plateau de rangement	0,5 mm en largeur et en longueur	F0
Stocker des badges sans plaque	Capacité de stockage	400 badges	F0

\* Flexibilité F0 : critère et niveau non négociables

# Dessin d'un demi-badge inférieur contenant une plaque

## Données : cotes principales

- (a1) : épaisseur de la plaque de verre
- (a2) : largeur de la plaque de verre
- (a3) : longueur de la plaque de verre
- (b) : hauteur totale du demi-badge inférieur
- (c1) et (c2) : cotes du logement de la plaque de verre



## 1<sup>ère</sup> Partie

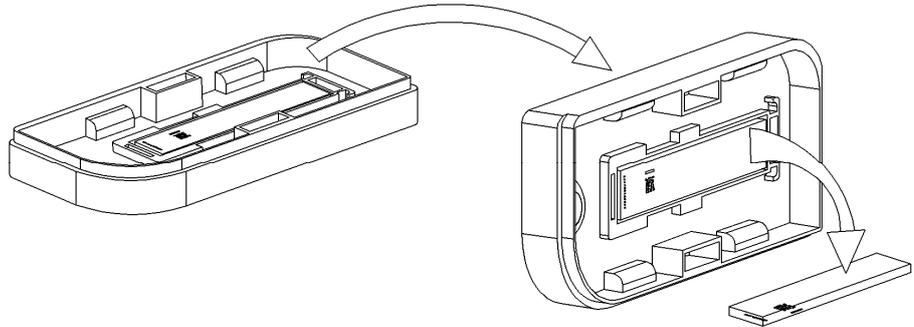
L'étude portera sur le choix des procédés et processus qui permettront les opérations d'extraction de l'élément sensible d'un dosimètre.

### 1. Choix d'un procédé

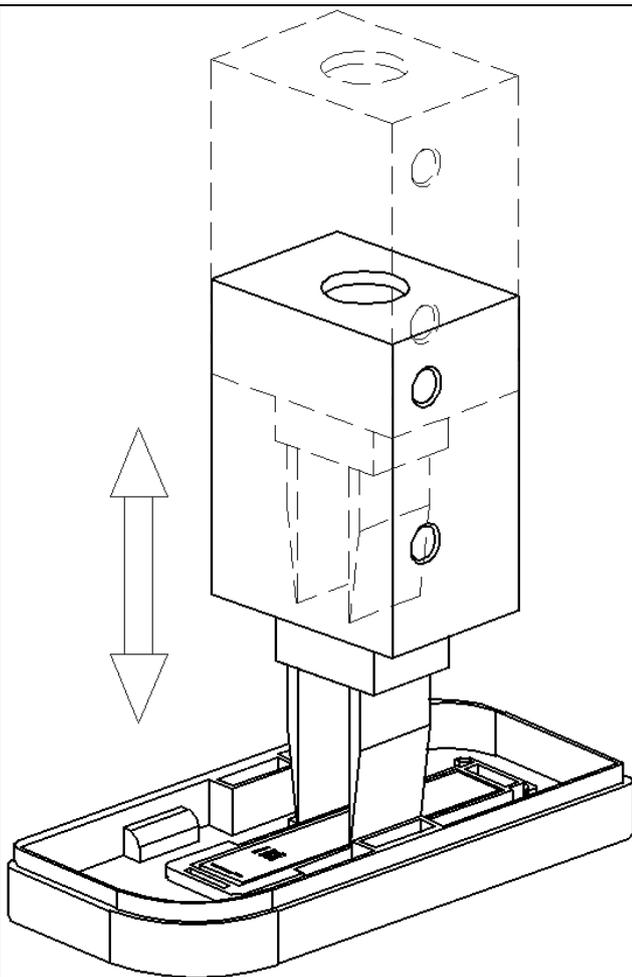
Le badge étant déjà ouvert, il s'agit d'extraire la plaque du demi-badge inférieur (voir l'extrait du cahier des charges page 4).

Parmi différents procédés, trois sont représentés ci-dessous.

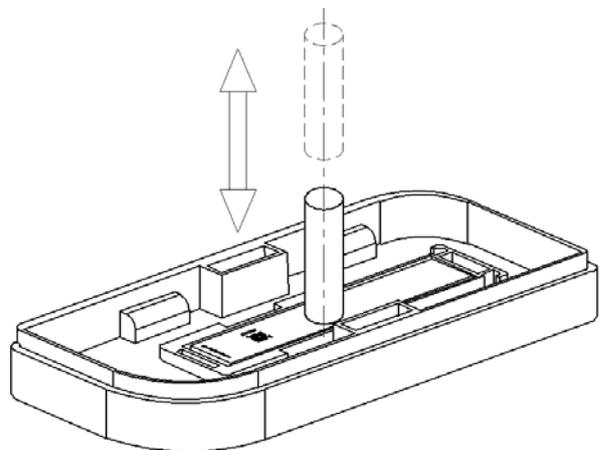
Un procédé d'extraction par basculement du demi-badge inférieur



Un procédé d'extraction par pince



Un procédé d'extraction par ventouse magnétique



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

- Choisir un procédé d'extraction de la plaque parmi les 3 proposés, justifier et argumenter le choix par rapport aux caractéristiques du demi-badge inférieur et de la plaque (matériau, forme, dimensions, etc.).

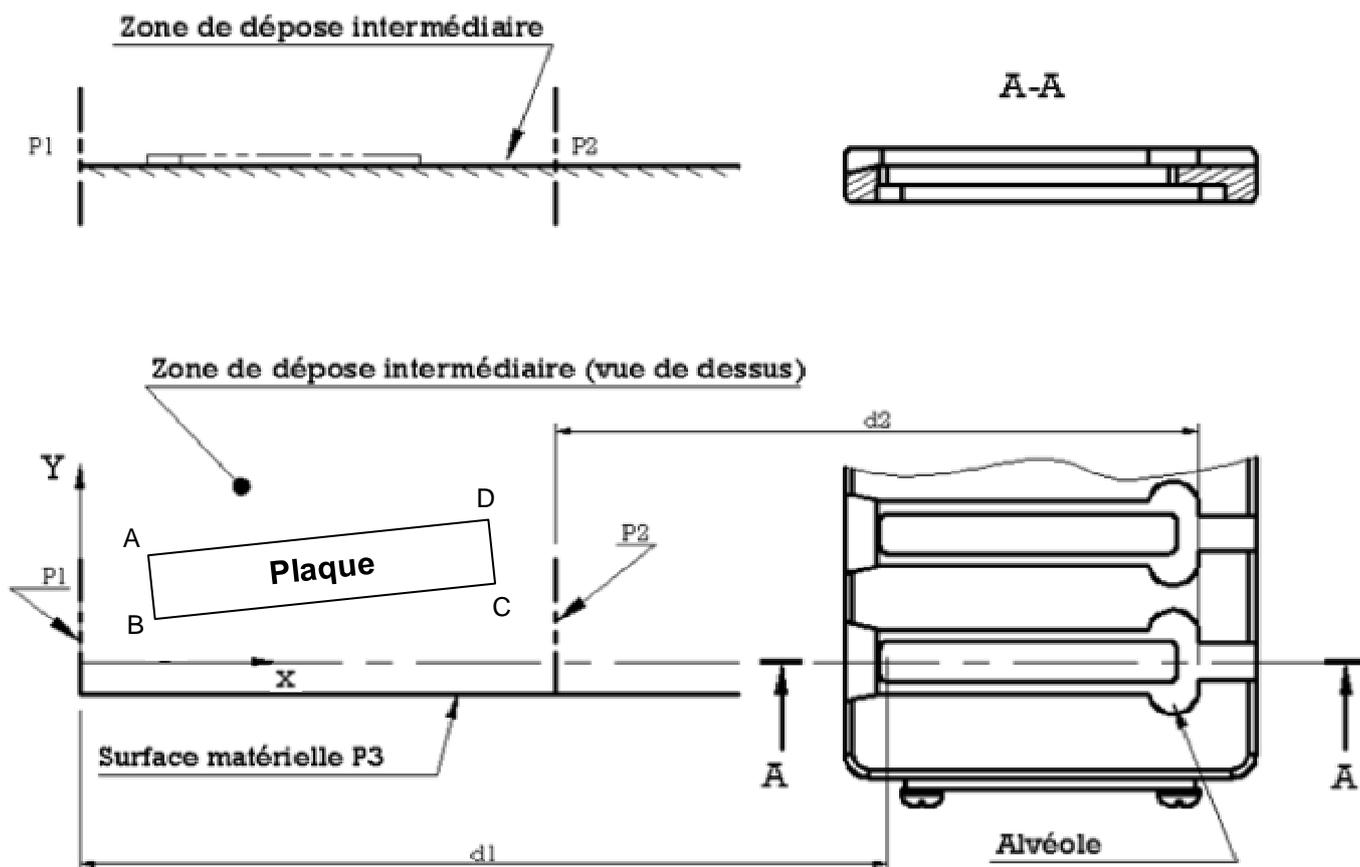
**Question 2 (Répondre sur feuille de copie)**

- Proposer et décrire un autre procédé permettant d'extraire la plaque, porter les commentaires nécessaires liés aux contraintes et aux conditions de mise en œuvre.

**2. Choix de processus**

Suite à son extraction par un procédé non détaillé, la plaque se retrouve sur une zone de dépose intermédiaire (voir Fig.1) avec de possibles variations angulaires de sa position dans le repère XY. Cette zone est située dans le même plan que le plan inférieur de l'alvéole du plateau dans laquelle la plaque devra être rangée.

Pour introduire la plaque dans l'alvéole, un alignement puis un transfert par glissement sont envisagés.



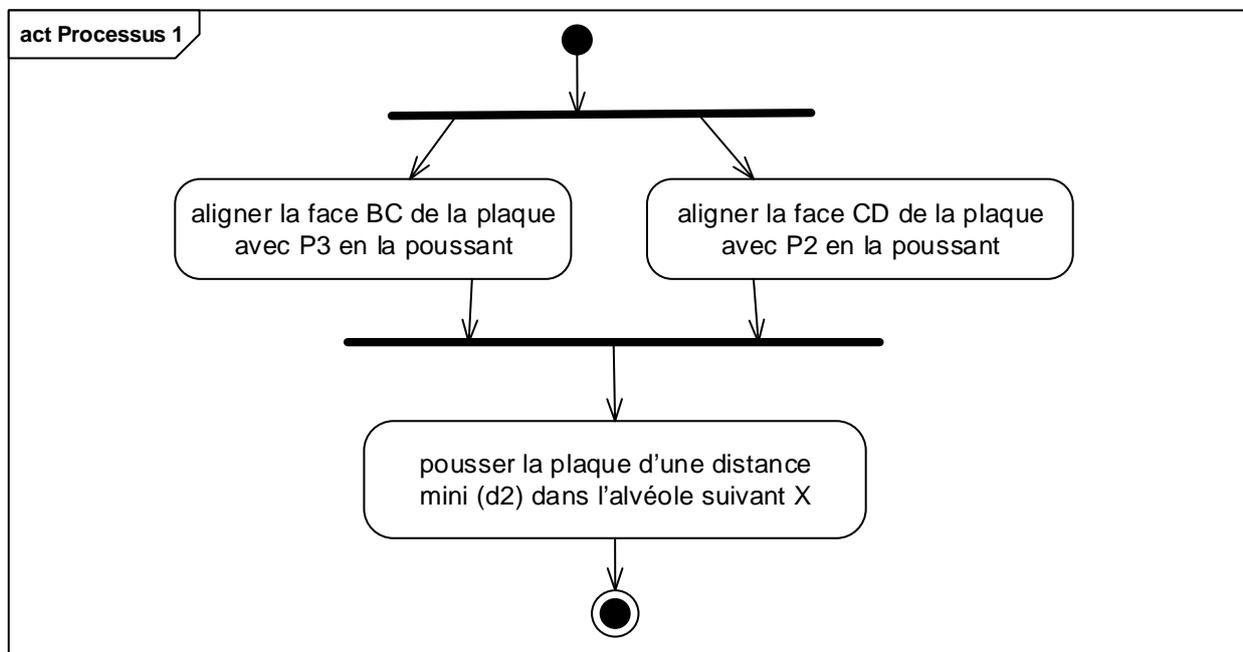
La zone de dépose est bordée par 3 plans fixes : P3 est une surface matérielle, P1 et P2 sont immatériels.

Fig. 1 Zone de transfert vers un plateau

Pour amener la plaque de son point de dépose à son emplacement dans une alvéole, plusieurs procédés élémentaires listés ci-dessous ont été retenus.

- aligner la face BC de la plaque avec P3 en la poussant,
- aligner la face CD de la plaque avec P2 en la poussant,
- aligner la face AB de la plaque avec P1 en la poussant,
- pousser la plaque d'une distance maxi ( $d_1$ ) dans l'alvéole suivant X,
- pousser la plaque d'une distance mini ( $d_2$ ) dans l'alvéole suivant X,
- rendre parallèle la face BC de la plaque à P3 en tournant la zone de dépose intermédiaire,
- aligner la face AB de la plaque avec P1 en déplaçant la zone de dépose intermédiaire,
- aligner la face BC de la plaque avec P3 en déplaçant la zone de dépose intermédiaire,
- aligner la face CD de la plaque avec P2 en déplaçant la zone de dépose intermédiaire.

Parmi les différents scénarios possibles pour amener la plaque dans une alvéole, un processus nommé « Processus 1 » mettant en œuvre 3 procédés élémentaires est décrit dans le diagramme d'activités suivant.



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

- À partir des procédés élémentaires listés ci-dessus, proposer deux autres processus possibles en utilisant une description par diagramme d'activités SysML.

#### Question 4 (Répondre sur feuille de copie)

- Comparer les deux processus proposés selon les critères suivants : nombre et distance des déplacements, répétabilité, conservation de l'intégrité physique de la plaque (non brisée, non rayée, non altérée).

### 3. Fonctions opératives

Pour la suite de l'étude, on choisit d'extraire la plaque en utilisant un préhenseur qui permet de la déposer de manière plus « précise » dans une rainure. Le demi-badger inférieur et la rainure sont dans le même alignement (voir Fig. 2).

La plaque déposée dans la rainure se trouve dans une position légèrement variable. L'entonnoir à l'entrée de l'alvéole permet d'orienter et de guider la plaque pendant son transfert dans celle-ci.

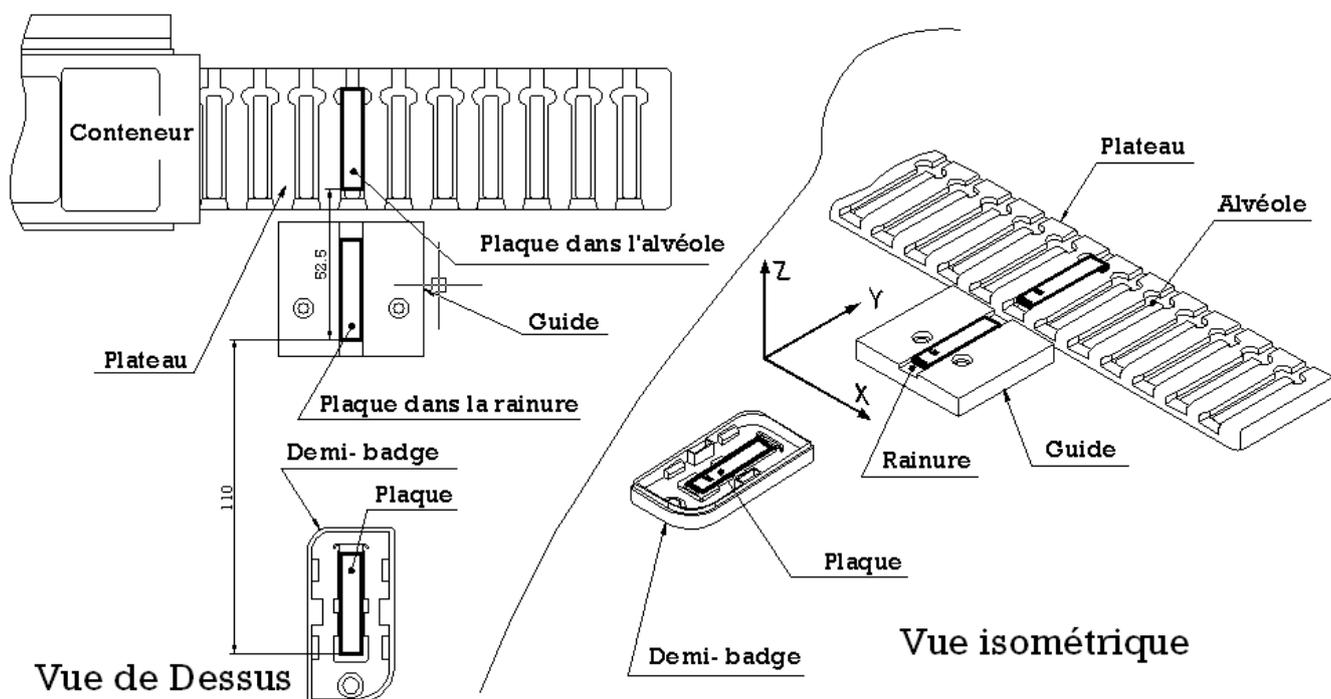


Fig. 2 Zone de dépose : Rainure

#### Question 5 (Répondre sur feuille de copie)

- Lister chronologiquement les fonctions opératives élémentaires (mouvements et actions du préhenseur) permettant de réaliser le transfert de la plaque du demi-badger vers la rainure.
- Préciser la position initiale du préhenseur par rapport au demi-badger inférieur.
- Préciser les courses du préhenseur (la surface inférieure de la plaque est à la même hauteur que le fond de la rainure).

#### 4. Validation temporelle de la partition des tâches et de leur organisation

- Processus étudié : Voir **document réponses** page 20
  - Tableau de la partition en tâches : voir page 11.
  - Graficet de coordination des tâches « CT1\_VIDAGE » : voir page 11
- Mise en situation :
  - En entrée, les badges pleins sont stockés en une pile verticale dans un magasin.
  - Au poste G, l'extraction d'un badge contenant une plaque se fait par dépilement (déplacement vertical d'un pas puis déplacement horizontal) afin de le ranger dans un support (porte badge) situé sur le chariot d'un axe horizontal.
  - Une fois le badge plein mis en position, il faut successivement :
    - ouvrir le badge,
    - lire le code DATAMATRIX,
    - lire le code RFID,
    - extraire la plaque du demi-badge inférieur,
    - ranger la plaque dans une alvéole d'un plateau,
    - refermer le badge,
    - stocker par empilement le badge vide. (Transfert horizontal puis vertical)
- Localisation des différents postes sur l'axe du chariot :

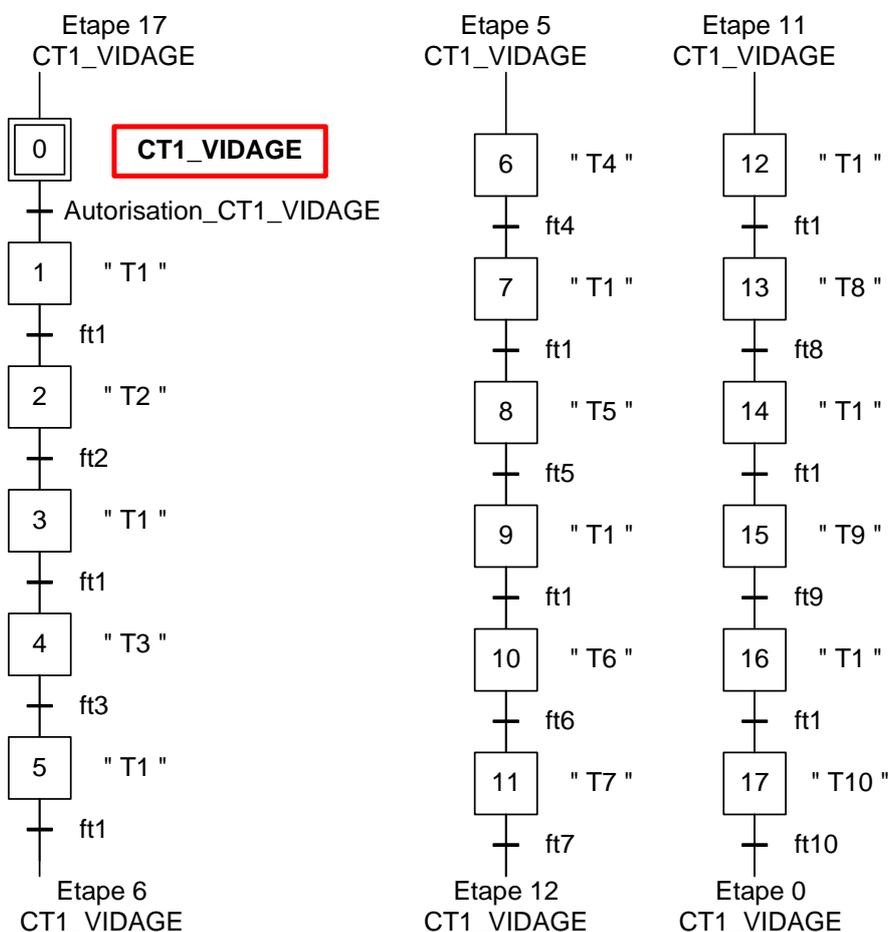
Position du poste	Désignation du poste	Fonction du poste
<b>0</b>	POM	Prise d'Origine Machine, position de référence du badge sur l'axe du chariot
<b>A</b>	ÉJECTION	Évacuation d'un badge si défaut constaté
<b>B</b>	BADGE_VIDE	Rangement du badge vide (sans plaque)
<b>C</b>	PINCE	Ouverture du badge (extraction du demi-badge supérieur et maintien de ce dernier en attente)
		Pré-fermeture du badge (dépose du demi-badge supérieur)
<b>D</b>	CLOSE_BADGE	Fermeture du badge (clipsage du demi-badge supérieur sur le demi-badge inférieur)
<b>E</b>	DATAMATRIX	Lecture du code 2D
<b>F</b>	RFID	Lecture du code de la puce électronique
<b>G</b>	BADGE_PLEIN	Extraction du badge plein (avec plaque)
<b>H</b>	PRÉHENSEUR	Prise puis dépose de la plaque

- Remarques :
  - Les tâches de mise en position verticale du conteneur et d'indexation horizontale du plateau ne seront pas prises en compte dans cette étude.
  - La tâche T1 « Transfert » correspond à une fonction de déplacement du chariot de l'axe horizontal supportant le porte badge.

- Tableau de la partition en tâches : tâches listées chronologiquement

Tâches	Parcours	Intitulé	Durée (s)
T1	B – G	Transfert	0,5
T2	/	Extraction d'un badge avec plaque	3
T1	G – C	Transfert	0,35
T3	/	Ouverture du badge	1,5
T1	C – E	Transfert	0,2
T4	/	Lecture code DATAMATRIX	0,5
T1	E – F	Transfert	0,25
T5	/	Lecture code RFID	0,5
T1	F – H	Transfert	0,35
T6	/	Extraction de la plaque du demi-badge inférieur	2
T7	/	Rangement de la plaque dans une alvéole du plateau	4
T1	H – C	Transfert	0,5
T8	/	Dépose du demi-badge supérieur	1,5
T1	C – D	Transfert	0,05
T9	/	Fermeture du badge	1
T1	D – B	Transfert	0,3
T10	/	Rangement du badge sans plaque	3

- Grafcet « CT1\_VIDAGE » :



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

À partir du grafcet « CT1\_VIDAGE »,

- Déterminer la cadence obtenue.
- Vérifier la compatibilité avec le cahier des charges.

**Question 7** (Répondre sur **documents réponses** page 18)

À partir du tableau de la partition en tâches du processus et du grafcet « CT1\_VIDAGE » correspondant,

- Compléter, sur le **document réponses** page 18, le tableau 1 en vue de diminuer le temps de cycle « VIDAGE ». Mettre en œuvre si possible des séquences simultanées et justifier les réponses.
- À partir du **tableau 1** précédent, compléter, sur le **document réponses** page 18, le **tableau 2** en déterminant :
  - Le nouveau temps de cycle « VIDAGE ».
  - La cadence ainsi obtenue.
  - La compatibilité avec le cahier des charges.
- À partir du **tableau 1**, compléter, sur le **document réponses** page 19, le grafcet de coordination des tâches « CT2\_VIDAGE ».

**5. Élaboration d'un synoptique de l'organisation des fonctions opératives**

- Remarques :
  - Le cheminement du demi-badge inférieur doit respecter le processus énoncé précédemment (**Voir page 10**).
  - Au fur et à mesure de son cheminement, le demi-badge inférieur possède ou non :
    - ❖ une plaque,
    - ❖ un demi-badge supérieur.

**Question 8** (Répondre sur le **document réponses** page 20)

- Compléter le synoptique proposé en précisant par des flèches numérotées la trajectoire du demi-badge inférieur de la pile en entrée à la pile en sortie pour un cycle sans défaut constaté.

## 2ème Partie

L'étude portera sur le choix de l'axe horizontal assurant le déplacement du chariot porte badge.

### 6. Choix du type de technologie utilisé pour les éléments structurels et constitutifs du système

#### Choix d'une technologie pour le déplacement du chariot

- Un choix technologique d'axe est à effectuer ; le matériel FESTO est imposé.
- Il s'agit de l'axe du chariot qui permet d'effectuer les déplacements principaux du demi-badge inférieur.
- Parmi les 3 technologies proposées (voir les **documents ressources** pages 15 à 17), un choix technologique est à effectuer.
- Globalement, les contraintes sont les suivantes :
  - masse à déplacer : 0,3 kg
  - nombre de positions : 10
  - course utile : 1000 mm
  - vitesse maxi : 1200 mm/s
  - accélération/décélération maxi : 10 m/s<sup>2</sup>
  - précision de positionnement :  $\pm 0,1$  mm

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

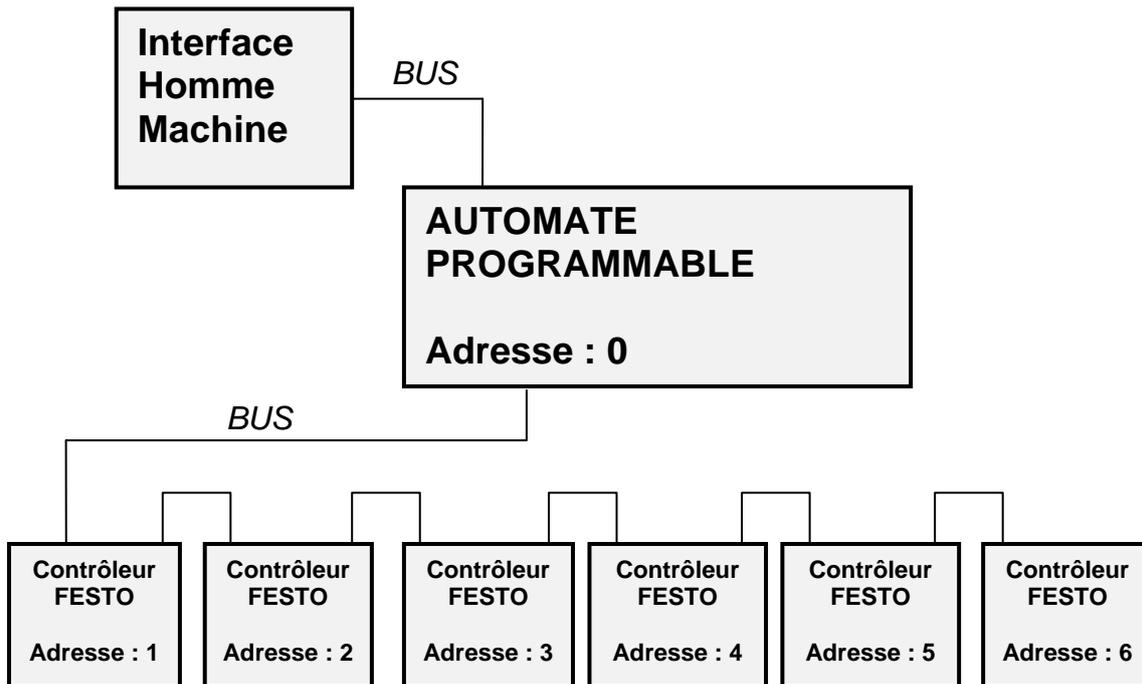
À partir des contraintes listées précédemment et des **documents ressources** pages 15 à 17,

- *Établir un tableau faisant apparaître tous les critères permettant de comparer les 3 solutions.*
- *Choisir et justifier une solution.*

#### Choix d'une configuration matérielle de la partie commande

- Le contrôleur de commande est un automate programmable (API) intégrant des ports de communication.
- Un écran tactile de contrôle-commande assure l'Interface Homme Machine (IHM).
- La machine de traitement automatique de badges est équipée de six axes électromécaniques.
- Ces axes sont pilotés par des contrôleurs d'axe FESTO.

## Vue synoptique de l'architecture matérielle de la partie commande



Il s'agit de choisir précisément les éléments matériels constituant l'architecture de la partie commande. (Type d'API, type de Bus, type d'IHM)

Plusieurs fournisseurs différents sont envisagés :

### FESTO :

API avec bus CANopen et bus Ethernet

coût : 522,07 € HT

IHM 5,7" couleur avec bus Ethernet

coût : 1172,33 € HT

Contrôleur d'axe pour moteur avec bus CANopen

coût : 719,29 € HT

Carte d'extension Profibus pour contrôleur d'axe

coût : 278,44 € HT

(Coût par carte mais seulement si nécessaire)

### SCHNEIDER ELECTRIC :

API avec bus CANopen et bus MODBUS

coût : 1227,82 € HT

IHM 5,7" couleur avec bus MODBUS

coût : 1137,10 € HT

### SIEMENS :

API avec bus Profibus et bus MPI

coût : 814,65 € HT

IHM 5,7" couleur avec bus MPI

coût : 714,18 € HT

**Question 10** (Répondre sur le **document réponses** page 21)

A l'aide des caractéristiques des éléments ci-dessus, déterminer la solution matérielle la moins coûteuse conforme à l'architecture souhaitée,

- Compléter le tableau 3 comparatif des différentes solutions possibles.
- Choisir et justifier une solution.

# Chiffrage solution « Axe pneumatique » FESTO

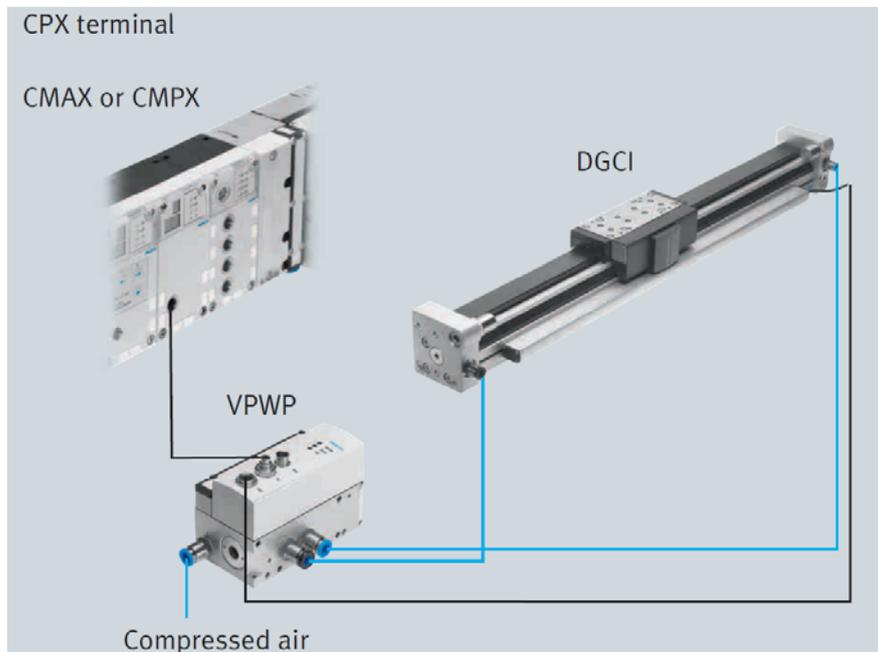
## 1 – Aperçu du dispositif :

**Conception :** La conception du système de déplacement est variable selon la fonction et l'utilisation. La mesure de position sera absolue, numérique ou potentiométrique, intégrée ou non à l'actionneur.

### Exemple de mouvement linéaire :

Un vérin sans tige DGCI avec guidage à recirculation de billes et capteur de déplacement intégré sans contact pour une mesure absolue est proposé.

Avantage : l'actionneur peut être connecté directement au CMAX ou au CMPX sans interface additionnelle offrant une solution « Plug & Work » avec auto-identification.



## 2 – Chiffrage :

	Caractéristiques	Réf. constructeur	Coût HT
Vérin équipé d'un capteur numérique de recopie de la position	Ø piston = 18 mm Course = 1000 mm Fixation par pattes	DGCI-18-1000-KF-QD ZUB-F	1589,75 €
Distributeur proportionnel	Raccords rapides	VPWP-4-L-5-Q6-10-E-D	586,41 €
Contrôleur d'axe	/	CPX-CMAX-C1-1	477,98 €
<b>COÛT TOTAL (hors connectique &amp; détecteurs divers)</b>			<b>2654,14 €</b>

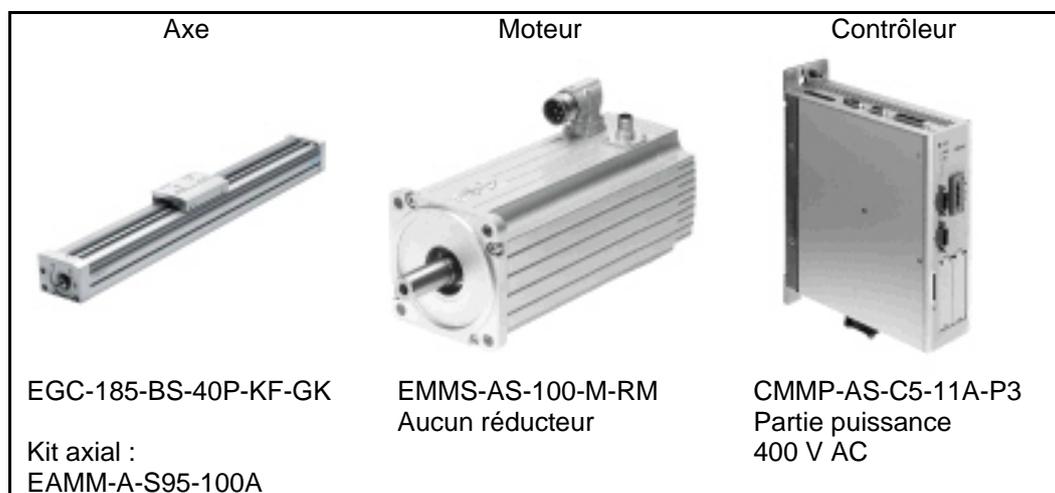
## 3 – Performances attendues :

Longueur utile maxi (mm)		2000
Masse déplacée	Horizontal (kg)	1 – 300
	Vertical (kg)	1 – 100
Précision de position (mm)		≥ ± 0,2
Vitesse de déplacement (m/s)		Max. 3
Accélération/décélération (m/s <sup>2</sup> )		Max. 30
Effort à 6 bars (N)		30 - 2700

# Chiffrage solution « Axe électrique » FESTO

## A – Système du type « vis-écrou à billes » :

### 1 – Aperçu du dispositif :



### 2 – Chiffrage :

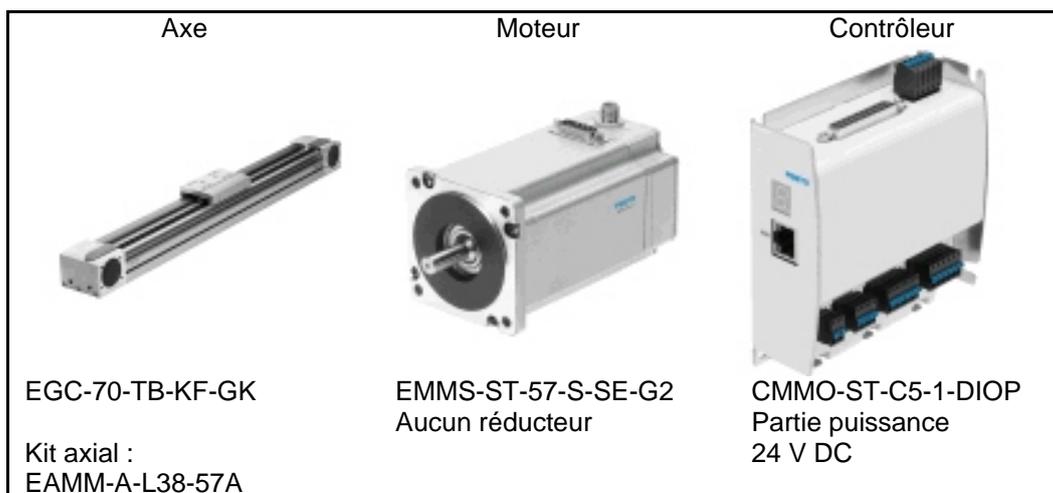
	Caractéristiques	Réf. constructeur	Coût HT
<b>Axe :</b> « code 556811 »	Course = 1000 mm	EGC-185-1000-BS-40P-K F-OH-MR-GK	3478,12 €
<b>Kit axial :</b> « code 558169 »	/	EAMM-A-S95-100A	373,56 €
<b>Servomoteur CA :</b> « code 550128 »	/	EMMS-AS-100-M-HS-RM	1357,09 €
<b>Contrôleur d'axe :</b> « code 551023 »	/	CMMP-AS-C5-11A-P3	1920,04 €
<b>COÛT TOTAL (hors connectique &amp; détecteurs divers)</b>			<b>7128,81 €</b>

### 3 – Performances attendues :

<b>Longueur utile maxi (mm)</b>	3000
<b>Précision de position (mm)</b>	± 0,02
<b>Masse déplacée horizontalement (kg)</b>	Max. 569
<b>Vitesse de déplacement (m/s)</b>	Max. 2
<b>Accélération/décélération (m/s<sup>2</sup>)</b>	Max. 11

## B – Système du type « courroie crantée » :

### 1 – Aperçu du dispositif :



### 2 – Chiffrage :

	Caractéristiques	Réf. constructeur	Coût HT
<b>Axe :</b> « code 556813 »	Course = 1000 mm	EGC-70-1000-TB-KF-OH-GK	1168,27 €
<b>Kit axial :</b> « code 560679 »	/	EAMM-A-L38-57A	115,79 €
<b>Moteur pas à pas :</b> « code 1370475 »	/	EMMS-ST-57-S-SE-G2	240,39 €
<b>Contrôleur d'axe :</b> « code 1512316 »	/	CMMO-ST-C5-1-DIOP	326,25 €
<b>COÛT TOTAL (hors connectique &amp; détecteurs divers)</b>			<b>1850,70 €</b>

### 3 – Performances attendues :

<b>Longueur utile maxi (mm)</b>	5000
<b>Précision de position (mm)</b>	± 0,08
<b>Masse déplacée horizontalement (kg)</b>	Max. 20
<b>Vitesse de déplacement (m/s)</b>	Max. 1,5
<b>Accélération/décélération (m/s<sup>2</sup>)</b>	Max. 20

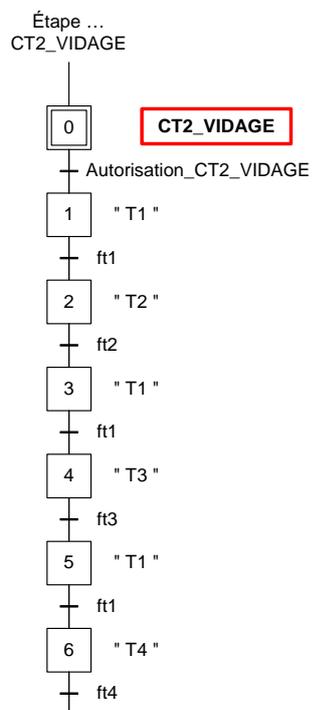
## Question 7 : Optimiser le temps de cycle « VIDAGE »

Tableau 1		Lister les tâches à effectuer les unes après les autres				
Justification	Tâche	Temps en s				
		alloué	cumulé			
	T1	0,5	0,5			
	T2	3	3,5			
	T1	0,35	3,85			
	T3	1,5	5,35			
	T1	0,2	5,55			
	T4	0,5	6,05			
Lister les tâches à effectuer en parallèle ou « simultanément »						
Justification	Tâche	Temps en s		Tâche	Temps en s	
		alloué	cumulé		alloué	cumulé

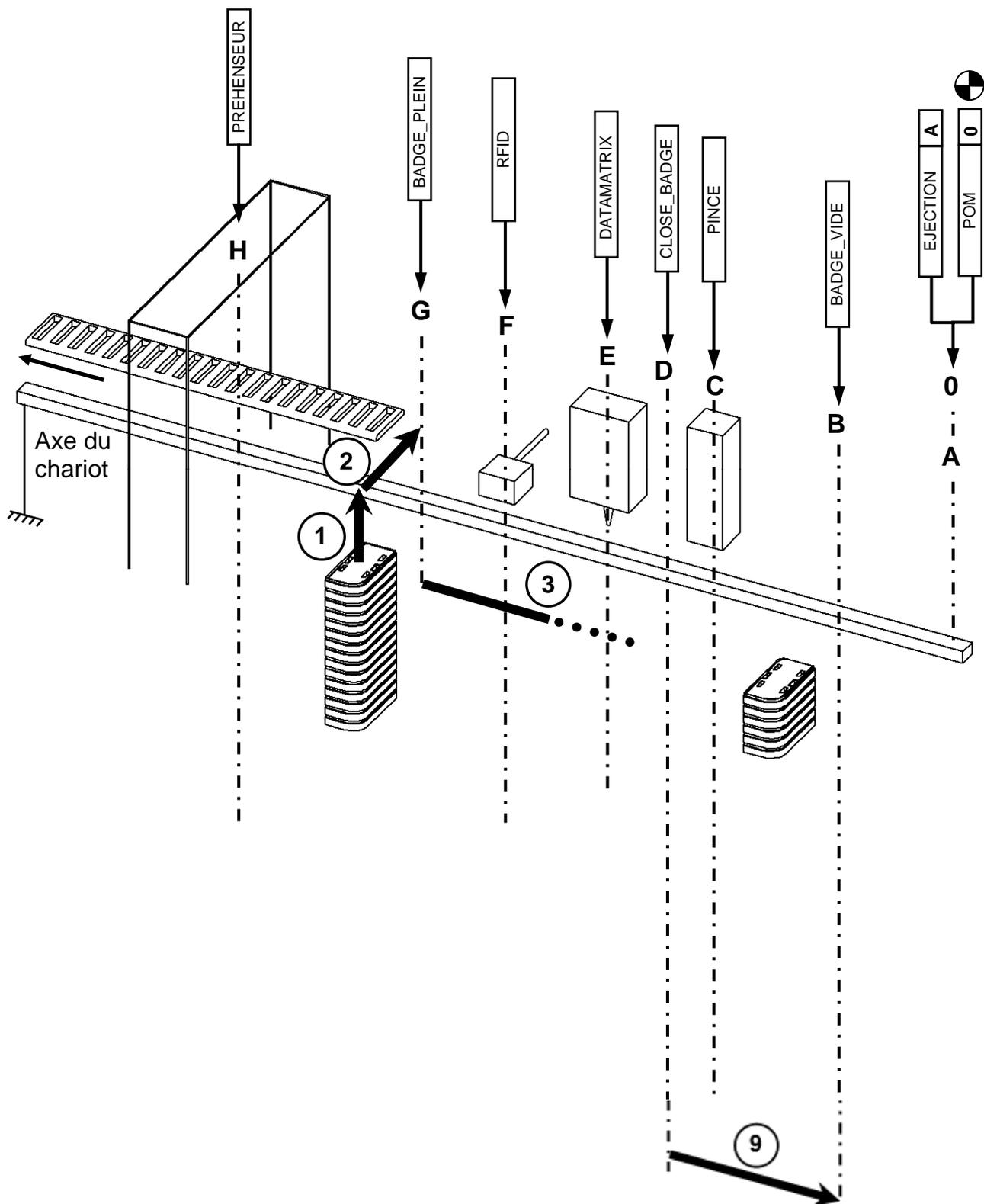
## Question 7 : Évaluer le nouveau temps de cycle, calculer la cadence et vérifier la compatibilité

Tableau 2	Réponse	Justification
Temps de cycle « Vidage » correspondant :		
Cadence obtenue en nombre de badges par heure :		
Compatibilité avec le cahier des charges ?		

**Question 7 : Compléter le grafcet de  
coordination des tâches  
« CT2\_VIDAGE »**



## Question 8 : Processus étudié du cycle de VIDAGE (Étude du cheminement du demi-badger inférieur)



## Question 10 : Choix d'une configuration matérielle de la partie commande

- Compléter le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3	FESTO	Schneider Electric	SIEMENS
Coût API en €			
Coût IHM en €			
Coût Contrôleur d'axe FESTO en €			
Coût TOTAL en €			

- Choisir une solution :

- Justifier cette solution :