

# Capsuleuse de bocaux

## Activités proposées



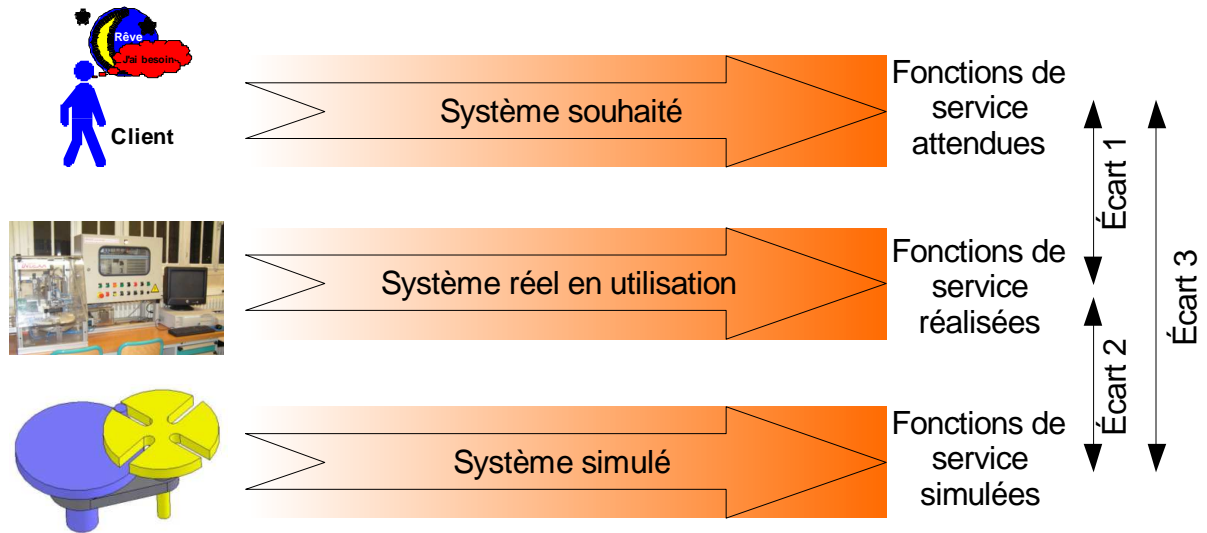
### Présentation de l'épreuve :

Cette épreuve n'est pas une épreuve écrite, il n'est donc pas demandé de rédiger un compte rendu. Toutefois, il est demandé d'élaborer avec soin les dessins, les schémas et les graphes utilisés comme illustration lors de cette prestation orale. Pour préparer les réponses aux activités proposées, il faut utiliser les feuilles remises comme brouillon en début d'épreuve. **Ces feuilles ne sont pas évaluées, seule la prestation orale est évaluée.**

Pendant le dernier quart d'heure de l'épreuve, et quel que soit l'état d'avancement de vos travaux, l'examineur vous demandera de présenter une synthèse finale des activités réalisées (3 minutes maximum). Vous vous attacherez à préciser les objectifs qui ont été fixés, à établir un bilan des activités menées et vous conclurez sur les résultats obtenus. Cette synthèse finale devra permettre à l'examineur de juger votre capacité à comprendre globalement la problématique qui vous a été proposée.

## Rappels sur la démarche de l'ingénieur

Durant cette épreuve, le candidat sera amené à s'inscrire dans la démarche de l'ingénieur d'analyse et de résolution de problèmes sur un système complexe industriel, qui se représente symboliquement par le schéma suivant :



Cette démarche consiste à vérifier les performances attendues d'un système complexe (quantification de l'écart 1), à valider une modélisation à partir d'expérimentations (quantification de l'écart 2) et à prévoir les performances d'un système à partir d'une modélisation (quantification de l'écart 3).

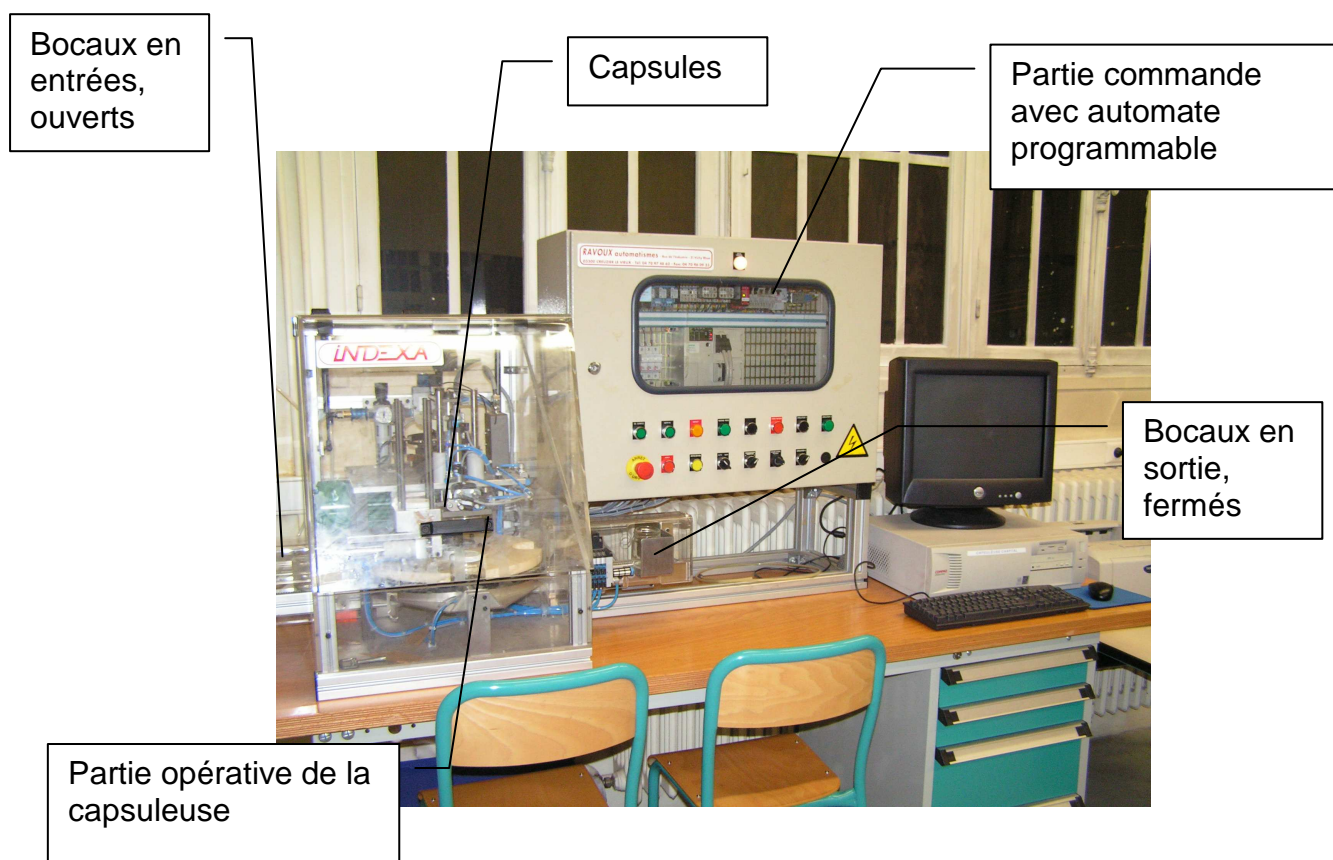
A chaque fois que cela lui sera demandé, le candidat devra indiquer le système sur lequel il travaille (système souhaité, système réel en utilisation ou système simulé) et l'écart qu'il quantifie.

Au cours de la synthèse finale, le candidat pourra s'appuyer sur ce schéma, s'il le juge utile.

## Mise en situation

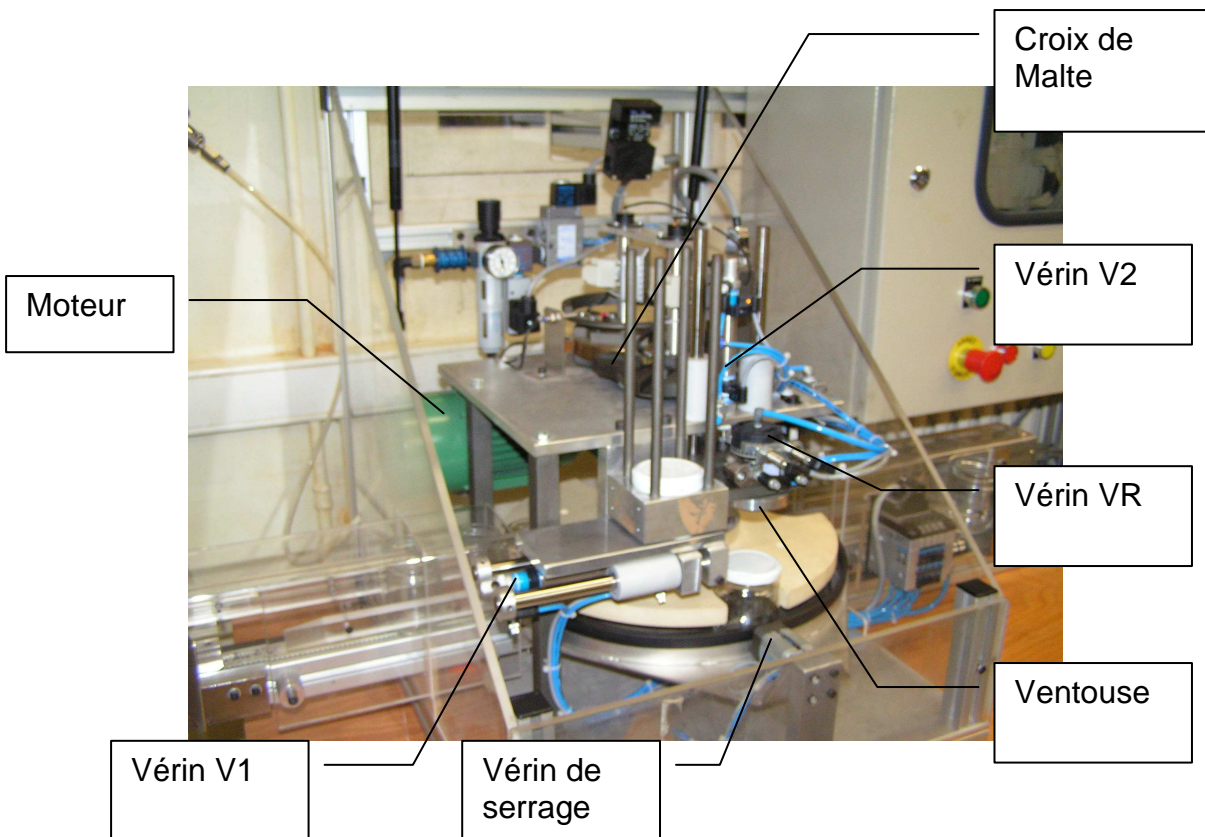
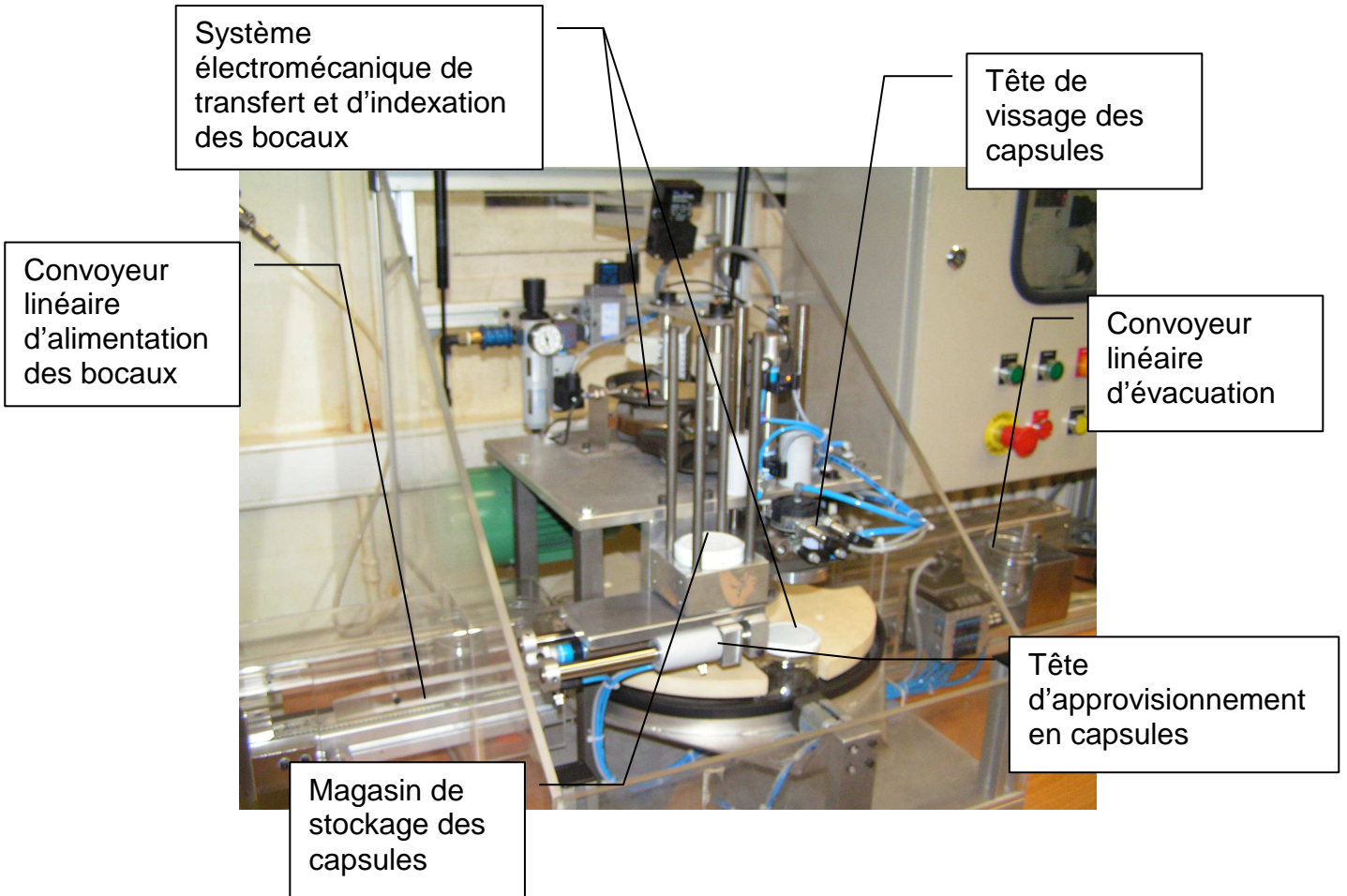
Les capsuleuses de bocaux sont largement utilisées dans l'industrie (voir l'annexe « Domaine d'utilisation » du dossier technique pour quelques exemples).

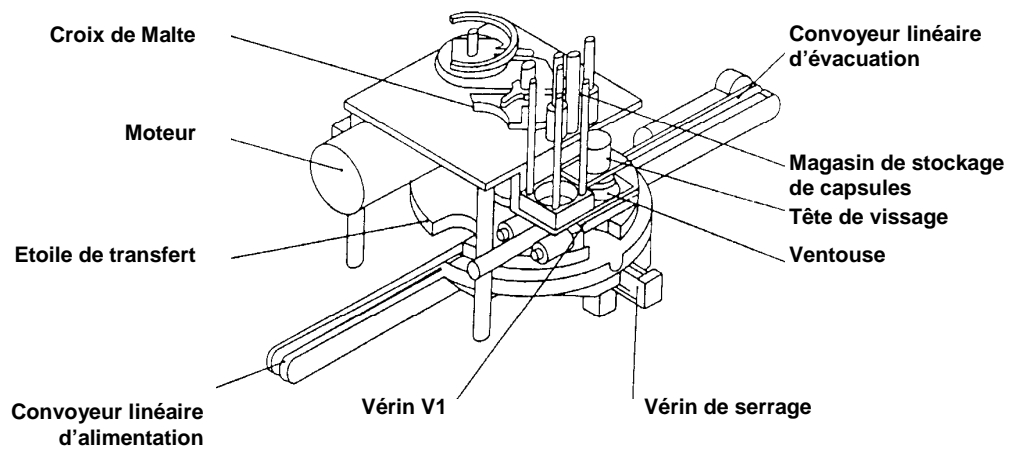
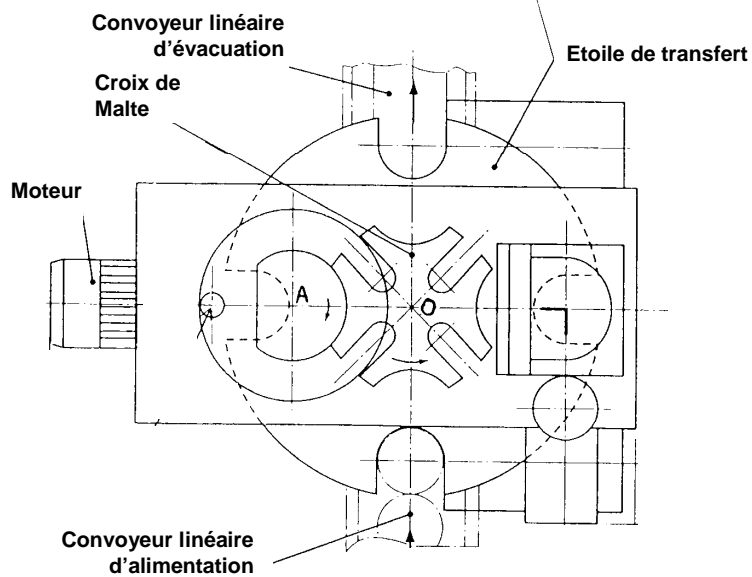
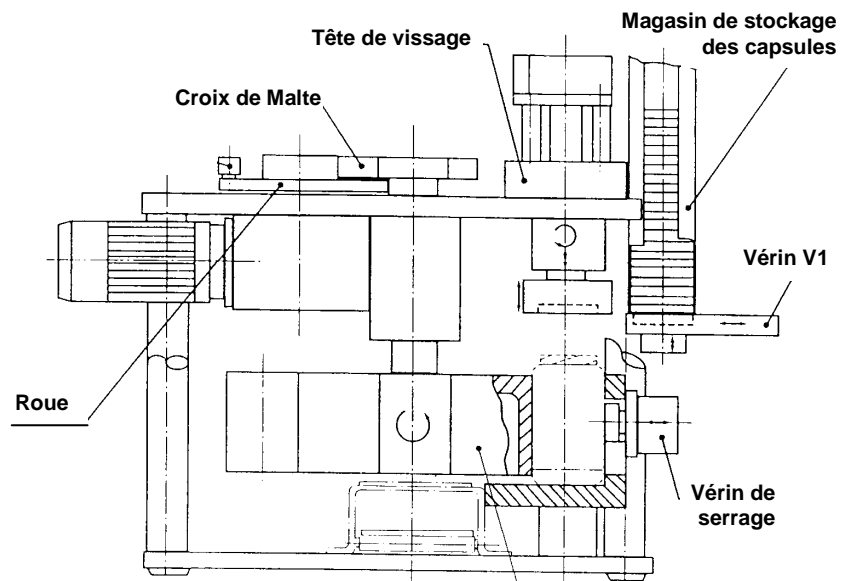
Le support proposé est un système industriel qui s'insère dans une chaîne de conditionnement de produits alimentaires, entre l'unité de remplissage des bocaux et le poste d'étiquetage. Sa fonction principale est de « fermer de manière étanche un bocal avec une capsule ».



Cette maquette est instrumentée et comprend plusieurs parties :

- un convoyeur linéaire d'alimentation des bocaux,
- un système électromécanique de transfert et d'indexation des bocaux (moteur, mécanisme roue / croix de Malte, étoile de transfert),
- un magasin de stockage des capsules,
- une tête de vissage des capsules (vérin V2, vérin VR, ventouse, vacuostat et générateur de vide)
- une tête d'approvisionnement en capsules (vérin V1)
- un vérin de serrage des bocaux, destiné à maintenir les bocaux pendant le vissage,
- un convoyeur linéaire d'évacuation des bocaux,
- une partie commande par automate programmable et un pupitre de commande.



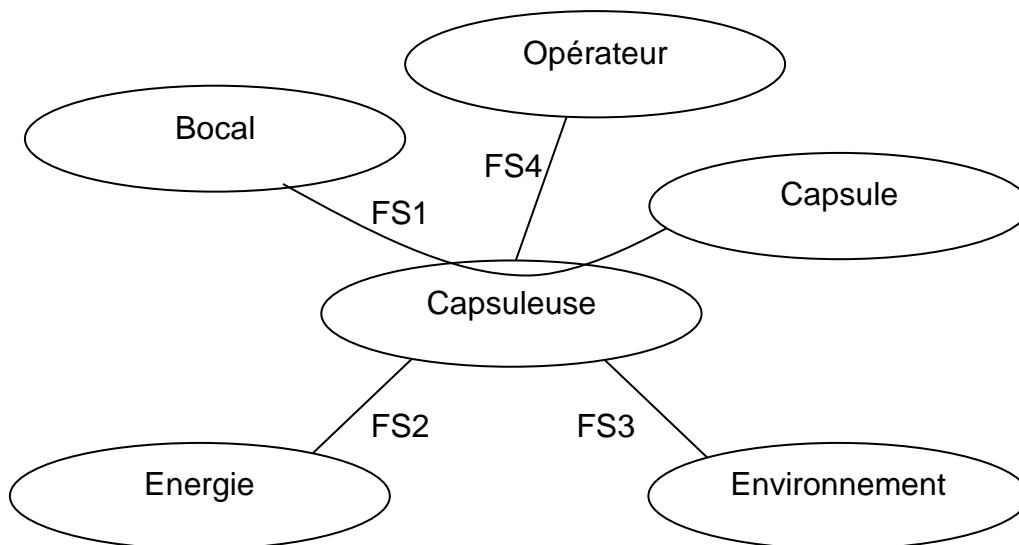


La ventouse est associée à un vacuostat et à un générateur de vide. Le vacuostat délivre une information de sortie dès qu'un seuil de vide déterminé et réglable est atteint.

Le convoyeur linéaire d'alimentation amène un bocal  $B_n$  dans une encoche  $i$  de l'étoile de transfert. Cette étoile de transfert est liée à un mécanisme à croix de Malte. Le mécanisme à croix de Malte est composé d'une roue pourvue d'un galet et d'une croix de Malte. La roue, commandé par un moto réducteur asynchrone, est en rotation et entraîne dans son mouvement le galet. Au cours d'un tour de la roue, le galet va s'engager dans une rainure de la croix de Malte, puis s'en dégager. La croix de Malte est donc entraînée en rotation autour de son axe de façon intermittente par la roue.

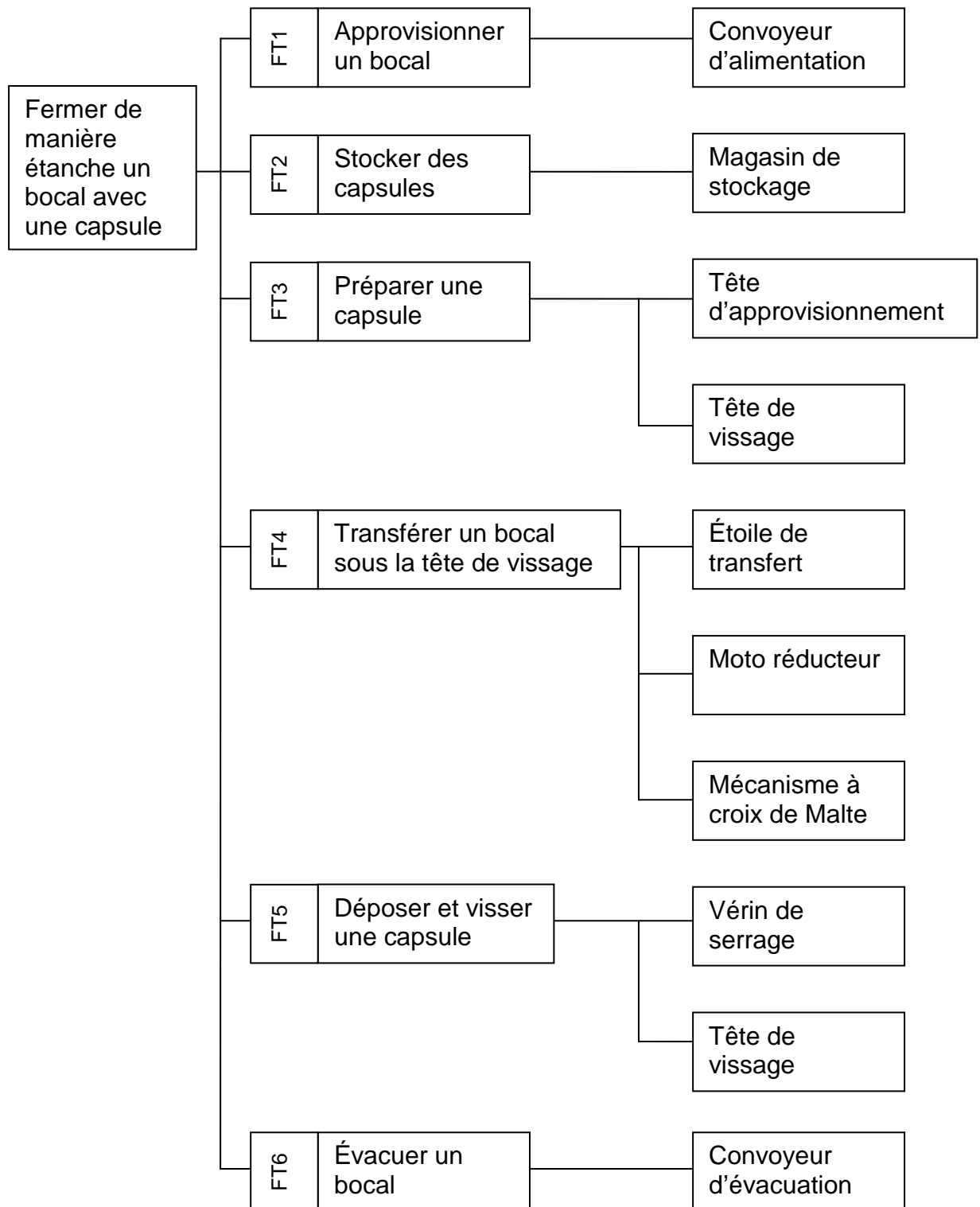
Dans son mouvement, la croix de Malte entraîne l'étoile de transfert, et le bocal  $B_n$ , placé dans l'encoche  $i$ , est alors amené sous la tête de vissage. Ce bocal est immédiatement bloqué par le vérin de serrage. Ensuite le bocal  $B_{n+1}$  prend place dans l'encoche  $i + 1$  de l'étoile de transfert. Lorsque la capsule est vissée sur le bocal  $B_n$ , la croix de Malte entraîne à nouveau l'étoile de transfert, le bocal  $B_n$  est dirigé vers le convoyeur linéaire d'évacuation et le bocal  $B_{n+1}$  est quant à lui conduit sous la tête de vissage.

Le diagramme partiel des interacteurs de la capsuleuse, dans la phase de vie de fermeture étanche des bocaux de manière nominale, est le suivant :



Fonction	Critères	Niveaux
FS1 : fermer de manière étanche un bocal avec une capsule	Productivité	7 bocaux par minute maximum
FS2 : s'adapter à l'énergie disponible	Tension	220 V
	Pression d'air	> 6 bars
FS3 : s'adapter et résister à l'environnement	Inclinaison du bâti	5° max
FS4 : permettre à l'opérateur de gérer le système	Réglage cadence	[0 ; 7] bocaux par minutes

Le diagramme FAST des fonctions techniques utilisées sur la capsuleuse est le suivant :



Les activités proposées dans ce TP ont pour objectif de vérifier les performances de la capsuleuse, et de comprendre les solutions constructives retenues pour réaliser les fonctions techniques ci-dessus.

## Analyse du système

Dans cette première partie « analyse du système », les manipulations proposées ainsi que les questions posées ont pour objectif de faciliter la compréhension du fonctionnement global de la capsuleuse. A la fin de cette première partie, le candidat fera une synthèse des activités réalisées. Pour cette synthèse, il n'est pas demandé de répondre obligatoirement aux questions dans l'ordre où elles ont été posées. Les réponses formulées se limiteront néanmoins aux questions posées. Le temps conseillé pour préparer cette première partie est d'une heure maximum. La synthèse ne doit pas dépasser 10 min.

Pendant le temps de préparation de cette première partie, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème expérimental.

Prendre connaissance des annexes « A savoir avant toute manipulation », « Pilotage en mode continu », « Pilotage en mode pas à pas » et « Pilotage en mode libre » du dossier ressource.

### Activité 1

- Appliquer la procédure pour faire fonctionner le système dans ses trois modes.
- Réaliser un protocole expérimental permettant de vérifier le critère de productivité de la fonction FS1.

### Activité 2

- Décrire le système par l'intermédiaire de l'outil SADT de niveau A0 (ou tout autre outil équivalent mettant en évidence les flux dans le système).

Prendre connaissance de l'annexe « Actions et informations disponibles sur la capsuleuse » du dossier technique.

### Activité 3

- Identifier sur le système les capteurs qui fournissent les informations disponibles, décrire leur fonctionnement et les trier par les fonctions techniques décrites dans le FAST du système.

### Activité 4

- Établir un grafcet qui décrit le fonctionnement de la capsuleuse.

### Activité 5

- Pour chacune des activités précédentes, préciser où elles s'intègrent dans la démarche de l'ingénieur.

Dès que votre intervention orale est prête, le signaler à l'examinateur, puis passer à la suite sans attendre.

Pour la suite de l'épreuve, préparer les réponses aux activités proposées en suivant l'ordre et les indications du texte.



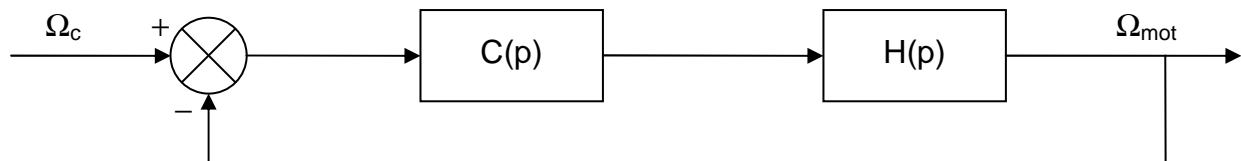
## Etude de la fonction technique FT4 : transférer un bocal sous la tête de vissage

L'analyse structurelle de la capsuleuse fait apparaître la fonction technique FT4 : « transférer un bocal sous la tête de vissage ». Une liste partielle des critères à vérifier sont décrits dans le tableau suivant :

Fonction	Critères	Niveaux
FT4 : transférer un bocal sous la tête de vissage	...	...
	Erreur statique	<1%
	Stabilité	$M\phi > 40^\circ$
	...	...

L'objectif de cette partie est de modéliser la chaîne d'asservissement en vitesse de la capsuleuse, et de proposer le réglage d'un correcteur qui permet de satisfaire les niveaux des critères de la fonction FT4.

La chaîne d'asservissement en vitesse de la capsuleuse peut être modélisée par le schéma bloc suivant :



$C(p)$  est la fonction de transfert d'un correcteur et  $H(p)$  est la fonction de transfert du bloc de commande et du motoréducteur.  $\Omega_c$  est la vitesse angulaire consigne, et  $\Omega_{mot}$  est la vitesse en sortie du motoréducteur.

Prendre connaissance de l'annexe « Identifier le système croix de Malte » du dossier ressource.

### Activité 6

- Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer l'évolution de  $\Omega_{mot}$  lorsque  $\Omega_c$  est une consigne de vitesse en échelon de  $20 \text{ tr.min}^{-1}$ , pour un correcteur proportionnel égal à 1.
- Proposer un modèle pour la FTBF obtenue.
- En déduire un modèle pour la fonction  $H(p)$ .

Prendre connaissance de l'annexe « Utilisation du logiciel Did'Acsyde » du dossier ressource.

### Activité 7

- Tracer, sous le logiciel Did'Acsyde, le schéma bloc représenté ci-dessus avec les paramètres identifiés.
- Tracer l'évolution de  $\Omega_{\text{mot}}$  lorsque  $\Omega_c$  est une consigne de vitesse en échelon de  $20 \text{ tr.min}^{-1}$ , pour un correcteur proportionnel égal à 1.
- Commenter les écarts qui existent entre la réponse expérimentale et le résultat simulé.

### Activité 8

- Après avoir justifié le choix d'un correcteur proportionnel intégral, utiliser le logiciel Did'Acsyde pour rechercher un jeu de paramètres  $K_p$  et  $T_i$  d'un correcteur de fonction de transfert  $K_p.(1+1/T_i p)$  qui convient pour satisfaire les niveaux des critères de la fonction FT4.
- Expliquer la démarche adoptée.

**ATTENTION : pour la question suivante, si le système devient instable et se met à vibrer anormalement, l'arrêter immédiatement en appuyant sur l'arrêt d'urgence et appeler l'examineur pour régler le problème.**

### Activité 9

- Réaliser un protocole expérimental mettant en œuvre le système avec le correcteur proportionnel intégral trouvé pour satisfaire les niveaux des critères de la fonction FT4.
- Commenter les écarts qui existent entre la réponse expérimentale et le résultat simulé.

## Étude de la fonction technique FT5 : déposer et visser une capsule

L'objectif de cette partie est de comprendre et modéliser la solution constructive retenue sur la capsuleuse pour réaliser la fonction technique FT5.

La tête de vissage est constituée du vérin V2, qui permet les mouvements verticaux de la ventouse, et du vérin VR qui réalise le vissage d'une capsule sur un bocal.

### Activité 10

- Décrire le guidage du mouvement de translation de la tête de vissage par rapport au bâti (le vérin ne sera pas pris en compte pour cette étude).
- En proposer une modélisation.
- Déterminer la liaison équivalente réalisée et son degré d'hyperstaticité.
- Préciser les avantages de la solution retenue pour réaliser la fonction FT5 dans le système.

### Activité 11

- Préciser le rôle du vérin V2 respectivement lors de la descente et de la remontée de la tête de vissage.
- Préciser les avantages de la solution retenue pour réaliser la fonction FT5 dans le système.

Prendre connaissances des annexes « Schémas pneumatiques », et « Norme ISO pour les composants pneumatiques » du dossier technique.

### Activité 12

- Identifier sur le système les éléments 3Q2, 3Q4, 3YV0 et 3YV1.
- Expliquer, à partir du schéma pneumatique fourni dans le dossier technique, les mouvements de montée et de descente de la tige du vérin V2.
- Faire le lien entre les commandes des distributeurs 3YV0 et 3YV1 avec les commandes manuelles de l'annexe 4.
- Préciser les avantages de la solution retenue pour réaliser la fonction FT5 dans le système.

### Activité 13

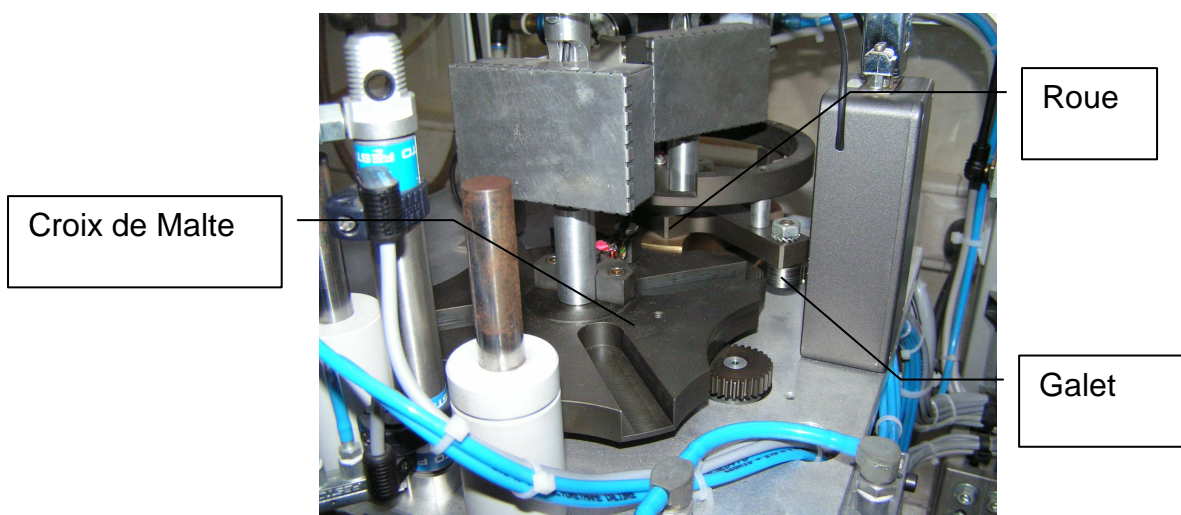
- Observer le fonctionnement lorsqu'il n'y a plus de couvercle dans le magasin. Compléter le grafcet établi dans la première partie afin de prendre en compte ce défaut, l'instrumentation n'étant pas modifiée.

## Étude de la fonction technique FT4 : transférer un bocal sous la tête de vissage

L'analyse structurelle de la capsuleuse fait apparaître la fonction technique FT4 : « transférer un bocal sous la tête de vissage ». Une liste partielle des critères à vérifier sont décrits dans le tableau suivant :

Fonction	Critères	Niveaux
FT4 : transférer un bocal sous la tête de vissage	...	...
	Vitesse de déplacement du bocal	?
	...	...

L'objectif de cette partie est de quantifier le niveau du critère de vitesse de déplacement du bocal de la fonction FT4.



L'annexe « Représentation spatiale du système roue / croix de Malte » du dossier technique illustre le mécanisme roue / croix de Malte, en 3 dimensions.

### Activité 14

- Proposer une modélisation du système roue / croix de Malte par l'intermédiaire d'un schéma cinématique.
- Justifier toutes les hypothèses retenues pour réaliser cette modélisation.

L'annexe « Résultats de l'analyse cinématique sur le mécanisme à croix de Malte » du dossier technique montre la vitesse angulaire de la croix de Malte, simulée par logiciel.

### **Activité 15**

- Analyser le résultat issu de la simulation. Justifier en particulier les différentes phases observées, en indiquant la configuration de la croix de Malte aux différents instants.
- Retrouver l'ordre de grandeur de la vitesse maximale obtenue à partir de la modélisation proposée.

Prendre connaissance de l'annexe « Acquérir les signaux de vitesse » du dossier ressource.

### **Activité 16**

- Mettre en place un protocole expérimental permettant de mesurer la vitesse angulaire de la croix de Malte, lorsque la roue tourne à une vitesse de 20 tr/min.
- Commenter les écarts qui existent entre la réponse expérimentale et le résultat simulé.

Le moteur utilisé sur la capsuleuse tourne au maximum à 1500 tr.min<sup>-1</sup>.

### **Activité 17**

- L'entraînement en rotation de la roue est obtenu à partir d'un moteur asynchrone et d'un réducteur. Au regard des contraintes technologiques de l'environnement du système, proposer une technologie pour le réducteur de la chaîne fonctionnelle. Rechercher le rapport de réduction de vitesse entre le moteur et la roue.
- Déterminer le niveau du critère demandé pour la fonction FT4.

### **Activité 18**

- Pour chacune des activités précédentes de cette partie, indiquer ce à quoi elles correspondent dans la démarche de l'ingénieur.