

**SESSION 2007**

**BTS MECANIQUE ET AUTOMATISMES INDUSTRIELS**

**EPREUVE E5**

Conception détaillée de la partie commande

**Sous-épreuve 51**

**Analyse et étude détaillée des fonctions de commande**

Durée : 4 h 30 min    Coefficient 2

<b><i>UNITE DE MARQUAGE ET DE CONTROLE</i></b>
--

**TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS**

Documents remis aux candidats :

- Présentation générale \_\_\_\_\_ pages blanches de 1 à 3
- Travail demandé \_\_\_\_\_ pages jaunes de 4 à 8
  - Partie I : Imaginer une solution technique de commande
  - Partie II : Décrire le fonctionnement détaillé d'une partie commande
- Documents ressource \_\_\_\_\_ pages vertes de 9 à 11
- Document réponse \_\_\_\_\_ page bleue 12

**IMPORTANT** : *il est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à disposition.*

<p><b>Chaque partie sera traitée sur une feuille de copie séparée</b> <b>Le document réponse sera remis à la fin de l'épreuve même s'il n'a pas été utilisé</b></p>
---

# UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE

Support de l'étude : ligne de production de disjoncteur C60 de la société MERLIN GERIN.

## LE PRODUIT

Le disjoncteur C60 est un disjoncteur modulaire utilisé pour la protection des circuits dans l'industrie et le tertiaire. Il assure les fonctions suivantes :

- protection contre les courants de court-circuit et de surcharge,
- sectionnement.

Le produit est commercialisé sous quatre formes :



Unipolaire  
1 pôle



Bipolaire  
2 pôles



Tripolaire  
3 pôles



Tétrapolaire  
4 pôles

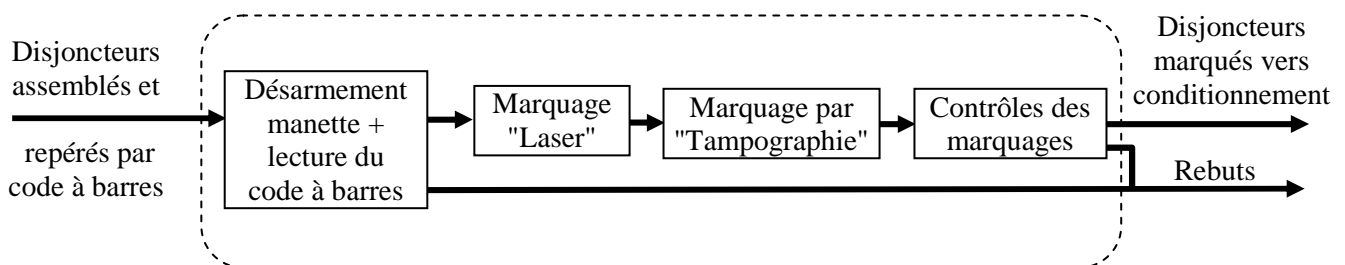
Le pôle est le module de base contenant un contact.

Le disjoncteur (ou produit) est l'appareil composé de 1 à 4 pôles.

Tous les pôles constitutifs de l'appareil sont liés mécaniquement par une manette de manœuvre manuelle.

Le désarmement correspond au sectionnement du circuit électrique passant au travers des pôles.

## STRUCTURE FONCTIONNELLE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE



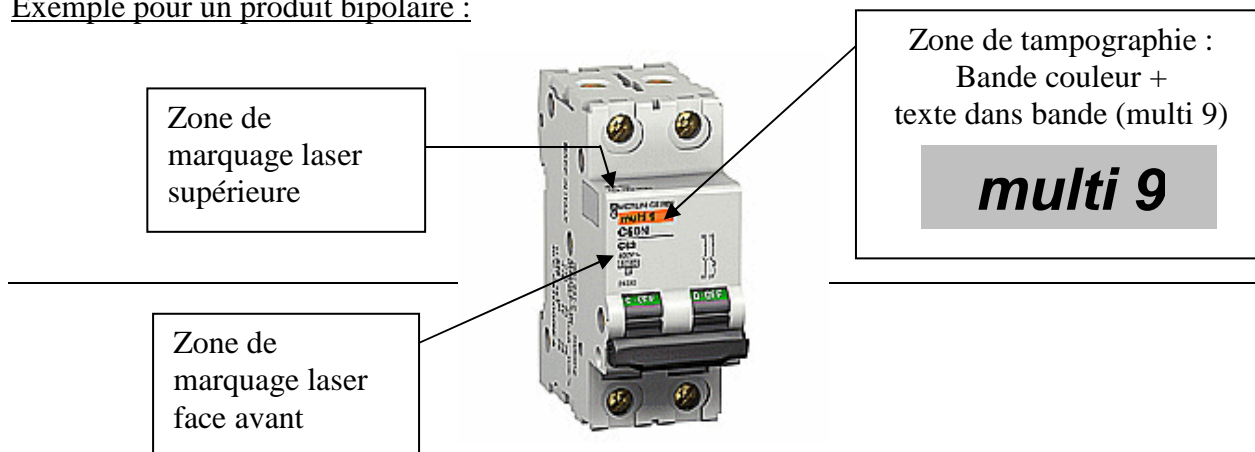
PARTIE ÉTUDIÉE

## ZONES DE MARQUAGE LASER ET DE TAMPOGRAPHIE SUR LE PRODUIT

Tous les produits de la gamme sont repérés à l'aide de trois zones de marquage. Deux marquages sont réalisés à l'aide d'imprimantes laser noir et blanc et le dernier par tampographie couleur.

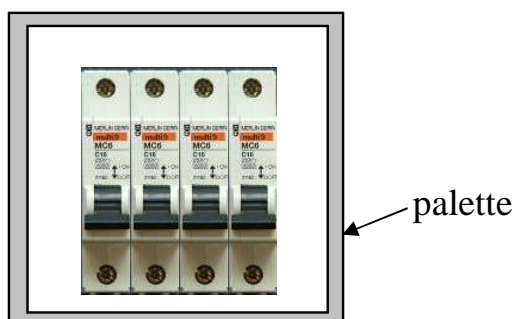
**Tampographie :** procédé d'impression permettant le report d'encre sur des formes régulières ou irrégulières au moyen d'un tampon en caoutchouc.

Exemple pour un produit bipolaire :



Une fois assemblé, serti et riveté, le produit (composé de 1 à 4 pôles) est acheminé par convoyeur jusqu'au poste de chargement P1 (voir synoptique page 3) d'où il sera chargé par lot sur une palette qui assurera la transitique entre les autres postes du système étudié. Une palette ne pouvant recevoir que 4 pôles au maximum, en fonction du type de produit fabriqué, 4 lots différents existent :

- 4 unipolaires (soit 4 produits)



*1 tripolaire (soit 1 produit)*



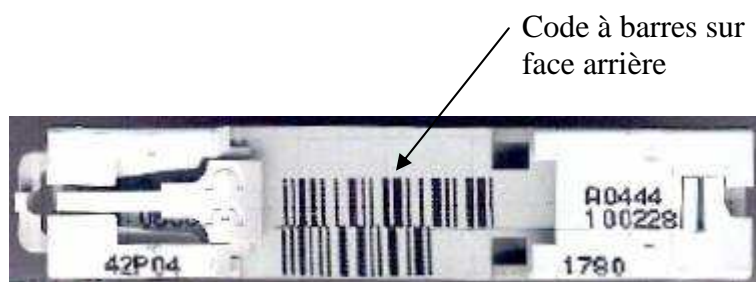
- 2 bipolaires (soit 2 produits)



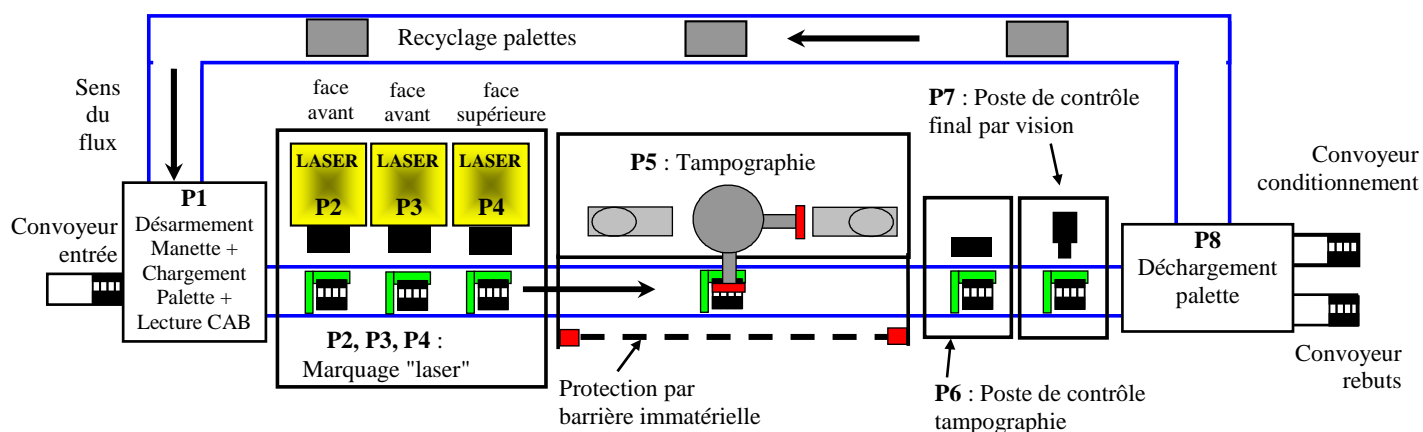
- 1 tétrapolaire (soit 1 produit)



Lors du chargement d'un lot sur la palette, la lecture d'un code à barres (CAB) situé sur la face arrière du produit permet d'identifier la série en cours et par conséquent le marquage à réaliser.



## SYNOPTIQUE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE



Poste P1 : Création et chargement d'un lot sur une palette + lecture CAB + désarmement manette

Poste P2 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 premiers produits du lot
- Bipolaire : marquage du premier produit du lot
- Tripolaire : marquage du produit
- Tétrapolaire : marquage du produit

Poste P3 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 derniers produits du lot
- Bipolaire : marquage du deuxième produit du lot
- Tripolaire : pas de marquage
- Tétrapolaire : pas de marquage

Poste P4 : Marquage laser face supérieure

- marquage de tous les produits

Poste P5 : Marquage tampographie (rectangle couleur + texte)

- marquage de tous les produits

Poste P6 : Contrôle tampographie

Poste P7 : Contrôle des produits par vision

Poste P8 : Déchargement des produits

- produits conformes sur le convoyeur « conditionnement »
- produits non-conformes sur le convoyeur « rebuts ».

## Partie I : Imaginer une solution technique de commande

### 1 Coordination des tâches du poste de chargement

On se propose de vérifier que la partition en 6 tâches opératives retenue lors de la pré-étude permet le respect du cahier des charges.

#### **Description du fonctionnement en production normale**

A partir des produits arrivant sur le convoyeur d'entrée qui fonctionne en continu, des lots de 1 à 4 produits sont isolés par l'intermédiaire d'un dispositif de blocage et d'une butée escamotable comme décrit sur les pages 9 et 10. Tous les pôles du lot isolé sont alors simultanément désarmés par l'action, sur la ou les manettes, d'un poussoir fixé au bout de la tige d'un vérin. Toutefois, si l'une des manettes reste en position armée, le lot complet sera déclaré non-conforme. Ensuite, après ouverture de la butée escamotable, le lot vient en appui sur la butée fixe, en position de préhension.

**Remarque : le « dispositif de préhension composé de 4 pinces accolées » sera appelé « pince ».**

Les produits, saisis par une pince pneumatique, sont enlevés du convoyeur lors d'une course verticale suffisante pour libérer la zone de préhension d'un lot, puis une translation horizontale positionne le lot au dessus d'un lecteur de code à barres (CAB) pour qu'une lecture d'un ou des identificateur(s) de la face arrière soit réalisée.

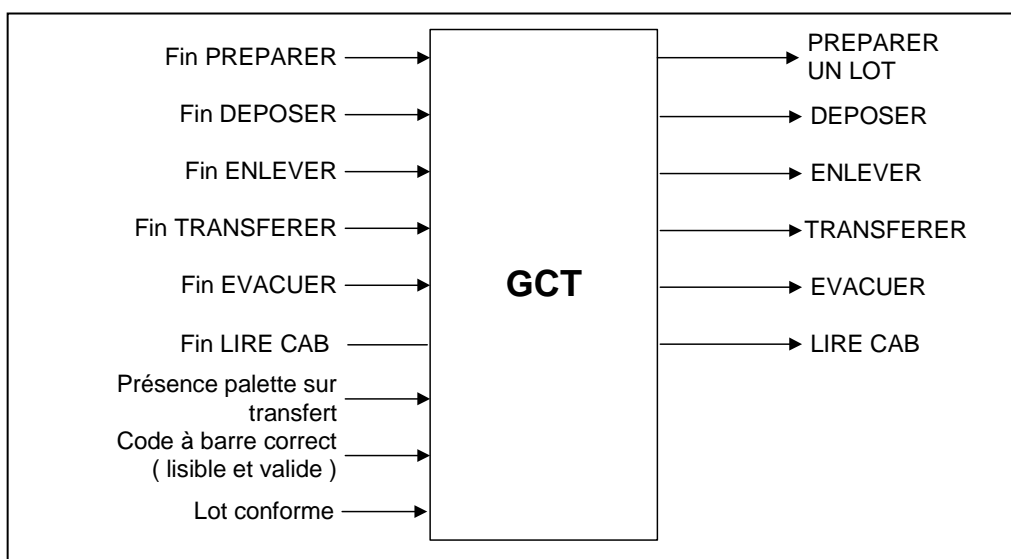
Si le lot est non-conforme (1 manette au moins non désarmée) ou si un produit de ce lot porte un CAB incorrect alors l'ensemble sera évacué dans la goulotte « produits défectueux », dans le cas contraire le lot est amené au dessus du convoyeur de transfert. La dépose nécessite la présence d'une palette.

Pour cette étude :

- la position de référence du bras manipulateur du poste P1 est la suivante : bras manipulateur position haute et pince ouverte au dessus du convoyeur d'entrée ;
- une palette vide sera toujours disponible pour déposer un lot sans temps d'attente en fin de la tâche « transférer ».

Rep.	Tâche	Ensemble opératif	description	Durée
1	PREPARER UN LOT (Isoler + Déplacer)	Dispositif de blocage + butée escamotable + butée fixe	Isoler un lot, désarmer les disjoncteurs (durée 2 s) + Déplacer le lot en position de préhension (durée 0,8 s)	2,8 s
2	ENLEVER	Bras manipulateur (axe vertical + pince)	Descendre le bras, prendre le lot puis remonter le bras	1 s
3	LIRE CAB	Bras manipulateur (axe horizontal) + lecteur CAB	Déplacer les produits au dessus du lecteur, lire et contrôler le(s) CAB	0,2 s
4	TRANSFERER	Bras manipulateur (axe horizontal + pince)	Déplacer le lot du lecteur vers le convoyeur « transfert »	1 s
5	DEPOSER	Bras manipulateur (axe vertical + pince + axe horizontal)	Descendre le bras, déposer le lot sur la palette et revenir en position de référence	1,2 s
6	EVACUER	Bras manipulateur (axe horizontal + pince)	Déplacer le lot non-conforme ou à code(s) à barres incorrect(s) du lecteur vers la goulotte d'évacuation, le lâcher et revenir en position de référence	0,8 s

Le tableau ci-dessous présente le bilan des entrées/sorties du grafcet de coordination des tâches GCT (à établir).



### Question 1-1

Tracer et remplir le tableau relatif à une analyse de coordination des tâches induisant une production en temps minimum, en respectant le modèle suivant :

Rep.	Tâche	Débute si	La fin autorise
1	PREPARER UN LOT		

### Question 1-2

Etablir le grafcet de coordination des tâches GCT correspondant au tableau précédent. La situation initiale ne sera pas précisée.

### Question 1-3

Démontrer que cette partition en 6 tâches ne permet pas le respect de la cadence minimale de 1000 palettes par heure donnée dans le cahier des charges.

### Question 1-4

Proposer et justifier une nouvelle partition en 7 tâches permettant de respecter la cadence minimale. Élaborer le nouveau grafcet de coordination des tâches.

## 2 Analyse des tâches

L'étude portera sur la description du comportement de la commande pour les différentes tâches. Le document ressource page 11 décrit, pour certaines tâches, le comportement de la commande (mouvements des effecteurs) du point de vue concepteur.

Lors de la préhension du lot sur le convoyeur et de sa dépose sur la palette la pince est orientée à 90°. La lecture du CAB ne pouvant se faire que par un balayage transversal du code, une rotation de la pince en position 0° est nécessaire. En cas d'évacuation d'un lot dans la goulotte, l'ouverture de la pince se fait également en position 0°.

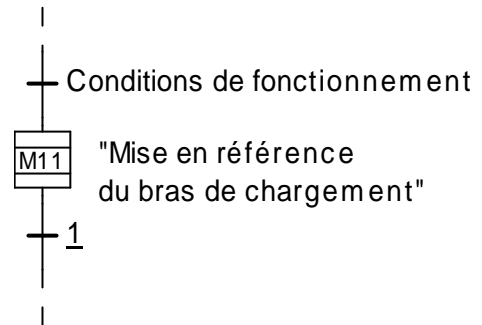
### Question 2-1

Établir les bilans des entrées/sorties associés aux tâches 5 et 6, puis élaborer les grafcet correspondants GT5 et GT6.

### 3 Étude de la mise en référence du bras de chargement

Le bras manipulateur assure le chargement des lots de disjoncteurs sur une palette située sur le convoyeur « transfert ». Il doit être mis en référence en début de fonctionnement ou en reprise après un arrêt.

Le grafcet global de mise en référence de l'ensemble du système comporte une macro-étape « M11 » dont l'expansion assure la mise en référence du bras de chargement.



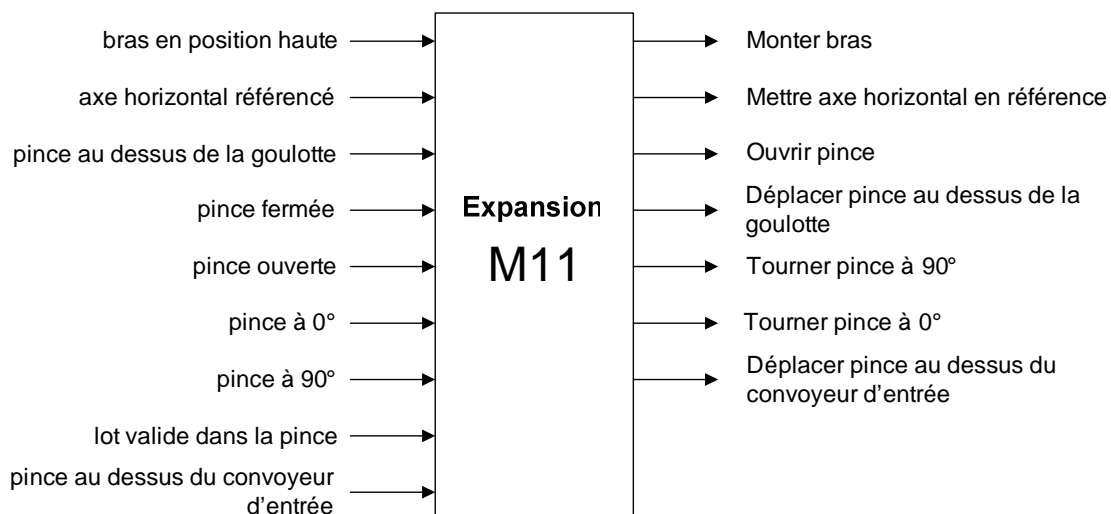
Le bras possède les 4 mouvements décrits ci-dessous :

- Un mouvement vertical dont l'actionneur est un vérin pneumatique ;
- Un mouvement horizontal avec pour actionneur un axe électrique qui nécessite une mise en référence (prise d'origine axe) ;
- Un mouvement de rotation pince obtenu grâce à un vérin rotatif pneumatique ;
- Un mouvement d'ouverture/fermeture de la pince avec pour actionneur un vérin pneumatique.

#### Contraintes fonctionnelles :

- L'axe doit être référencé pour commander un cycle de positionnement (lorsque l'axe est référencé, la pince se trouve au dessus du convoyeur d'entrée) ;
- La mise en référence de l'axe doit se faire pince en position haute ;
- Si un lot est dans la pince, deux situations peuvent se présenter :
  1. Le lot est valide : lot conforme, CAB correct(s) ou CAB non lu(s), il sera donc conservé dans la pince ;
  2. Le lot est non valide : lot non-conforme (1 manette au moins non désarmée) et/ou un CAB au moins incorrect, il sera lâché au dessus de la goulotte d'évacuation (pince orientée à 0°), l'axe reprendra ensuite sa position de départ au dessus du convoyeur d'entrée.
- La position angulaire de référence de la pince est 90°.

#### Inventaire des Entrées /Sorties :



#### **Question 3-1**

A partir des entrées sorties et des contraintes fonctionnelles définies ci-dessus, établir l'expansion de la macro étape de mise en référence du bras de chargement.

## Partie II : Décrire le fonctionnement détaillé d'une partie commande

### 4 Étude de la gestion de défauts

La gestion des défauts est essentielle dans la commande des systèmes automatisés car elle influe directement sur les modes de marche et d'arrêt. A partir d'un évènement déclencheur, une information « défaut » est générée soit par un composant spécifique de la chaîne d'acquisition, soit par une combinaison d'informations déjà disponibles pour la commande normale du système. Dès l'instant où cette information est vraie, la commande évolue vers un mode de fonctionnement dégradé ou alors vers une situation d'arrêt de production en fonction des choix réalisés par le concepteur.

L'étude portera sur la gestion du défaut de non désarmement d'un disjoncteur au poste P1 qui entraîne une non-conformité du lot et son évacuation.

Les choix technologiques de la chaîne fonctionnelle relative au désarmement sont décrits dans le tableau suivant :

Opération	Actionneur	Pré-actionneur	Capteur
Désarmer les disjoncteurs	1 vérin double effet 10A	1 distributeur pneumatique 4/2 monostable commande : 10YV1	2 capteurs inductifs 10s0 position repos 10s1 position lot désarmé

La tige du vérin vient pousser sur la/les manette(s) du/des disjoncteur(s) par l'intermédiaire d'un poussoir de désarmement. La position « désarmée » correspond à la fin de course tige du vérin sortie. Le fait qu'une manette reste en position armée peut provenir d'un blocage mécanique interne au disjoncteur ou d'un mauvais positionnement des disjoncteurs sur le convoyeur d'entrée. Un défaut de désarmement entraînera une sortie incomplète de la tige du vérin et dans ce cas, la position atteinte par le poussoir varie d'un produit à l'autre et d'une série de produit à l'autre.

**Attention :** en fin de l'opération de désarmement (réussie ou non), il est nécessaire que la tige du vérin soit rentrée.

Dans le cahier des charges du système, il est stipulé que :

- avant de générer l'information « défaut disjoncteur non désarmé » = def\_dnd, un deuxième essai de désarmement sera réalisé immédiatement durant la même tâche ;
- l'apparition de ce même défaut sur 3 lots consécutifs provoquera l'appel d'un opérateur, le système continuant à produire, le dernier lot non-conforme étant évacué et le compte des défauts automatiquement réinitialisé à zéro. L'opérateur doit intervenir et valider son action par un bouton poussoir « Acquit » dans un laps de temps de 2 minutes au maximum. Dans le cas contraire, arrêt du système par affectation de la valeur 1 à l'information « arrêt sur défauts désarmement ».

#### Question 4-1

*Proposer une solution technique permettant de détecter si la course du vérin n'est pas totale.*

**Les question 4-2 et 4-3 sont à traiter sur le document réponse page 12/12**

#### Question 4-2

*Élaborer un grafcet GT1\_dd (grafcet tâche 1, désarmement disjoncteur(s)) permettant d'affecter la valeur 1 à l'information def\_dnd. L'affectation de la valeur 0, qui n'est pas traitée dans cette étude, se fera à la fin de la tâche d'évacuation du lot. Utiliser les repères de pré-actionneur et de capteurs proposés dans le tableau ci-dessus.*

#### Question 4-3

*Compléter les réceptivités associées aux transitions du grafcet Gsd\_dd (grafcet surveillance défaut désarmement disjoncteurs) qui gère l'appel opérateur.*



## **5 Vérification de conformité à des contraintes de production**

Lors de sa livraison au client, des tests de production sont lancés afin de réaliser la recette du système. Pour cette étude, les 5 critères suivants sont pris en compte :

Critère 1 : Nombre d'arrêts de durée supérieure à 30 s  $\leq 3$  par heure

Critère 2 : Taux de rejet marquage  $\leq$  à 0,1% pour le laser  
 $\leq$  à 2% pour la tampographie

Critère 3 : Cadence théorique  $\geq$  à 3000 pôles par heure en tripolaire  
 $\geq$  à 4000 pôles par heure en uni, bi et tétrapolaire

Critère 4 : Taux d'aléas  $\leq 0,3$  % (nombre d'interventions / nombre de produits conformes)

Critère 5 : Taux de rejet global  $\leq 2,5$  % (nombre de produits non conformes / production totale)

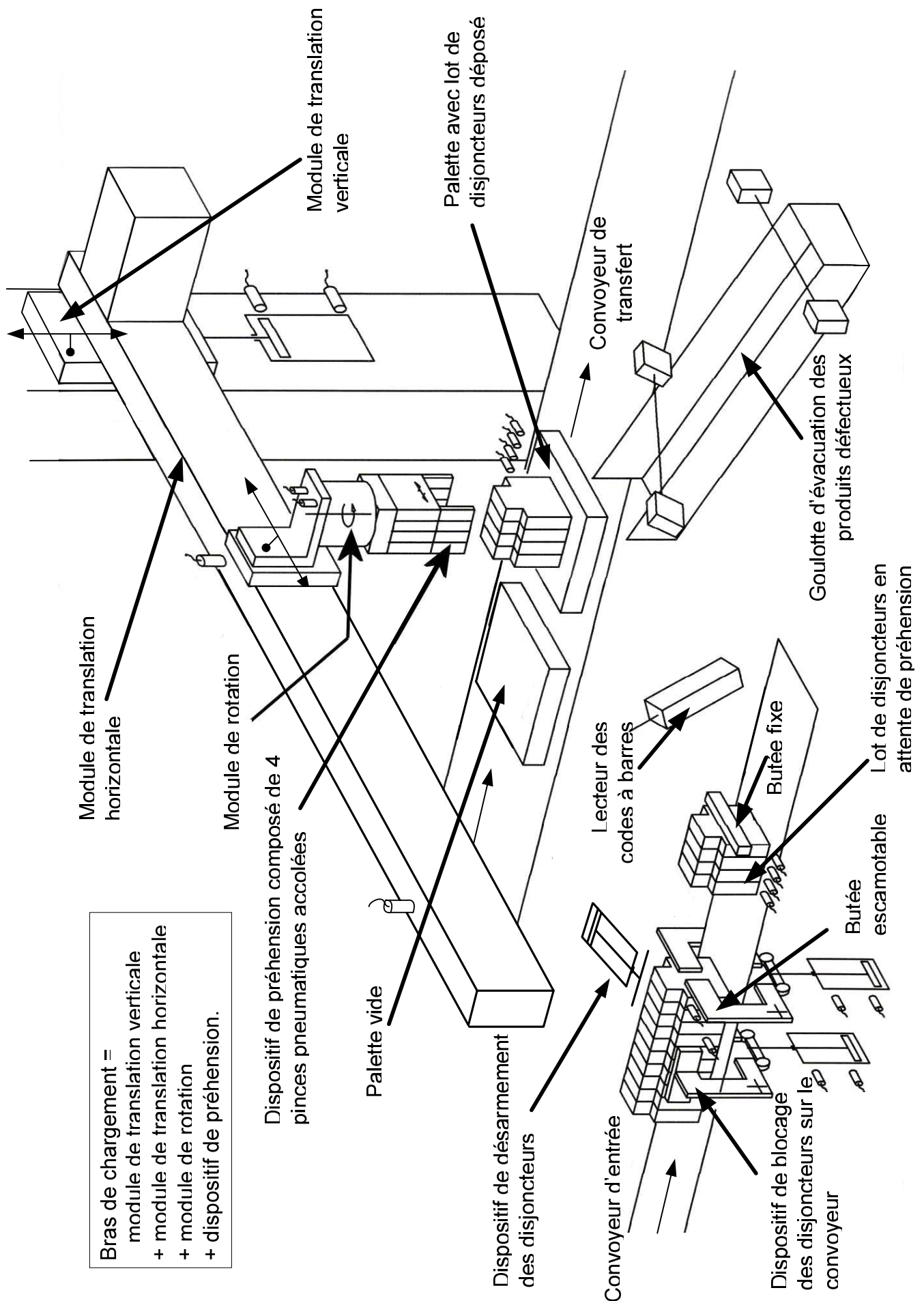
### **Relevé de fonctionnement lors de test de production de C60 tripolaire**

<b>Date en minute</b>	<b>Observation</b>	<b>Durée de l'arrêt pour intervention</b>	<b>Conséquences</b>
27	Bourrage poste entrée	19 s	
35	Défaut laser	21 s	Rebut de 1 produit
42	Défaut tampographie	15 s	Rebut de 30 produits
62	Défaut laser	18 s	Rebut de 1 produit
86	Bourrage poste entrée	45 s	
153	Défaut tampographie	84 s	Rebut de 6 produits
171	Défaut laser	15 s	Rebut de 1 produit

Ce relevé est établi sur 3 heures de fonctionnement en continu. Durant ces 3 heures **3135** produits conformes sont sortis de l'unité.

### ***Question 5-1***

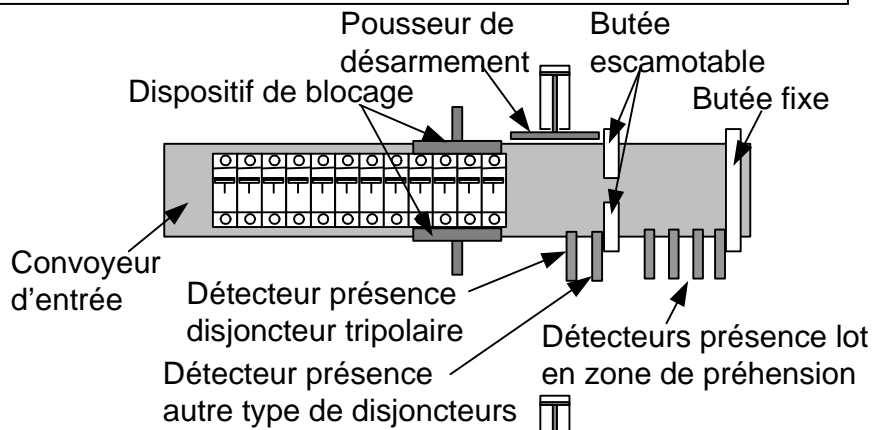
*A partir du relevé de fonctionnement, justifier le respect de chacun des critères énoncés ci-dessus pour la recette de l'unité.*



### Préparer un lot

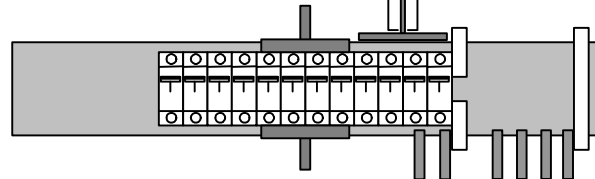
#### - Situation 1 :

*Les produits sont en attente de formation d'un lot*



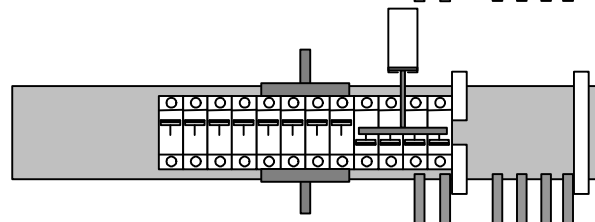
#### - Situation 2 :

Un lot de 4 pôles est formé



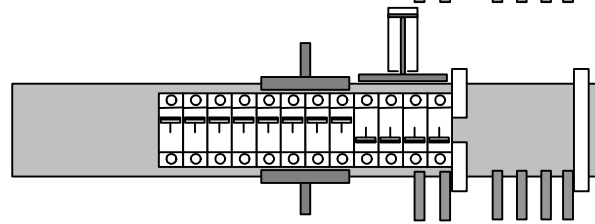
#### - Situation 3 :

Un lot de 4 pôles est en cours de désarmement



#### - Situation 4 :

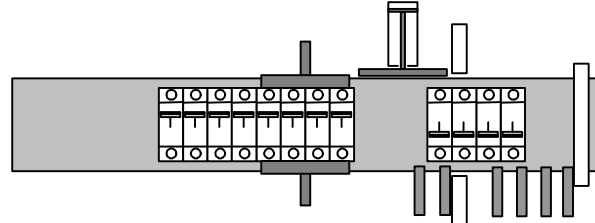
Un lot de 4 pôles est désarmé



### Déplacer un lot en zone de préhension

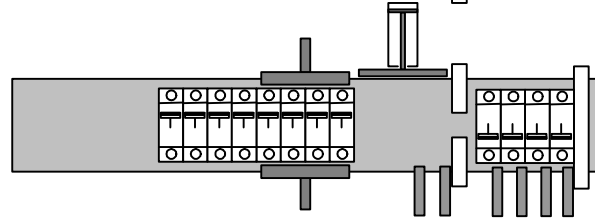
#### - Situation 1 :

Un lot de 4 pôles est en cours de déplacement



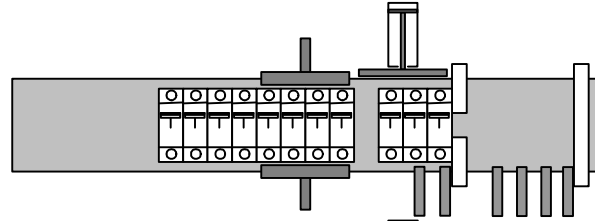
#### - Situation 2 :

Un lot de 4 pôles est en position de préhension

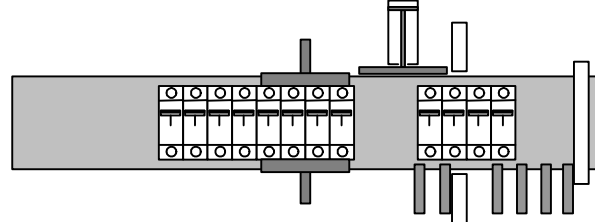


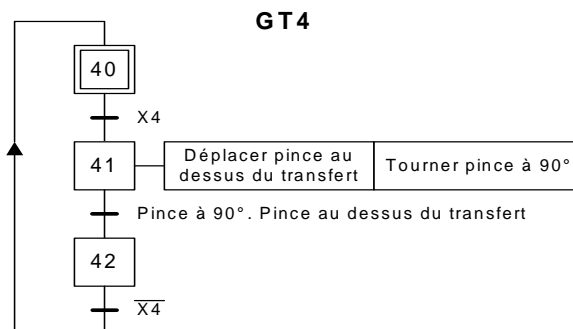
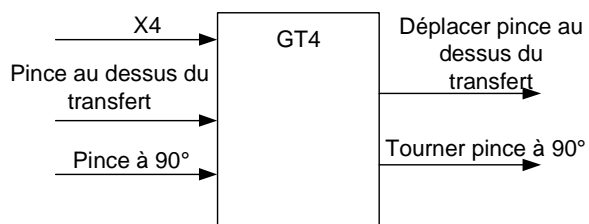
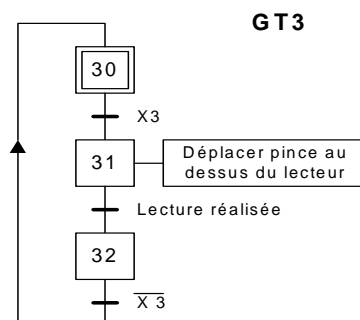
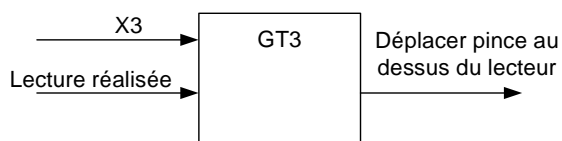
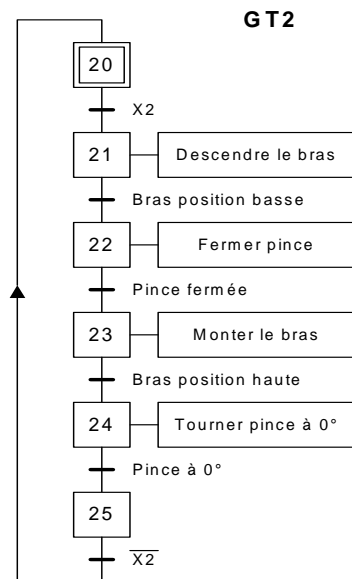
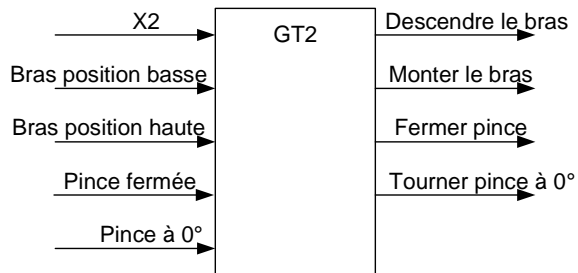
### Cas particuliers :

Un lot de 3 pôles est réalisé



Un lot de 4 pôles présentant un défaut de désarmement, est en cours de déplacement





Question 4-2

GT1\_dd

Question 4-3

