



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**session 2011**

**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

**FABRICATION DE CAMEMBERTS**

TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS

Documents remis aux candidats :

- Présentation générale \_\_\_\_\_ pages blanches de 1 à 3
- Travail demandé \_\_\_\_\_ pages jaunes de 4 à 7
  - Partie 1 : Imaginer une solution technique de commande (durée conseillée 2 h 30)
  - Partie 2 : Décrire le fonctionnement détaillé d'une partie commande (durée conseillée 2 h)
- Documents ressources \_\_\_\_\_ pages vertes de 8 à 12
- Documents réponses \_\_\_\_\_ pages bleues de 13 à 15

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

Chaque partie sera traitée sur une feuille de copie séparée  
Tous les documents réponses seront remis à la fin de l'épreuve, y compris ceux inutilisés

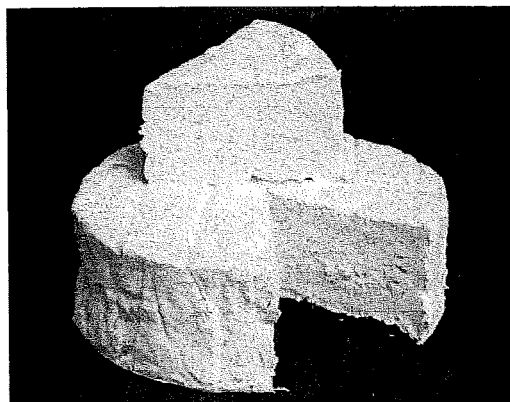
Tous les documents réponse doivent être agrafés à la copie normalisée.

# Fabrication de camemberts

## Présentation Générale

### Le produit

Le camembert est un fromage français originaire de Normandie, bénéficiant d'une AOP (Appellation d'Origine Protégée). Il doit son nom au village de Camembert situé près de Vimoutiers dans l'Orne. Il est l'un des emblèmes gastronomiques de la France. C'est un fromage à base de lait de vache cru, à pâte molle, à croûte fleurie, de couleur blanche et de forme ronde. Il faut 2 litres de lait pour faire un fromage de 250 g. Il est obligatoirement commercialisé dans une boîte en bois.



### Le procédé de fabrication

La fabrication traditionnelle d'un camembert nécessite trois semaines.

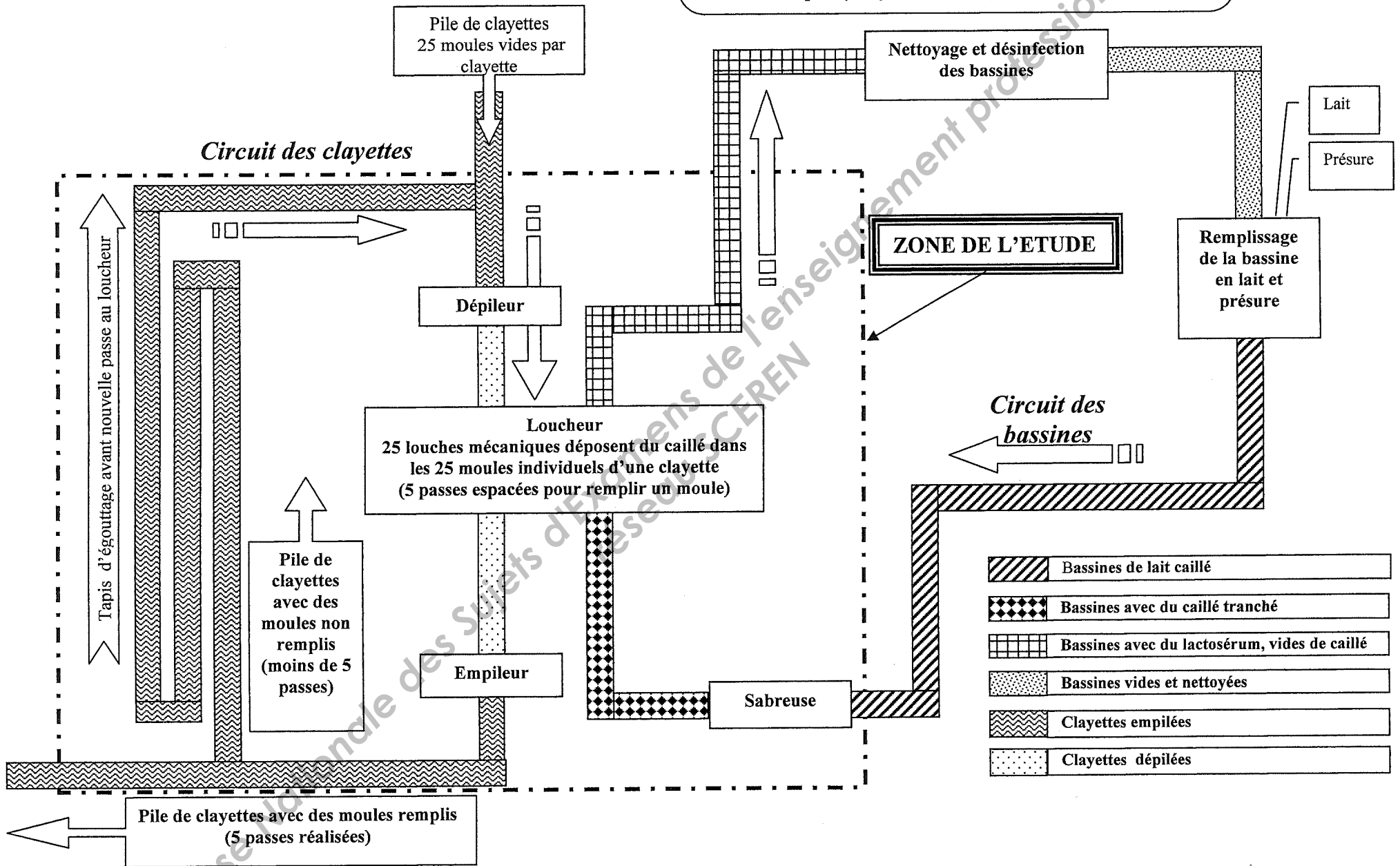
Après avoir été collecté, le lait est traité, chauffé à 37 °C, puis versé dans de grandes bassines<sup>(a)</sup>. Une présure<sup>(b)</sup> naturelle est alors ajoutée afin d'aider la coagulation du lait (voir synoptique page 2). Compact et homogène, le caillé<sup>(c)</sup> est tranché par sabrage<sup>(d)</sup> pour faciliter l'égouttage du lactosérum<sup>(e)</sup> puis versé à l'aide d'une louche dans des moules<sup>(f)</sup> individuels posés sur des clayettes<sup>(g)</sup>. Afin de donner au fromage sa texture onctueuse, cinq passes successives espacées d'environ 40 min d'égouttage, sont nécessaires pour remplir un moule. Cette suite d'opérations exige environ une journée entière.

Le deuxième jour, les fromages sont démoulés et transférés au saloir. Le sel est saupoudré sur toutes les surfaces du fromage. Le troisième jour, les fromages sont stockés dans le hâloir où ils resteront pour affinage à une température de 10° à 13°C pendant 12 jours. Les fromages sont alors conditionnés.

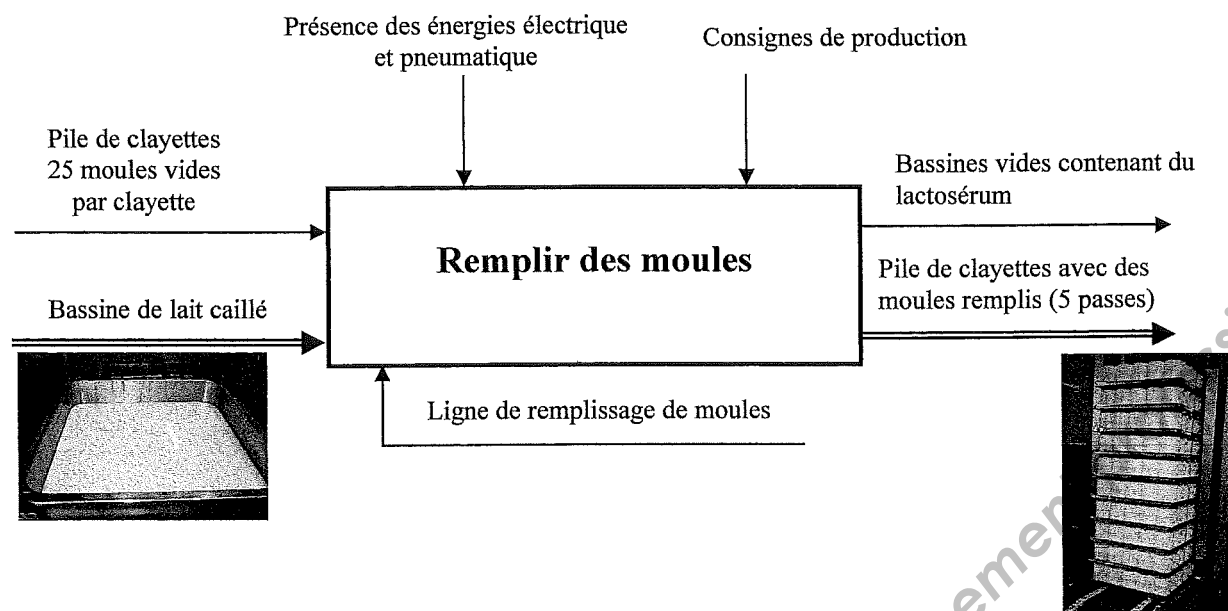
L'étude se limitera à la ligne de remplissage des moules comme indiqué sur le synoptique page 2.

<sup>(a)</sup> Bassine :	réceptacle contenant le lait et la présure pour former le caillé.
<sup>(b)</sup> Présure :	substance permettant de faire cailler le lait.
<sup>(c)</sup> Caillé :	lait coagulé grâce à la présure.
<sup>(d)</sup> Sabrage :	opération consistant à trancher le caillé à l'aide de grandes lames.
<sup>(e)</sup> Lactosérum :	résidu liquide après coagulation (petit lait).
<sup>(f)</sup> Moule :	conteneur du caillé pour former un camembert. Les moules sont posés sur la clayette à raison de 25 moules par clayette.
<sup>(g)</sup> Clayette :	plateau grillagé sur lequel reposent les moules.

# Synoptique de la ligne complète



## Fonction globale



## Extrait des éléments du cahier des charges fonctionnel

Type	Fonction	Critères d'appréciation	Niveaux	Flexibilité
FP1	Sabrer le lait caillé dans la bassine	Dimensions des bassines : - longueur - largeur - hauteur	800 mm 800 mm 1200 mm	F0 F0 F0
FP2	Remplir les moules	Nb de moules par clayette Nb de louches du mécanisme Quantité de louches de caillé par moule	25 25 5	F0 F0 F0
FP3	Empiler ou dépiler les clayettes	Nombre total de clayettes empilées	11	F0
FP4	Egoutter	Temps d'égouttage	40 min	F0
FC1	Gérer le cycle	Cadence Disponibilité	48 clayettes / h 88% mini	F0 F0

# LIGNE DE PRODUCTION DE CAMEMBERT

## Partie 1 : Imaginer une solution technique de commande

### 1 Le moulage d'un camembert (pages 3 et 8)

Le procédé de fabrication traditionnel des camemberts nécessite un ensemble de machines reliées entre elles par des convoyeurs.

L'étude portera sur la zone définie page 3, constituée des 4 machines suivantes :

- La sabreuse qui tranche le caillé,
- Le dépileur qui dépile les clayettes,
- Le loucheur qui remplit les moules individuels,
- L'empileur qui empile les clayettes.

Dès que le poste est disponible, une bassine remplie de caillé, arrive à la sabreuse qui tranche son caillé. Simultanément, à l'aide de 25 louches, le loucheur prend du caillé dans une bassine et le dépose dans les 25 moules individuels disposés sur une clayette. Cette bassine sera considérée vide après 25 prises et sera alors évacuée puis remplacée par celle en attente au poste de sabrage. Suite à cette passe de remplissage, la clayette est évacuée vers l'empileur et une nouvelle clayette dépilée prend sa place. En sortie du loucheur, les clayettes sont empilées par lot de 11 et cette pile est dirigée vers la zone d'égouttage si les moules ne sont pas pleins ou vers le saloir dans le cas contraire. Pour rappel, 5 passes sont nécessaires pour remplir un moule.

#### 1.1 Etude de la coordination des tâches de commande

Pour cette étude de coordination des tâches d'une partie du circuit des bassines, les fonctions dépiler, empiler et égoutter ne seront pas prises en compte.

#### QUESTION 1

Pour cette première étude, la décomposition en tâches suivante a été retenue :

Tâches	Désignations
T1	Amener une bassine de caillé à la sabreuse puis trancher le caillé (sabrage)
T2	Transférer la bassine du sabrage au loucheur
T3	Vider la bassine (prendre du caillé dans la bassine, le déposer dans les moules)
T4	Evacuer la bassine vide de caillé du loucheur

- Sur feuille de copie, compléter le tableau de coordination des tâches en respectant la forme proposée.

Tâches	Désignations	Début si	Fin autorise
T1	Amener une bassine de caillé à la sabreuse, trancher le caillé		

#### QUESTION 2

- Sur feuille de copie, élaborer le grafctet de coordination des tâches correspondant au tableau d'analyse.

### QUESTION 3

Les mesures d'hygiène impliquent que suite à un arrêt « fin de production », la partie du circuit des bassines située à l'intérieur de la zone d'étude, se retrouve vide de bassine.

- Représenter la situation initiale.
- Compléter la (les) réceptivité(s) du grafcet avec l'information XGF1 issue d'un grafcet de conduite (non donné) permettant de lancer le cycle continu à partir de la situation initiale.

### 1.2 Etude des temps de production de la ligne remplissage des moules

Pour étudier les temps de production, le bureau d'étude a réalisé une coordination des tâches qui a permis d'élaborer le grafcet de coordination générale proposé (document ressource page 9).

### QUESTION 4

Le cahier des charges impose une production d'au moins 1200 camemberts par heure, avec une disponibilité minimum de 88%.

- En déduire la cadence théorique minimum de la ligne en camemberts par heure.

### QUESTION 5

Il est maintenant nécessaire de vérifier à partir du grafcet de coordination générale fourni (document ressource page 9), que la cadence réelle de la ligne de remplissage des moules est compatible avec la cadence théorique calculée précédemment.

Pour rappel : 5 passes sont nécessaires pour remplir un moule individuel.

- Compléter le chronogramme (document réponse page 13). La production est déjà en cours.
- A quel rythme doivent arriver les bassines ?
- Quelle est la cadence réelle de production de la ligne ?
- Conclure.

### QUESTION 6

Si, dans l'avenir, la société désire augmenter la cadence réelle de production :

- sur quelle partie une intervention serait-elle possible ?
- proposer une solution.

## 2 Amélioration de la qualité

Un temps d'attente trop important entre l'opération de sabrage et l'arrivée de la bassine au loucheur peut entraîner une baisse de la qualité du caillé. La réponse à ce problème consiste à retarder le plus possible le lancement de la tâche 1 afin que la durée d'activité de l'étape d'attente X102 soit la plus courte possible.

### QUESTION 7

- Recopier et compléter sur feuille de copie, la réceptivité de la transition (1) du grafcet de coordination générale (document ressource page 9).

## Partie 2 : Décrire le fonctionnement détaillé d'une partie commande

### 3 Décrire le fonctionnement de la machine de sabrage du caillé

#### • Présentation de la machine de sabrage (page 10)

Pour faciliter l'égouttage du lactosérum, il est nécessaire de trancher le caillé dans la bassine. Cette opération s'appelle le sabrage.

Deux bandes transporteuses amènent les bassines une à une au poste de sabrage. Un indexeur immobilise la bassine sous les sabres. Les sabres descendent dans celle-ci et coupent le caillé dans une première direction. Les sabres remontent, font une rotation de 90 ° et redescendent dans la bassine pour couper dans une direction perpendiculaire à la précédente.

Une fois l'opération terminée, les sabres reviennent en position de référence, l'indexeur est retiré et la bassine reste sous les sabres tant que l'autorisation de transfert vers le loucheur n'est pas vraie.

La machine de sabrage est composée de 2 sous-ensembles :

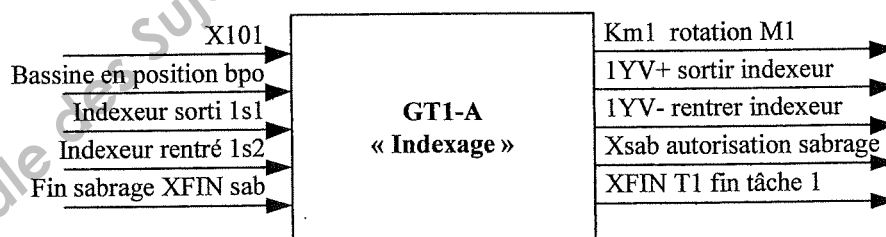
- l'un réalise les déplacements et l'indexage de la bassine, ses commandes sont décrites par le grafset « indexage »,
- l'autre tranche le caillé dans la bassine, grafset « sabrage ».

#### • Description des actionneurs et des préactionneurs

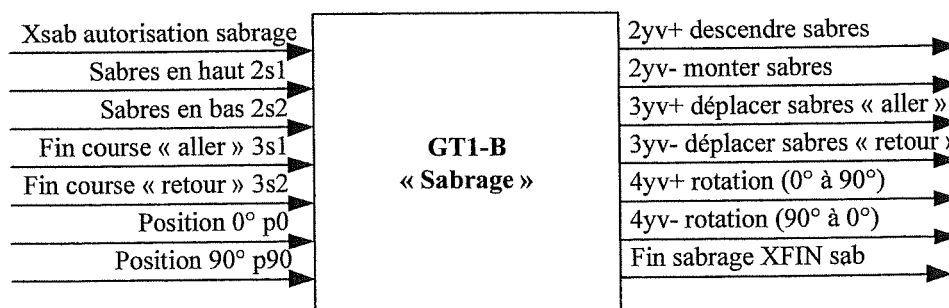
- Bandes transporteuses en amont et sous la sabreuse : 1 moteur asynchrone M1 commandé par un contacteur
- Indexeur : 1 vérin pneumatique simple effet commandé par un distributeur 3/2 bistable
- Descente des sabres : 2 vérins pneumatiques double effet commandés par un seul distributeur 5/2 bistable
- Coupe dans la bassine : 1 vérin sans tige permet d'assurer la translation horizontale du porte sabre. Mouvements « aller » et « retour » commandés par un distributeur 5/3 à centre fermé
- Rotation des sabres : 1 vérin rotatif à palette commandé par un distributeur 5/2 bistable.

#### • Bilan des entrées sorties du poste de sabrage

##### Bilan des entrées/sorties du sous-ensemble « indexage »



##### Bilan des entrées/sorties du sous-ensemble « sabrage »





### QUESTION 8

Avant de lancer la tâche T1 qui peut présenter des risques mécaniques importants, il est nécessaire de vérifier la position de référence du sous-ensemble « sabrage ».

- Sur le document réponse page 14, donner l'expression logique permettant de vérifier que le sous-ensemble « sabrage » est bien en position de référence.

### QUESTION 9

- Sur le document réponse page 14, en utilisant les bilans des entrées/sorties, élaborer et synchroniser le grafcet GT1-A du sous-ensemble « indexage » et le grafcet GT1-B du sous-ensemble « sabrage » ; ces 2 grafquets partiels correspondent à la tâche 1.

## 4 Etude de la conduite de la sabreuse

Pour faciliter la maintenance et les réglages, il est possible d'arrêter le pilotage centralisé de la ligne de production de camemberts, chaque machine sera alors pilotée de façon autonome, indépendamment les unes des autres, en mode de marche automatique ou de marche manuelle.

Le pilotage centralisé ne pourra reprendre que lorsque toutes les machines auront quitté leur pilotage autonome (hors étude).

La sabreuse peut donc fonctionner de manière autonome et durant cette phase, sera pilotée à l'aide d'une interface graphique homme / machine (IHM) à écran tactile.

### 4.1 Etude du gemma

L'extrait du GEMMA (document ressource page 12) décrit les différents états possibles de la sabreuse lors de son fonctionnement autonome.

### QUESTION 10

- Sur feuille de copie, construire un grafcet permettant la conduite de la sabreuse en fonctionnement autonome.

### QUESTION 11

- En bas du document réponse page 14, compléter les réceptivités (2) et (3) du grafcet GT1-A afin de gérer le fonctionnement autonome de la sabreuse.

### 4.2 Etude du pilotage autonome de la sabreuse

Chaque rectangle état du gemma correspondra à une page de l'IHM. Les pages de l'interface graphique de l'écran tactile, sont appelées par le grafcet de conduite à l'aide de la variable N\_page qui sera affectée des valeurs suivantes : pour la page A1, N\_page := 1 ; page F1, 2 ; page F4, 3 ; page A6, 4.

### QUESTION 12

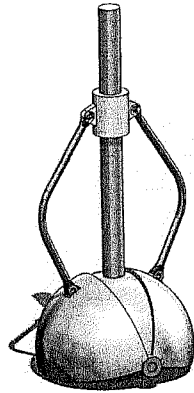
- Sur le document réponse page 15, en respectant les bilans des entrées sorties du poste de sabrage (page 6), et en exploitant les ressources fournies pages 11 et 12, créer la page de fonctionnement autonome du mode de marche manuelle actionneur par actionneur en n'omettant aucun mouvement et compléter le tableau des variables joint.

Le grafcet de conduite gère l'affichage des différentes pages de l'IHM lors du fonctionnement autonome par affectation d'une valeur entière à la variable « N\_page ».

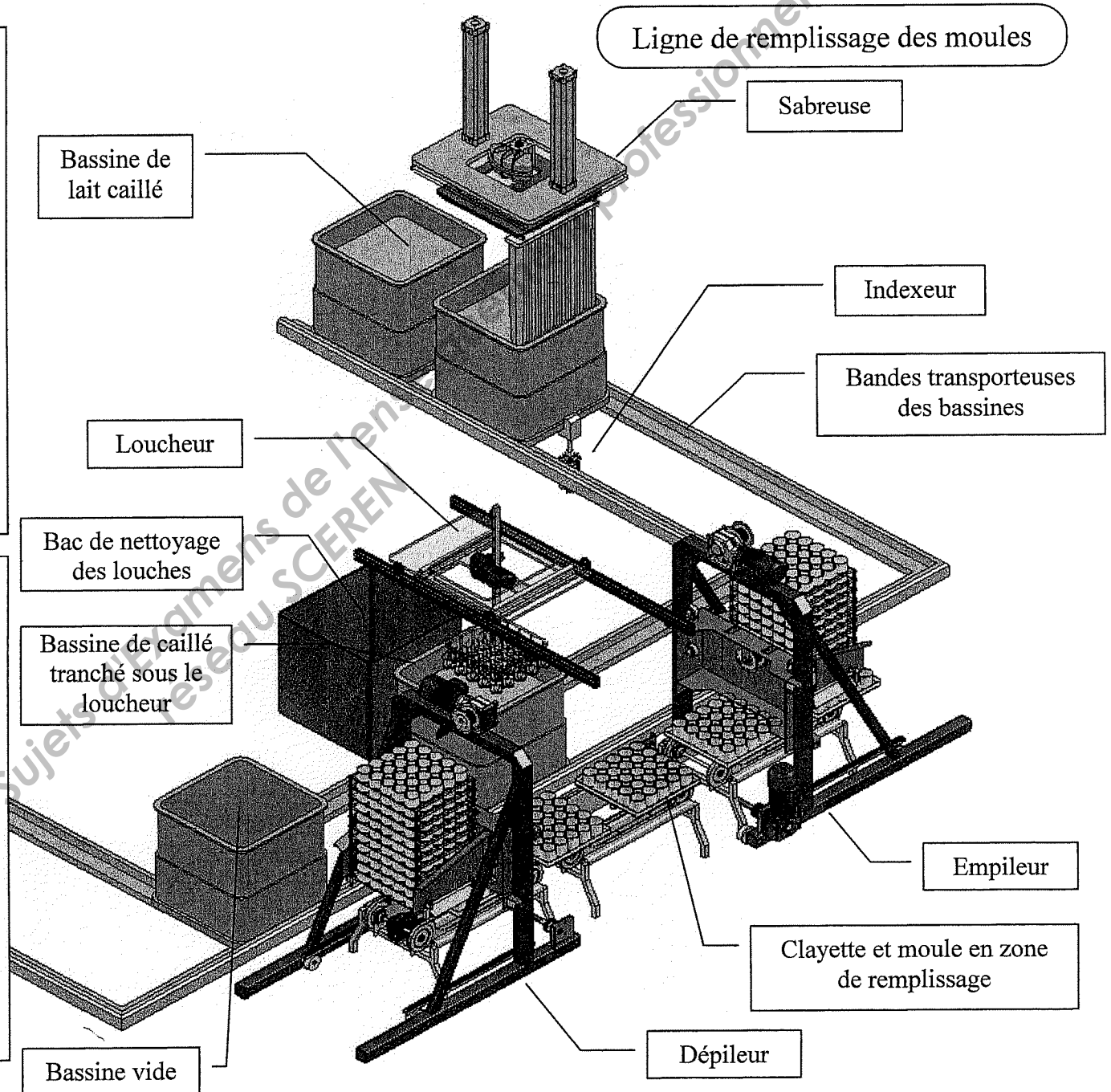
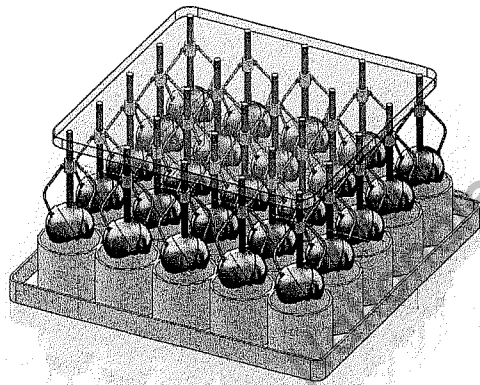
### QUESTION 13

- Sur feuille de copie, compléter le grafcet de conduite afin de gérer l'affichage des différentes pages.

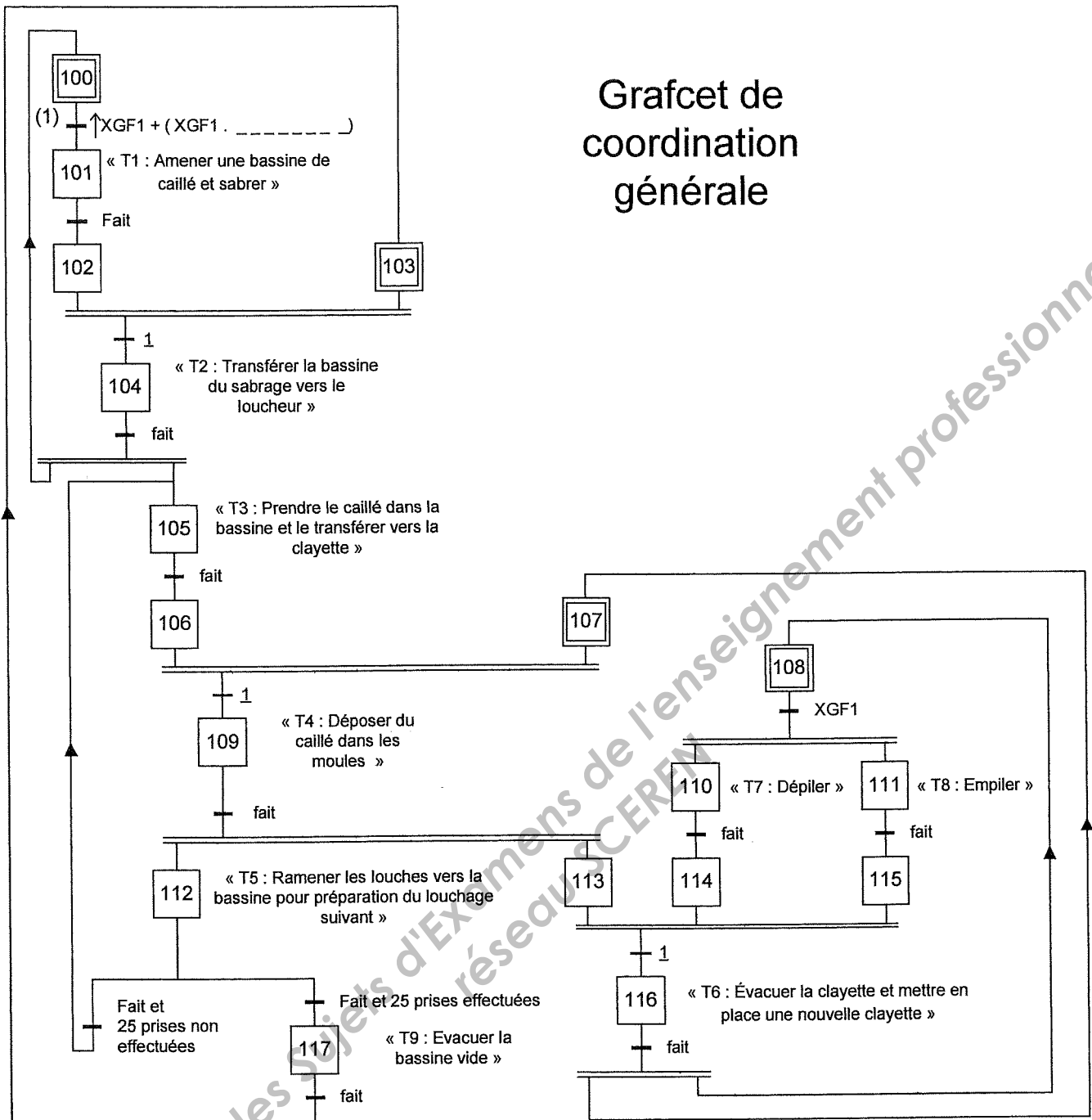
Louche ouverte



Louches au dessus des moules en position dépose



## Grafctet de coordination générale



Taches	Désignations	temps
T1	Amener une bassine de caillé et sabrer	14 s
T2	Transférer la bassine du sabrage vers le loucheur	6 s
T3	Prendre le caillé dans la bassine et le transférer vers la clayette	6 s
T4	Déposer du caillé dans les moules (louchage)	4 s
T5	Ramener les louches vers la bassine	2 s
T6	Evacuer la clayette et mettre en place une nouvelle clayette	2 s
T7	Dépiler	6 s
T8	Empiler	6 s
T9	Evacuer la bassine vide	10 s

## Fonctionnement de la sabreuse

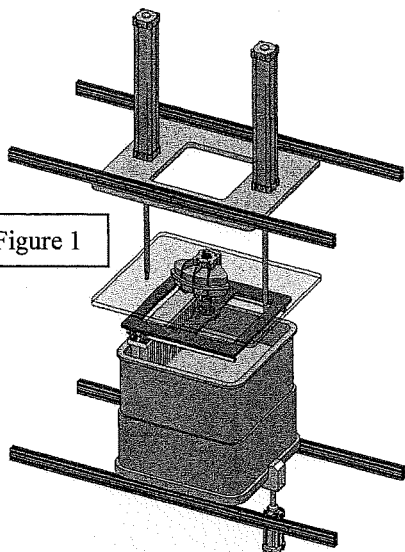


Figure 1

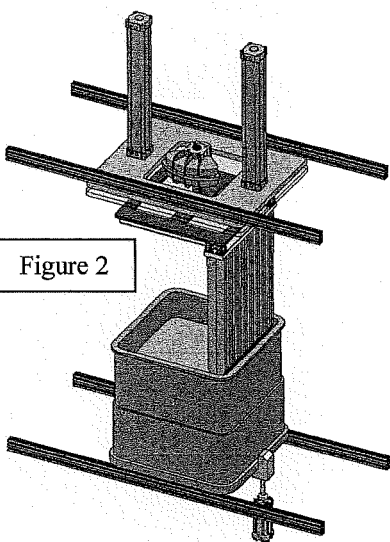


Figure 2

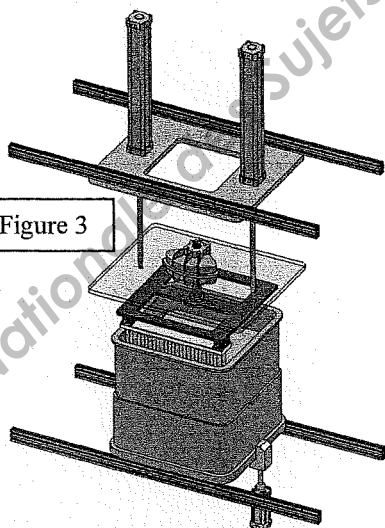
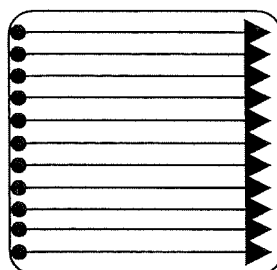
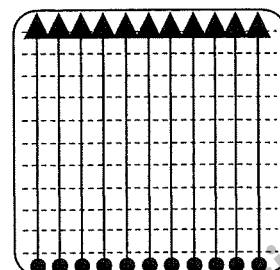


Figure 3

1<sup>er</sup> sabrage du caillé



2<sup>ème</sup> sabrage du caillé

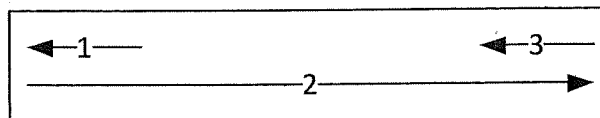


Lorsque la bassine est indexée, la chronologie des mouvements nécessaires pour trancher complètement le caillé est la suivante :

- 1- Descente des lames (figure 1),
- 2- 1<sup>er</sup> sabrage (voir l'avertissement ci-dessous),
- 3- Remontée des lames (figure 2),
- 4- Rotation du support des sabres de 0° à 90°,
- 5- Descente des lames (figure 3),
- 6- 2<sup>ème</sup> sabrage,
- 7- Remontée des lames,
- 8- Rotation du support des sabres de 90° à 0°.

**Avertissement** sur la descente et la montée des sabres : Pour éviter de rayer la bassine, les lames ne descendent pas le long de la paroi intérieure. Le vérin sans tige qui assure le déplacement horizontal des lames n'est pas en fin de course, il est donc nécessaire, une fois les lames descendues, de les amener contre la paroi de la bassine. De même, après avoir sabré le caillé, pour sortir de la bassine, les lames doivent être décollées du bord. Un déplacement d'une durée de 0,5 s suffit pour éloigner les lames de la paroi. L'opération est également reproduite lors du second sabrage.

La modélisation suivante représente les sens des déplacements pour le 1<sup>er</sup> sabrage ; le mouvement 2 se fait alors selon le sens « aller », les 2 autres selon le sens « retour ».



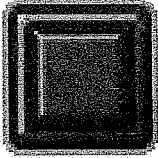
## Interface graphique à écran tactile

La conduite de la sabreuse est assurée par une interface graphique homme / machine (IHM) à écran tactile.

Tous les objets nécessaires au pilotage de la sabreuse sont schématisés sur plusieurs pages.

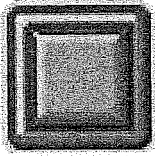
Objets disponibles pour créer les différents écrans :

Bouton



Variable	type	comportement
Marche	bit	impulsionnel

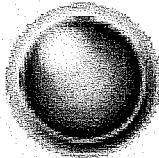
Commutateur



Variable	type	comportement
commut	bit	pousser/pousser

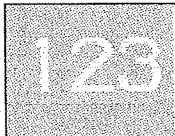
Le comportement pousser/pousser correspond au fonctionnement d'un interrupteur : la 1<sup>ère</sup> action affecte la valeur 1 à la variable, la suivante la valeur 0.

Voyant



Variable	type
voyant	bit

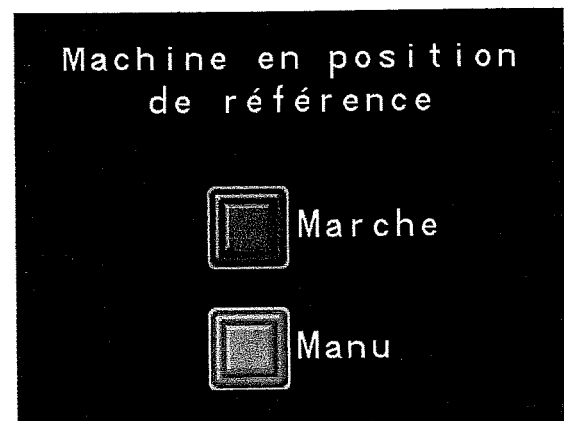
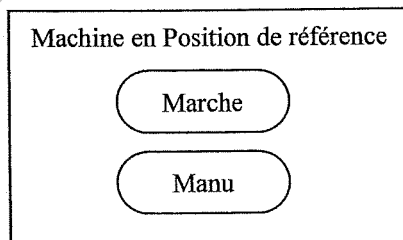
Saisie de valeur



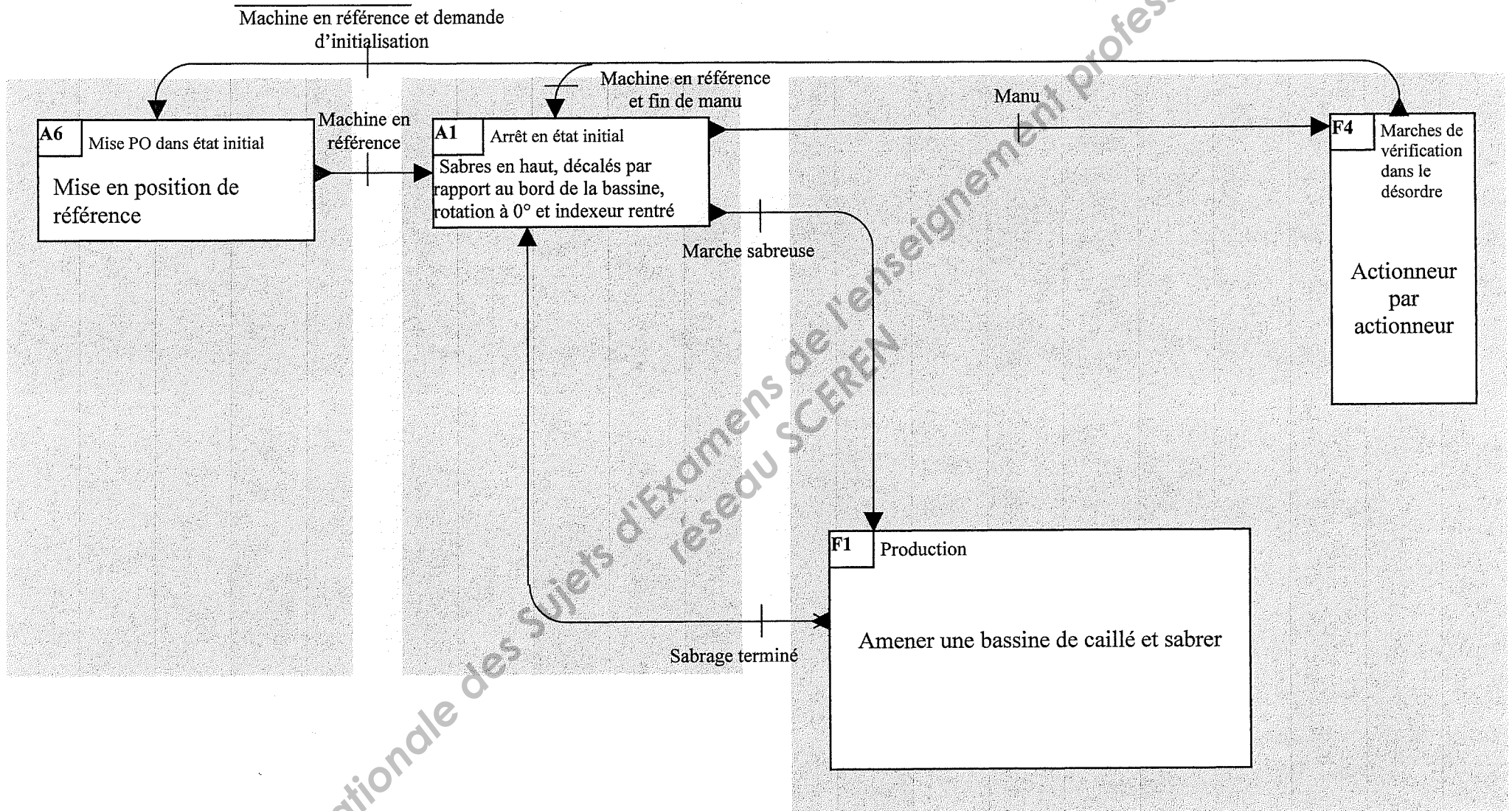
Variable	type
numéro	Integer

### Exemple de page : Page A1

Variable	type	comportement
Marche	bit	impulsionnel
Manu	bit	impulsionnel



# Extrait de GEMMA de la Sabreuse







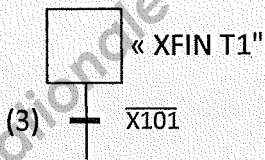
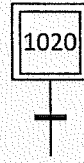
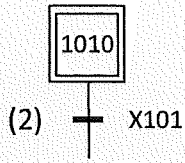
**QUESTION 8**

Equation vérifiant la position de référence du sous-ensemble « sabrage » : \_\_\_\_\_

**QUESTION 9**

**Grafct de l'indexeur GT1-A**

**Grafct du sabrage GT1-B**



**QUESTION 11**

Réceptivités modifiées pour autoriser le fonctionnement autonome :

- Réceptivité (2) :  $X101$  \_\_\_\_\_
- Réceptivité (3) :  $\overline{X101}$  \_\_\_\_\_



