

# **SESSION 2005**

## **CA-PLP**

---

CONCOURS EXTERNE

---

Section : **GÉNIE ÉLECTRIQUE**

Option : **ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE**

<b>ÉTUDE D'UN SYSTÈME ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE</b>
--



Durée : 8 heures – Coefficient : 1

---

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)  
Convertisseur en euros autorisé  
Aucun document n'est autorisé

<b>Chaîne de conditionnement de fromages</b>
--

Composition du sujet :

	<b>Cahier N° 1</b> PRESENTATION GENERALE ET EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES QUESTIONNEMENT	<b>pages 1 à 2</b>
	○ Partie <b>A</b> : Alimentation HTA (sur 76 points)	<b>pages 3 à 10</b>
	○ Partie <b>B</b> : Régulateur du groupe électrogène (sur 19 points)	<b>pages 11 à 13</b>
	○ Partie <b>C</b> : Ligne de conditionnement (sur 45 points)	<b>pages 14 à 19</b>
	○ Partie <b>D</b> : Le groupeur (sur 60 points)	<b>pages 20 à 25</b>
	<b>Cahier N° 2</b> DOSSIER RESSOURCE	<b>pages 1 à 31</b>

**Conseils aux candidats :**

Les différentes parties du sujet sont indépendantes. De nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble s'avère nécessaire avant de composer.

Les candidats sont priés de rédiger sur le document fourni (cahier N°1). Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question.

La qualité des réponses (utilisation d'une forme adaptée pour présenter le résultat, justification du résultat...) sera prise en compte dans l'évaluation.

<b>AVERTISSEMENT</b>
----------------------

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner <i>explicitement</i> dans votre copie.
---

## Présentation de générale de l'installation

Le système étudié se trouve à La société FROMARSAC qui est une entreprise fabriquant des fromages pour un grand groupe alimentaire.

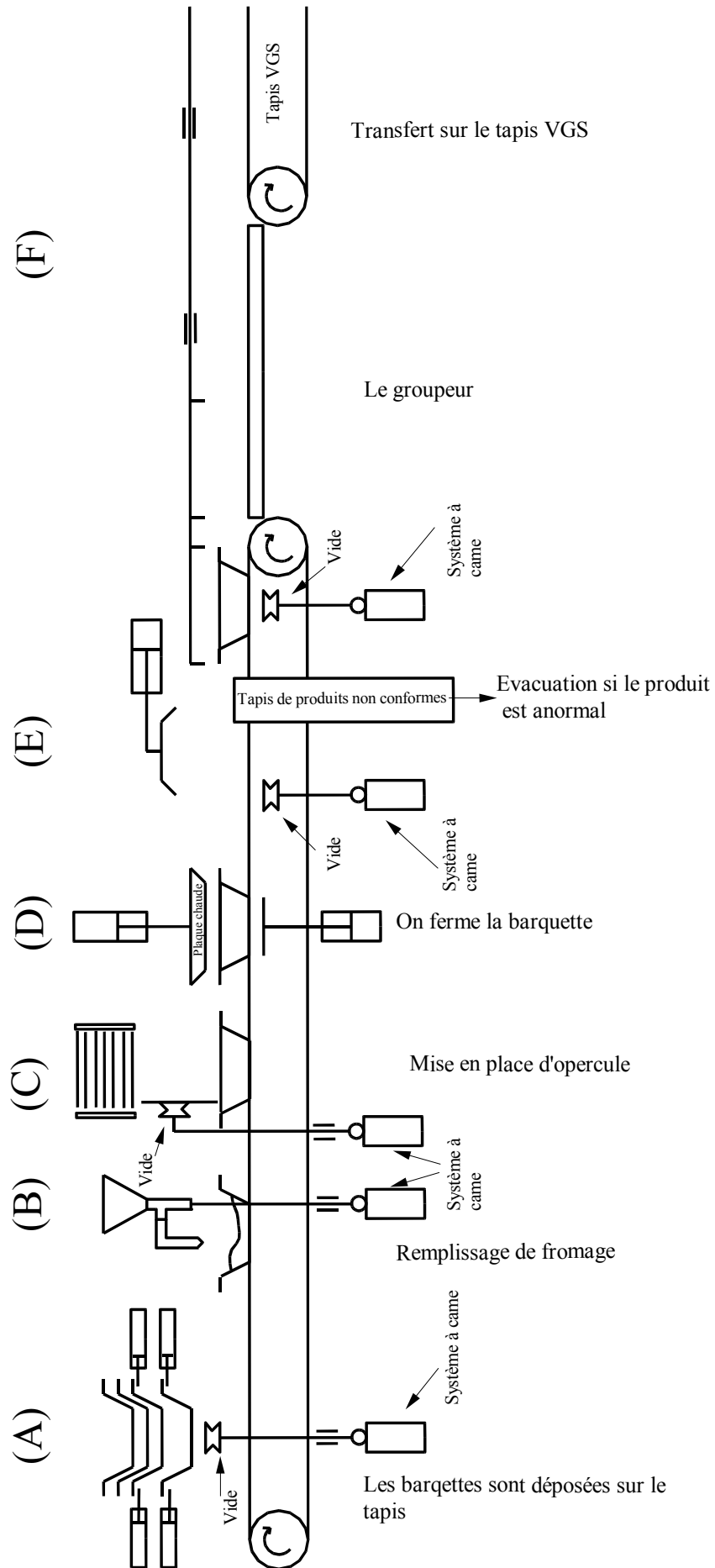
Ce système est la chaîne de mise en barquette d'un fromage sur une chaîne appelée "CH1" (voir page 2/27). "CH 1" est composée de trois parties :

- ⇒ La ligne de conditionnement.
- ⇒ Le groupeur.
- ⇒ Le tapis VGS.

(A) Les barquettes sont déposées en bout de ligne de conditionnement par un système à came, prises par un système à dépression et montées sur des vérins. Sur toute la largeur de la chaîne, six barquettes sont déposées à la fois. (B) Les barquettes vides sont alors remplies de fromage puis (C) on dépose un opercule sur chaque barquette. (D) On scelle, hermétiquement, les six barquettes par l'opercule qui est pressé et chauffé. Une fois les barquettes remplies et fermées, (F) elles sont transférées sur le tapis VGS après vérification de la bonne position des barquettes pour le transfert. Cette opération de surveillance est réalisée par un jeu de capteurs. (E) Si le produit est mal positionné, on l'évacue sur le tapis de produits non conformes, sinon il est traité conventionnellement.



# CH1



Idem pour les six barquettes traitées en parallèle

## Partie A : alimentation HTA

### A1-Etude de l'alimentation EDF

A1-1 Comment dénomme t-on l'alimentation HTA d'EDF ? Donner son principal avantage (*Voir document ressource DR1*)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A1-2 Citer deux autres alimentations HTA

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A1-3 Définir les niveaux de tension des catégories TBT, BTA, BTB, HTA et HTB en courant alternatif

Domaine de tension	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Niveaux de tension					

A1-4 Quelle est la tension de l'alimentation EDF de l'usine ? Quels éléments permettent de retrouver cette tension (voir documents ressources DR1 à DR4) ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A1-5 Préciser les caractéristiques des grandeurs électriques des transformateurs TR3 – TR4

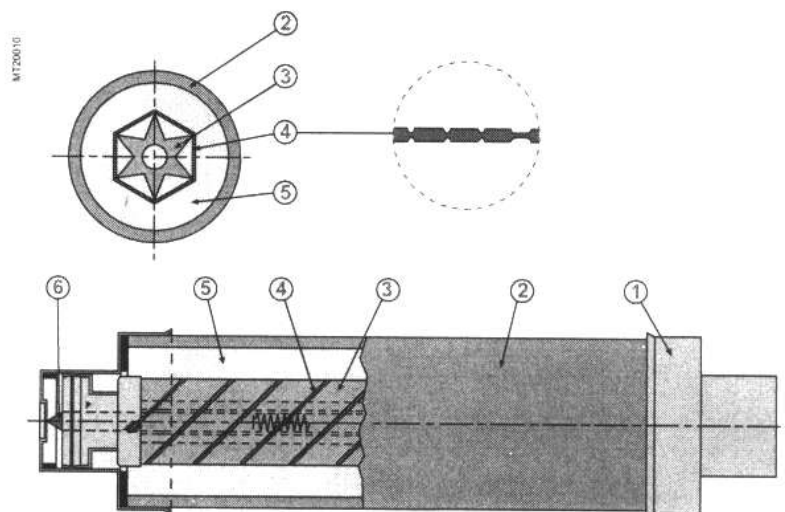
<b>15 kV / 20 kV</b>	.....
<b>410 V</b>	.....
<b>800 kVA</b>	.....
<b>Ucc 6%</b>	.....
<b>Icc 25 KA</b>	.....

## A2-Etude du poste n°2

A2-1 Rechercher la référence des cellules du poste n°2 ( voir documents ressources DR4 , DR6 et DR7 )

	Cellule n°1	Cellule n°2	Cellule n°3	Cellule n°4
Référence				

A2-2 Décoder la coupe schématique d'un fusible HTA avec percuteur



- 1 : .....  
 2 : .....  
 3 : .....  
 4 : .....  
 5 : .....  
 6 : .....

La protection des transformateurs est assurée par des fusibles type «FUSARC ». Afin que cette protection soit assurée, la norme CEI 787 définit les règles de sélection d'un fusible pour protéger un transformateur HTA/BT. Ces règles sont rappelées dans le document ressource DR8.

A2-3 Calculer le courant nominal primaire du transformateur sachant que  $S = 800 \text{ kVA}$

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

A2-4 Compléter le tableau suivant si on choisit un fusible référence 51006 542 M0 (voir documents ressources DR8 à DR10)

In fusible	$I_f (0,1 \text{ s})$	$I_f (2 \text{ s})$	12 In transf	$I_{cc}$ 7,2 kA	1,4 In transf	$I_1$	$I_3$

A2-5 Le fusible choisi assure t'il une protection adéquate ? Pourquoi ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

A2-6 Déterminer le calibre et la référence du fusible type « FUSARC » préconisé pour ce transformateur (voir document ressource DR9 et DR11)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A2-7 Compléter le tableau suivant avec le fusible déterminé précédemment (voir documents ressources DR8 à DR10)

In fusible	If(0,1s)	If (2 s)	12 In transf	Icc	1,4In transf	I1	I3
				7,2 kA			

A2-8 Ce fusible assure t-il une protection adéquate ? Pourquoi ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A2-9 Dans ce type de protection, il subsiste une zone (1) de sur échauffement comprise entre le courant nominal du fusible (In) et le courant minimum de coupure (I3) (voir document ressource DR8). Quelle solution technologique préconisez-vous afin de remédier à ce non fonctionnement ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A2-10 Les constructeurs de fusibles HTA définissent un contrôle préalable avant toute mise en place de tels fusibles. En quoi consiste ce contrôle ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A2-11 Nommer l'appareil représenté en amont ou en aval du fusible de la cellule 3 ou 4

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A2-12 Justifier son rôle dans la distribution HT

<div></div>
-------------

A2-13 Préciser la fonction assurée par l'appareillage situé en amont de Q5 ou Q6 de la cellule 1 ou 2

<div></div>
-------------

A2-14 Définir avec précision (terminologie et signification) le schéma de liaison à la terre exploité au niveau du poste 2

<div></div>
-------------

A2-15 Présenter les avantages et les inconvénients du schéma de liaison à la terre utilisé

<div></div>
-------------

A2-16 Préciser le ou les appareillages nécessaires à sa mise en œuvre

<div></div>
-------------

### **A3-Etude de l'alimentation de secours**

L'usine dispose de 2 groupes électrogènes de 1 600 kVA chacun permettant :

- D'alimenter l'usine pendant les périodes EJP (couplage sans coupure)
- D'alimenter l'usine en cas de coupure de l'alimentation EDF

A3-1 Quelles sont les conditions nécessaires pour coupler un alternateur triphasé sur le réseau ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A3-2 Quelle est la signification du sigle EJP ?

**E :**

.....

**J :**

.....

**P :**

.....

A3-3 Donner la définition des termes suivants (voir document ressource DR5)

**Alerte EJP :**

.....

.....

.....

**Tension rémanente :**

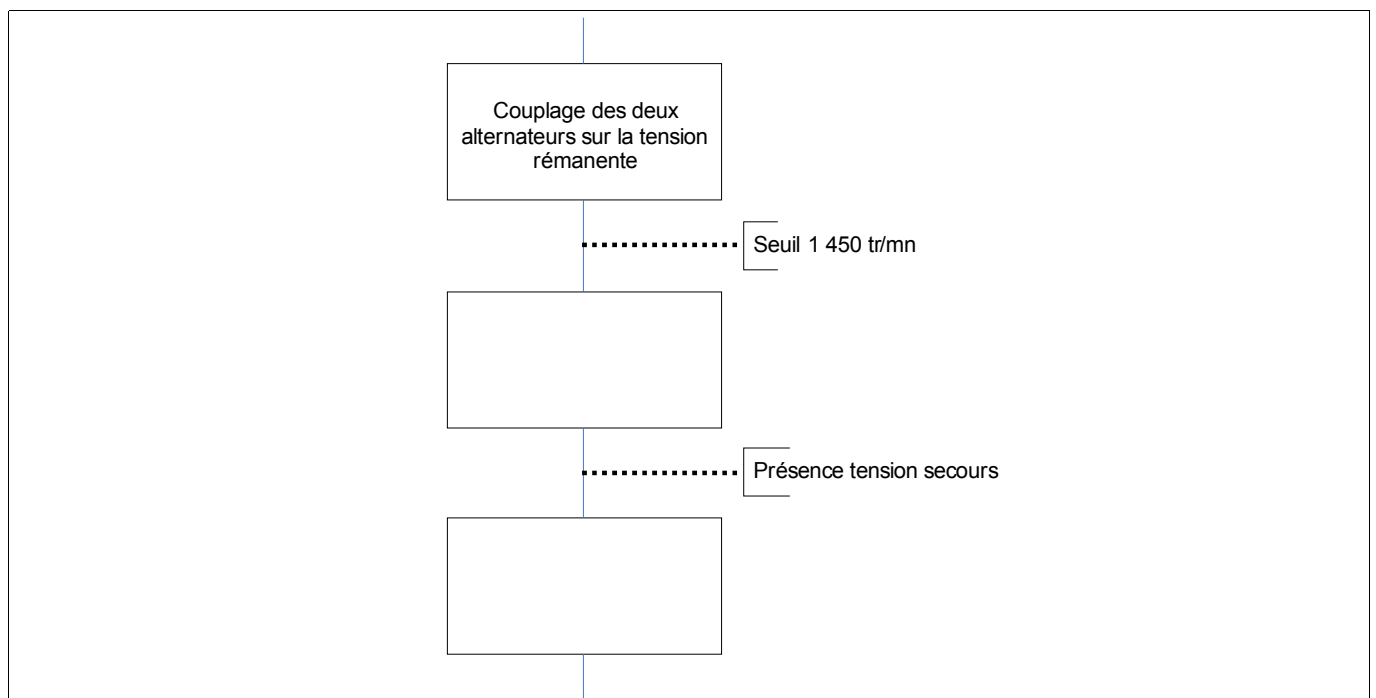
.....

.....

.....

.....

A3-4 Compléter le diagramme suivant de la procédure de couplage en EJP (voir document ressource DR5)





#### **A4-Etude des transformateurs du poste n°1**

A4-1 Les couplages des transformateurs TR1 et TR2 sont respectivement Dyn5 et Dyn11. Décoder les couplages

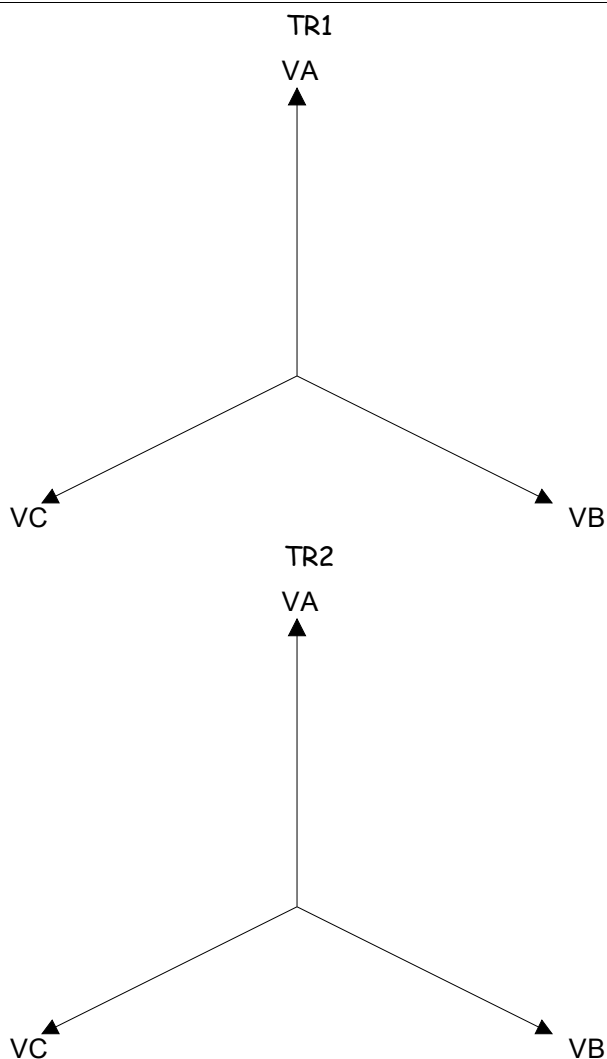
**Dyn5 :** .....

**Dyn11 :** .....

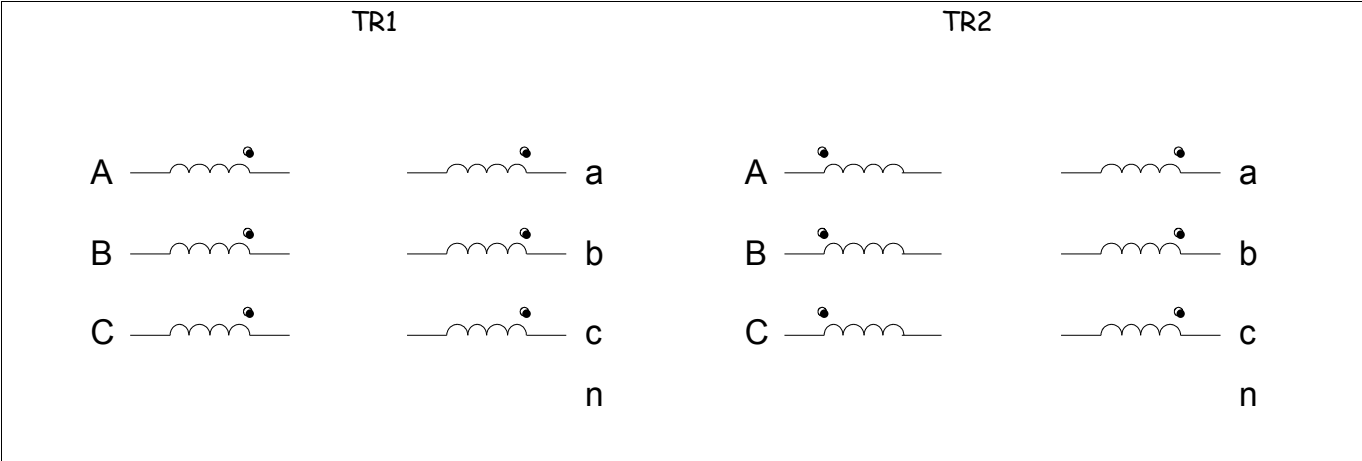
A4-2 Donner la définition de l'indice horaire

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

A4-3 Compléter le diagramme des tensions primaires et secondaires de chaque transformateur



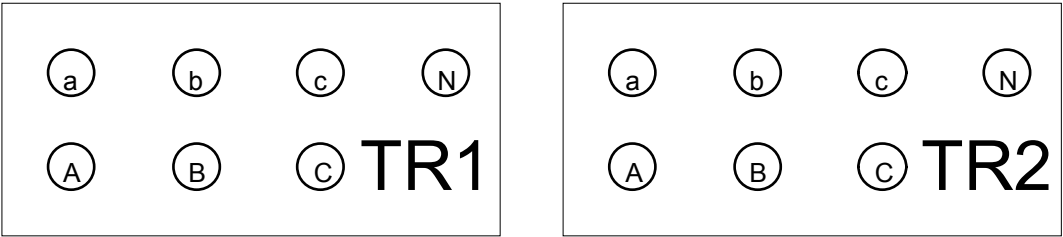
A4-4 Réaliser les connexions des enroulements des transformateurs TR1 et TR2



A4-5 Donner les conditions de mise en parallèle de deux transformateurs

A4-6 En complétant le schéma ci-dessous, réaliser la mise en parallèle des transformateurs TR1 et TR2

BTA \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



HTA \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### **A5 Étude du poste de livraison (DR1)**

A5-1 Dans la cellule PGB, donner la signification du TC et des grandeurs électriques associées

<b>TP</b>	.....
<b>15 / 20 kV</b>	.....
<b>100 / <math>\sqrt{3}</math></b>	.....
<b>100 / 3</b>	.....

A5-2 Dans la cellule TM, donner la signification du TP et des grandeurs électriques associées

<b>TC</b>	.....
<b>100 / 200 / 5 A</b>	.....

A5-3 Justifier l'utilité de ces deux appareillages électriques (TP + TC) dans le poste de livraison

..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
--

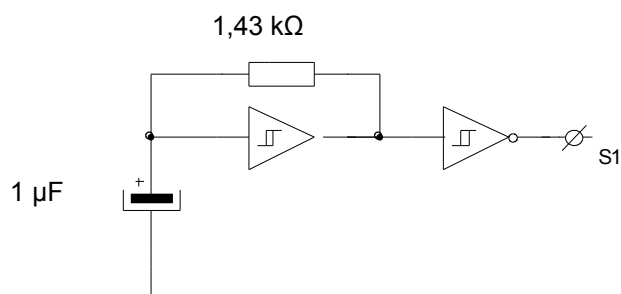
A5-4 En quoi un disjoncteur motorisé présente-t-il un intérêt ?

..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
--

## Partie B : régulateur du groupe électrogène

Le synoptique général du régulateur est fourni dans *le document ressource DR12*. La vitesse du groupe électrogène est régulée par l'intermédiaire d'une carte de commande analogique 0-10 volts qui agit sur des électrovannes d'arrivée de gasoil. L'entrée analogique 0-10 volts est alimentée par une interface à potentiomètre statique dont le schéma bloc est donné dans *le document ressource DR13*.

### B1- Étude de la base de temps



Le montage proposé permet d'obtenir un signal carré de période  $T = 0,7\text{ RC}$  avec un rapport cyclique différent de  $\frac{1}{2}$ .

B1-1 Qu'est-ce qu'un rapport cyclique ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B1-2 Calculer la période et la fréquence du signal de sortie S1

.....

.....

.....

.....

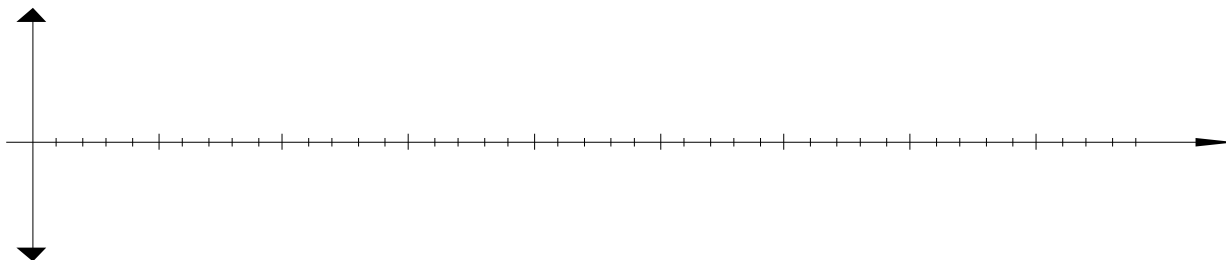
.....

.....

.....

.....

B1-3 Tracer l'allure du signal S1 (voir fig1) avec un rapport cyclique de  $\frac{2}{3}$  ( $1\text{ cm} \Leftrightarrow 0,33\text{ ms}$ )



Soit le montage suivant :

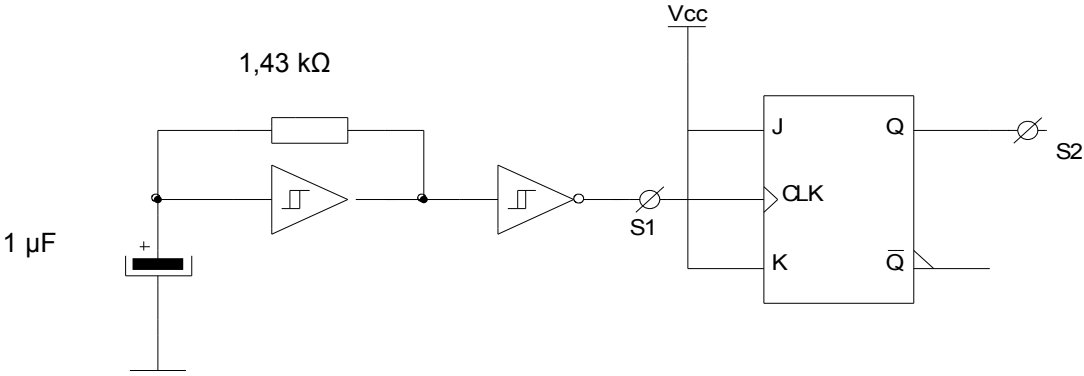


Table de vérité de la bascule JK

Mode fonctionnement	J	K	CLK	Q	/Q	remarques
synchrone	0	0	↑	Q <sub>0</sub>	/Q <sub>0</sub>	Maintien
	0	1	↑	0	1	Mise à 0
	1	0	↑	1	0	Mise à 1
	1	1	↑	Q <sub>n-1</sub>	/Q <sub>n-1</sub>	Commutation
	x	x	0 ou 1	Q <sub>0</sub>	/Q <sub>0</sub>	Maintien

B1-4 Tracer le signal S2 en fonction du signal S1 (voir fig. 1)

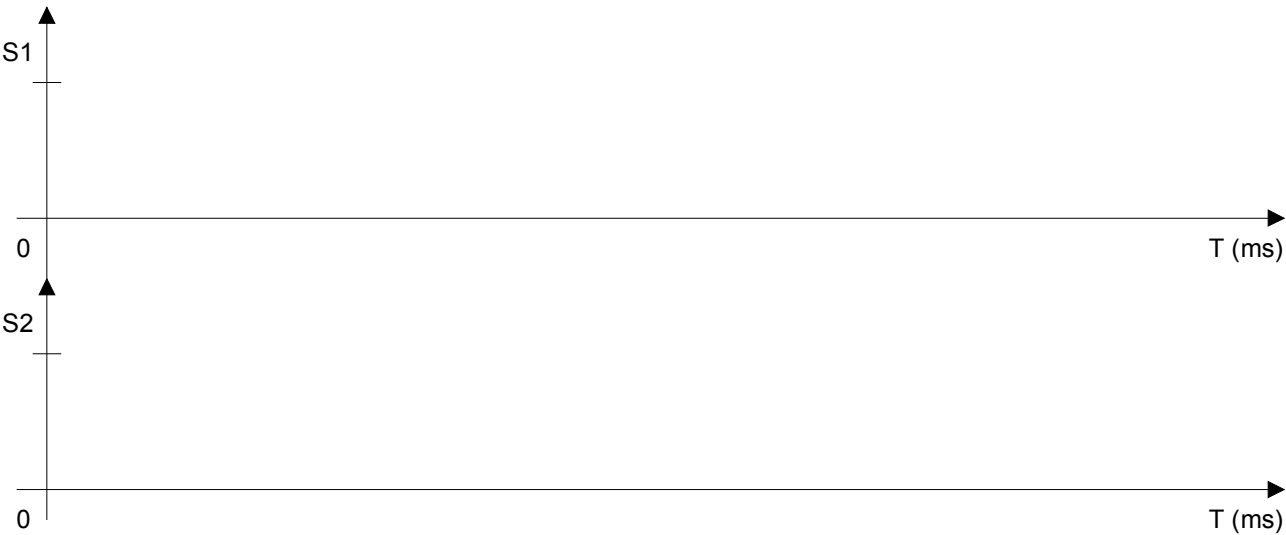


fig. 1

B1-5 Quels sont le rapport cyclique et la fréquence du signal S2

.....

.....

.....

.....

.....

B1-6 Calculer R pour obtenir un signal S2 de fréquence de 1,5 kHz (C = 1 µF)

.....

.....

.....

.....

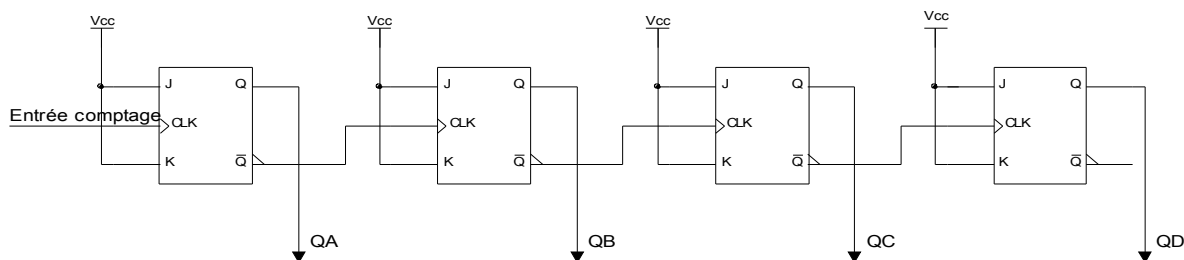
.....

.....

.....

.....

## B2- Étude du compteur décompteur



B2-1 Quel est le mode de fonctionnement interne du compteur ?

.....

.....

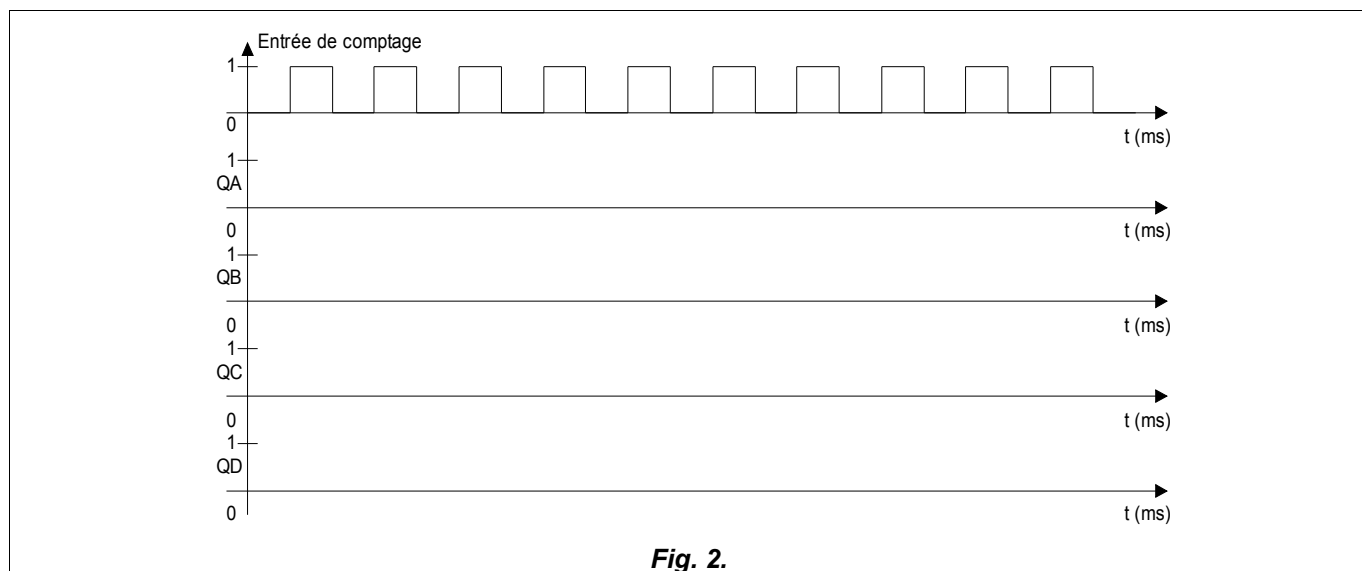
.....

B2-2 Quel est le front de fonctionnement de l'entrée de comptage ?

.....

.....

B2-3 Compléter le chronogramme fig. 2 ( $Q_A = Q_B = Q_C = Q_D = 0$  à  $t = 0$ )



B2-4 Quel est le modulo de ce compteur ? Justifier

.....

.....

.....

B2-5 Il existe un circuit spécialisé qui permet de compter et décompter, référencé 74LS193 ou 74LS192 (voir document ressource DR14). Donner le modulo de ce compteur

.....

.....

B2-6 Quelle est l'utilité des sorties « Carry » et « Borrow » du circuit ?

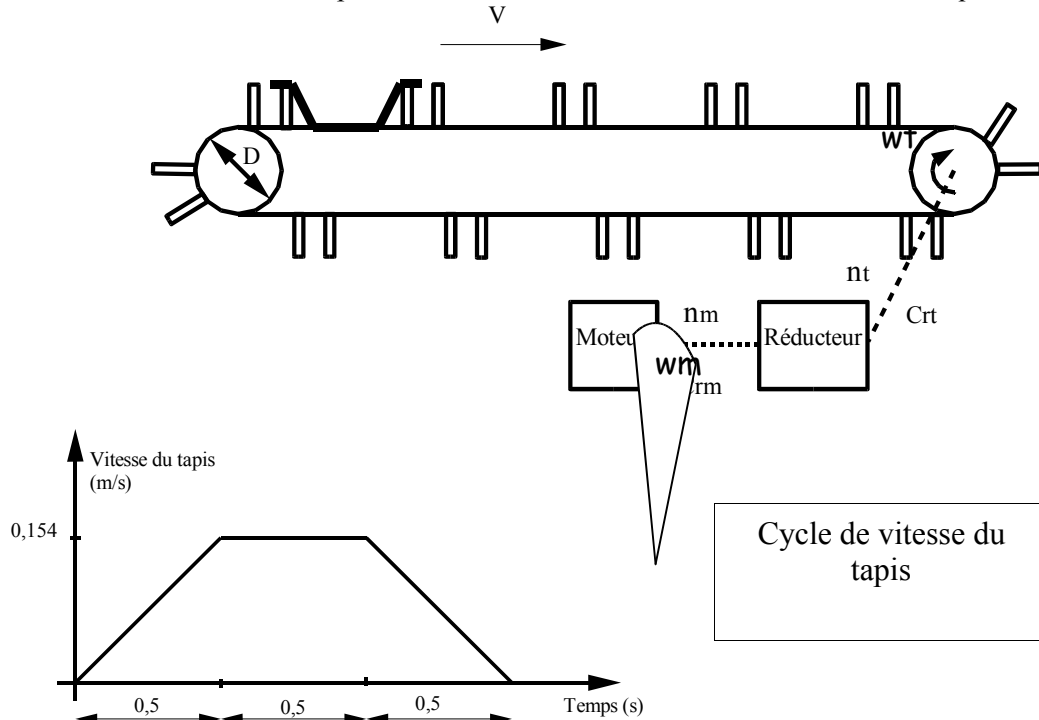
**Carry :** .....

**Borrow :** .....

## Partie C : ligne de conditionnement

Le tapis de ligne de conditionnement du fromage est entraîné par un moto réducteur associé à un convertisseur de fréquence.

On vous demande dans cette partie de choisir ce moteur et le convertisseur de fréquence associé.



### Caractéristiques mécaniques de la ligne de conditionnement :

Le tapis de la ligne de conditionnement fait 19 indexations/min. Une indexation comprend le cycle de vitesse du tapis décrit ci-dessus et un temps d'arrêt pour permettre le remplissage des barquettes.

La masse totale (chaînes, support, charge, différents pignons et arbres) :  $m_t = 320 \text{ kg}$ .

Le réducteur a un rendement de **90%** et un rapport de réduction  **$R = 1/125$** .

Le coefficient de frottement  **$C_f = 0,2$**  et le diamètre du cylindre d'entraînement est  **$D = 400 \text{ mm}$** .

### C1- Étude mécanique de la ligne afin de choisir le moteur

Le but est de calculer le couple moteur nécessaire pour permettre le choix d'un moteur.

C1-1 Calculer la force de frottement  $F$  permettant le déplacement du tapis

C1-2 Calculer le couple résistant du tapis  $C_{rt}$  en sortie du réducteur

C1-3 Calculer le couple  $C_{rm}$  à l'entrée du réducteur

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-4 Calculer la vitesse angulaire à la sortie du réducteur

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-5 Calculer la vitesse angulaire de l'arbre moteur

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-6 Quelle sera alors la vitesse de rotation  $n_m$  (en tr/min), de l'arbre moteur ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-7 Grâce aux équations de l'énergie cinétique, trouver l'expression de l'inertie  $J_t$  en sortie du réducteur, en fonction de  $\omega_t$ ,  $V$  et  $m_t$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-8 Donner sa valeur numérique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-9 En prenant l'équation de l'énergie cinétique et du rendement, en déduire l'équation de l'inertie  $J_m$  (inertie ramenée sur l'arbre moteur) et sa valeur



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-10 Calculer le couple accélérateur  $C_a$ .

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-11 Calculer alors le couple au démarrage  $C_d$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-12 Effectuer, en le justifiant, le choix du moteur (voir le document ressource DR15)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-13 Maintenant que l'on a choisi le moteur, recalculer le couple accélérateur  $C_a$  en tenant compte de l'inertie propre ( $J_{pm}$ ) du moteur choisi

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-14 Quelle est alors la valeur du nouveau couple au démarrage ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C1-15 Le moteur précédemment choisi convient-il toujours ? Justifier.

.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ce moteur est muni, dans le bobinage, d’une sonde CTP.

C1-16 Que veut dire le terme CTP

.....
.....
.....
.....

C1-17 Quel est le rôle de cette sonde ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

**C2- Choix du variateur de vitesse.**

On va choisir maintenant le variateur de vitesse associé au moteur.

C2-1 Faites le choix du variateur avec quelques caractéristiques (voir DR16)

Nom du variateur	.....
Calibre	.....
Référence CT	.....
Puissance utile moteur	.....
Intensité nominale permanente	.....

C2-2 Quelle sera la valeur de réglage de la fréquence correspondante à la vitesse  $n_m$  de rotation du moteur en négligeant le glissement ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C2-3 D'après le constructeur (voir DR18), la sortie du variateur alimentant le moteur n'est pas équipée de relais thermique. Pourquoi ?

.....
.....

.....
.....
.....
.....

C2-4 Déterminer le paramètre afin de satisfaire la protection thermique (voir DR20)

Paramètre	.....
Libellé	.....
Adresse	.....
Type	.....
Valeur à rentrer dans le variateur	.....

C2-5 Déterminer, sachant que l'on est en boucle ouverte, la valeur des paramètres 0.03 et 0.04 correspondant aux rampes d'accélération et de décélération (voir DR19 et DR20). Justifier la valeur par les calculs.

Paramètre	Libellé	Calcul	Valeur

C2-6 Pour mieux répondre aux normes C.E.M. européennes EN-50081-2, on utilise des filtres optionnels. Mais que veut dire C.E.M. ?

.....
.....
.....

C2-7 Quelles sont les références ces filtres (voir DR17) ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

C2-8 Préciser leur rôle

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C2-9 Effectuer le choix du matériel de puissance raccordé à l'entrée du variateur (désignation, référence et rôle) voir DR21 à DR23.

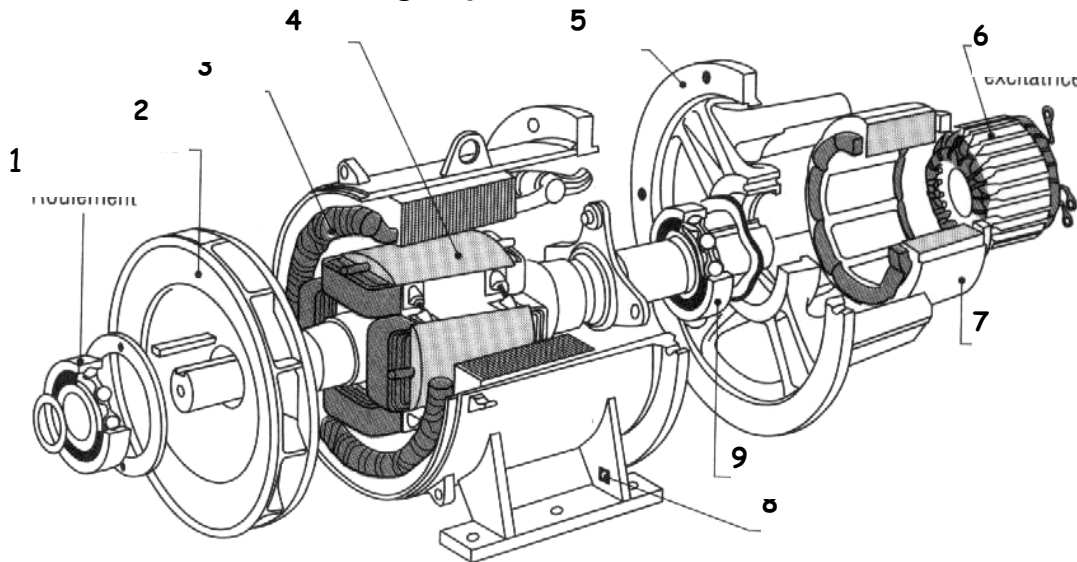
Désignation	Référence	Rôle
-------------	-----------	------



## Partie D : le groupeur

Dans cette partie, nous allons étudier la motorisation et le mode de fonctionnement du groupeur. Il permet de transférer la rangée des six barquettes de la ligne de conditionnement vers la ligne VGS.

### D1- Étude de la motorisation du groupeur



D1-1 Quel est le type de machine que représente la vue éclatée ?

.....

.....

D1-2 Donner le nom des différents constituants repérés sur la vue éclatée de la machine

1 : .....

2 : .....

3 : .....

4 : .....

5 : .....

6 : .....

7 : .....

8 : .....

9 : .....

D1-3 Expliquer la fonction du stator et du rotor

**Stator :** .....

.....

.....

**Rotor :** .....

.....

.....

D1-4 Donner la relation entre la vitesse de rotation et la fréquence

.....

.....

D1-5 Rappeler l'expression du couple moteur en fonction des champs statorique et rotorique

.....

.....

.....

.....

.....

D1-6 Déduire alors l'angle entre les champs statorique et rotorique permettant d'obtenir le couple maximal

.....

.....

.....

.....

.....

D1-7 Donner les deux principaux inconvénients du moteur synchrone

.....

.....

.....

.....

D1-8 Quelle est alors la solution pour remédier à ces problèmes ?

.....

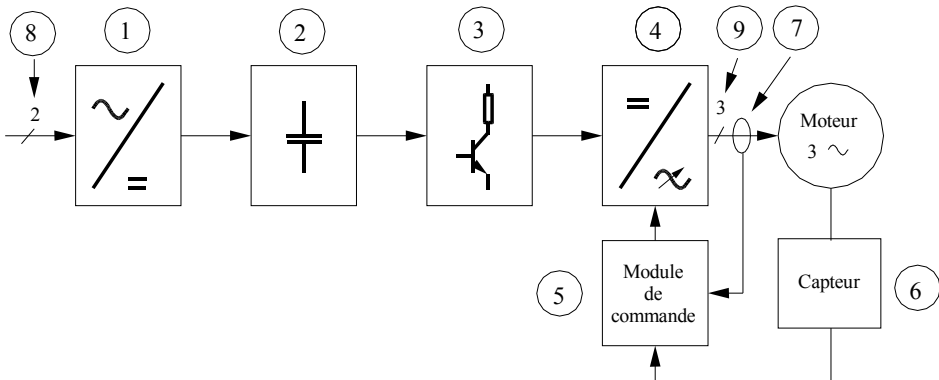
.....

.....

.....

.....

D1-9 Donner le nom et la fonctionnalité des différents blocs du schéma constructeur



1 : .....

2 : .....

3 : .....

4 : .....

5 : .....

6 : .....

7 : .....

8 : .....

9 : .....

D1-10 Donner les principes des capteurs de position angulaire couramment utilisés dans ce cas précis liés au schéma bloc précédent

**Codeur incrémental :** .....

.....

.....

.....

**Codeur absolu :** .....

.....

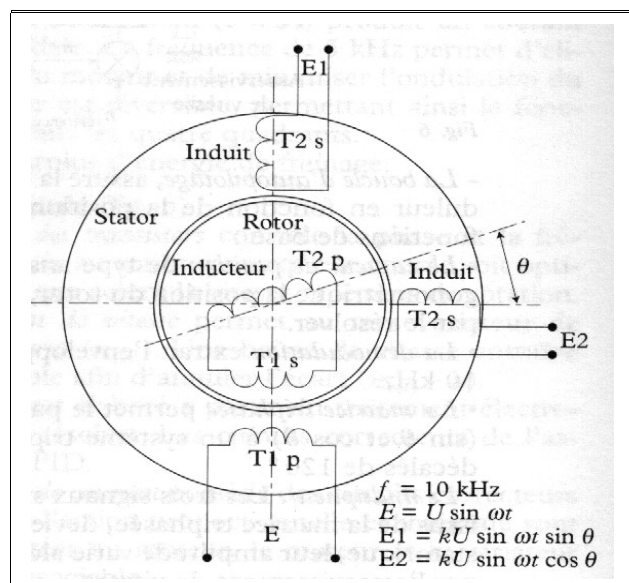
.....

.....

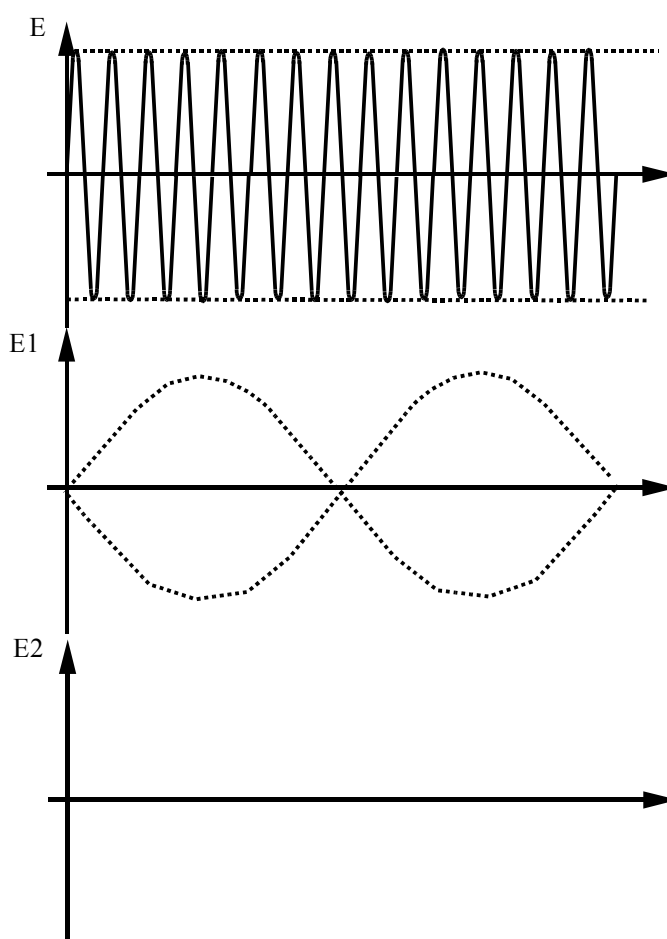
D1-11 Le capteur utilisé pour ce moteur synchrone autopiloté est un codeur absolu analogique dit «resolver» (capteur de position angulaire magnétique). Son principe est basé sur le phénomène d'induction magnétique. Il comporte deux parties :

- Un transformateur T1 alimenté par une porteuse de fréquence 10 kHz.
- Un transformateur T2 avec deux secondaires qui sont placés de telle façon qu'en combinant leur information de sortie on puisse en déduire la position angulaire du rotor.

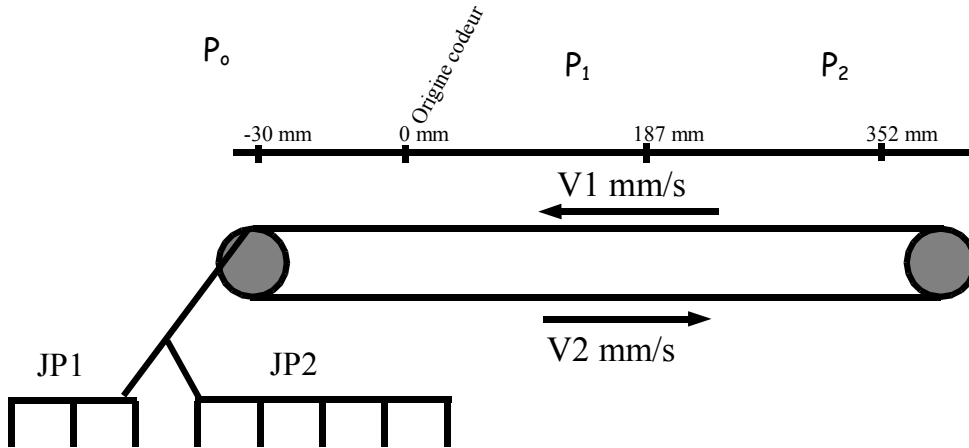
Avec l'aide du schéma, compléter les courbes ci-dessous (tracé et amplitude).



$U = 8 \text{ V}$   
 $K = 0,25$   
 $F = 10 \text{ kHz}$



## D2- Étude du fonctionnement du groupeur



Le groupeur se compose de deux jeux de pinces repérés JP1 et JP2 ; ces pinces sont actionnées par des micro vérins pneumatiques double effet.

- JP1 permet le transfert de deux rangées de six barquettes de la ligne de conditionnement vers le groupeur.
- JP2 permet le transfert de quatre rangées de six barquettes du groupeur vers le tapis VGS.
- La fonction du groupeur est d'assembler quatre rangées de six barquettes sur le tapis VGS.
- Les différentes étapes du transfert sont décrites dans le document ressource DR24.

D2-1 Pour chacune des séquences de fonctionnement du groupeur, donner l'état électrique des capteurs S1 et S2 dans le tableau TB1

### Tableau TB1

Séquence	S1	S2	Vitesse du moteur en tr/mn
1			
2			
3			
4			
5			
6			

D2-2 À l'aide des documents ressources DR25 à DR30, décoder les instructions des lignes N200 à N230 du programme implanté dans le convertisseur de fréquence

N200 GO W AH51 V1000:	
N220 Set O000=0 N221 Set O001=1 N225 Set O003=0	
N230 JMP N101	

D2-3 D  duire du programme les vitesses du moteur en tr/min pour chaque phase du tableau TB1 (cf. TB1)



D2-4 Le temps de retour de la position 2 vers la position 0 est de 1,3 s : calculer la vitesse linéaire  $V_1$  en mm/s. Donner le résultat à 1 mm/s près par excès

D2-5 Sachant que la vitesse de rotation est identique lors du retour de la position 1 à la position 0, calculer le temps de retour en seconde

D2-6 En déduire la vitesse  $V_2$  de déplacement en mm/s de la position 0 vers la position 1 ou vers la position 2

D2-7 Calculer le temps de parcours en seconde du groupeur pour aller de la position 0 à la position 1 puis de la position 0 à la position 2

D2-8 Calculer le temps total en seconde de la séquence suivante :

- Prise des barquettes sur la ligne de conditionnement
- Avance du groupeur vers la position 2
- Retour du groupeur vers la position 0

D2-9 Calculer la temporisation x de la phase 3 du document DR24 afin que le temps total en seconde de la séquence suivante soit identique au temps total calculé à la question D2-8 :

- Prise des barquettes sur la ligne de conditionnement
- Avance du groupeur vers la position 1
- Retour du groupeur vers la position 0

**Calcul :** .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**X =** .....

D2-10 Compléter le Grafcet suivant permettant de décrire le fonctionnement du groupeur en utilisant les variables de l'API (voir documents DR24 et DR25)

