

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2002

Série S – Sciences de l'Ingénieur

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Coefficient : 6 Durée de l'épreuve : 4 heures

*Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel habituel du dessinateur.
Aucun document ni manuel n'est autorisé.*

Le candidat doit disposer des feuilles 1/11 à 11/11. Les feuilles R1, R2 et R3 sont à rendre obligatoirement avec la copie.

La répartition des points se fera de la façon suivante :

Analyse du système	: 6 points
Calculs de vérification	: 7 points
Production de solution	: 7 points

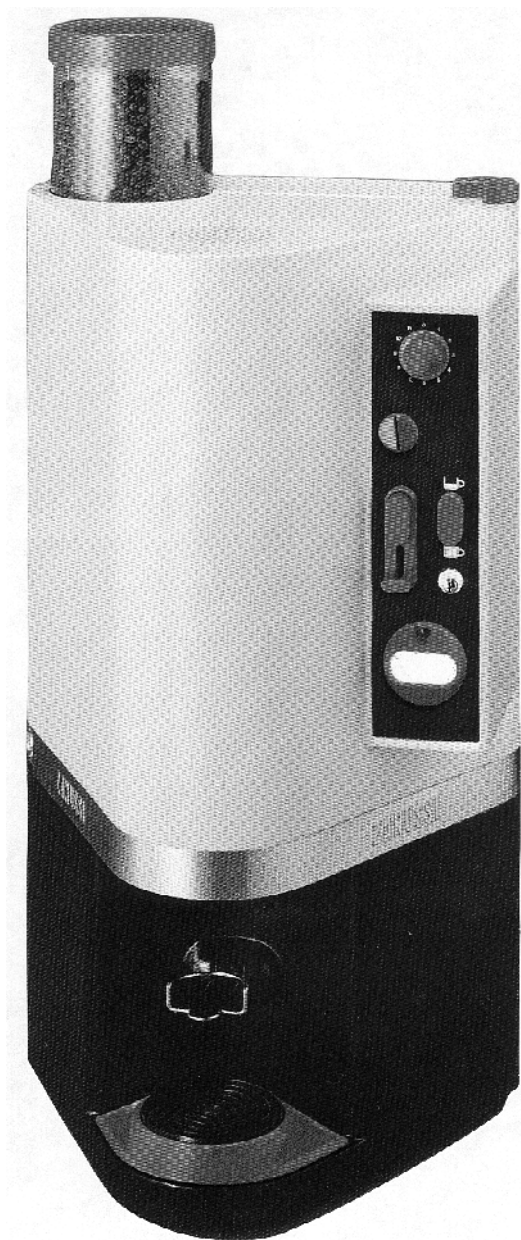
Distributeur automatique de café

Sommaire

PRESENTATION DU SYSTEME	1/11 à 4/11
.....	
.....	durée conseillée : 10 min
ANALYSE DU SYSTEME	5/11 et 6/11
.....	
.....	durée conseillée : 1 h 10 min
CALCULS DE VERIFICATION	7/11 et 8/11
.....	
.....	durée conseillée : 1 h 20 min
PRODUCTION D'UNE SOLUTION	9/11 à 11/11
.....	
.....	durée conseillée : 1 h 20 min
DOCUMENTS REPONSES	R1
.....	R2
.....	R3

PRESENTATION DU SYSTEME

**Distributeur automatique de café
Type « DISPENSER D10 »**



PRESENTATION DU SYSTEME

1. Mise en situation

Le distributeur automatique de café « **DISPENSER** » est utilisé dans les cafétérias, brasseries et centres de restauration rapide. Il permet de distribuer la boisson à partir de grains de café et d'eau dans un délai très court (environ 20 à 25 secondes).

2. Support de l'étude

Suivant le modèle de « **DISPENSER** », le client a le choix entre plusieurs options : café « court », café « long », dose supplémentaire d'eau chaude, programmation de plusieurs tasses. Le modèle support de l'étude est le **D10** offrant uniquement les options café « court » et café « long ».

3. Principe de fonctionnement du « Dispenser D10 »

Le « Dispenser D10 » permet d'obtenir un café « court » ou « long » à partir de grains de café et d'eau.

Pour cela, 3 tâches élémentaires indépendantes sont nécessaires : (voir analyse fonctionnelle page 3/11)

- Elaboration de la mouture (y compris le dosage).
- Préparation de l'eau (chauffage et dosage).
- Elaboration de la boisson (café chaud).

3.1. Conditions initiales

Le distributeur automatique est opérationnel (voyant de fonctionnement allumé) si et seulement si :

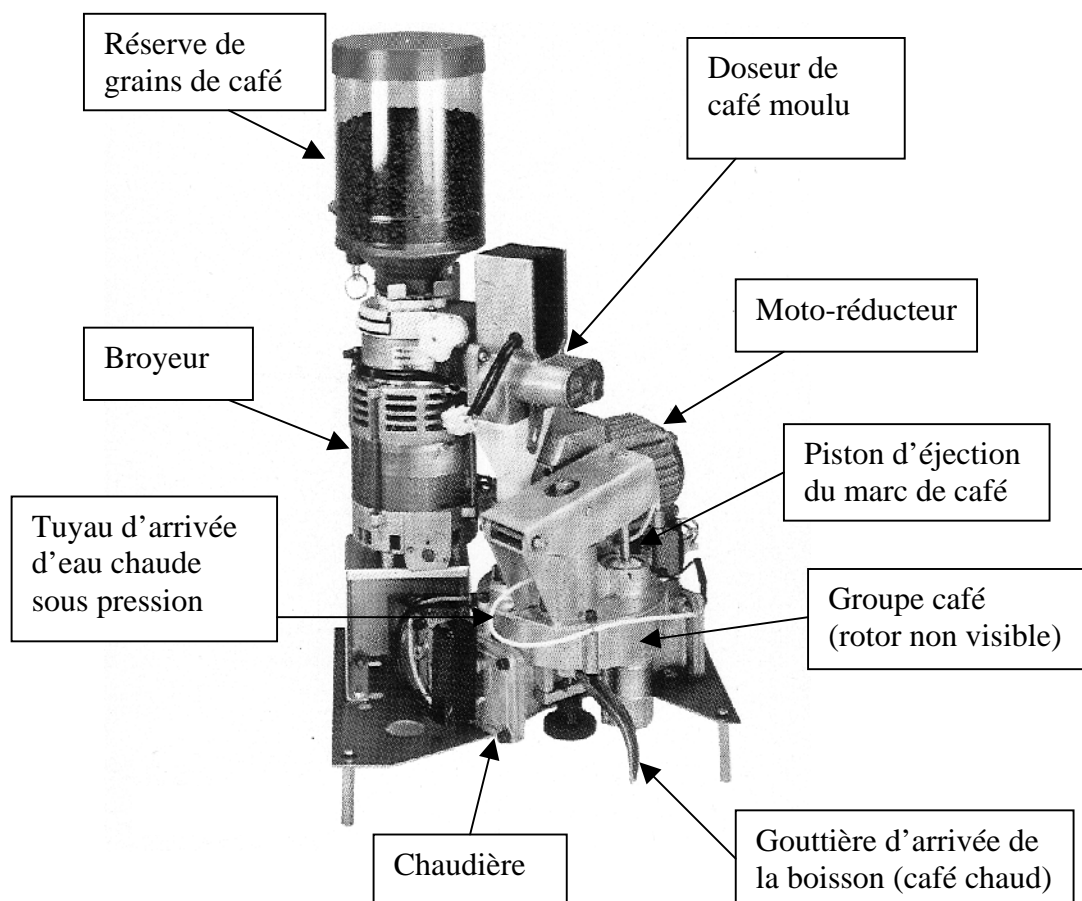
- le doseur d'eau est rempli
- le doseur de café contient une dose de café moulu

PRESENTATION DU SYSTEME

3.2. Mise en route du cycle de distribution (voir photo ci-dessous et page 4/11).

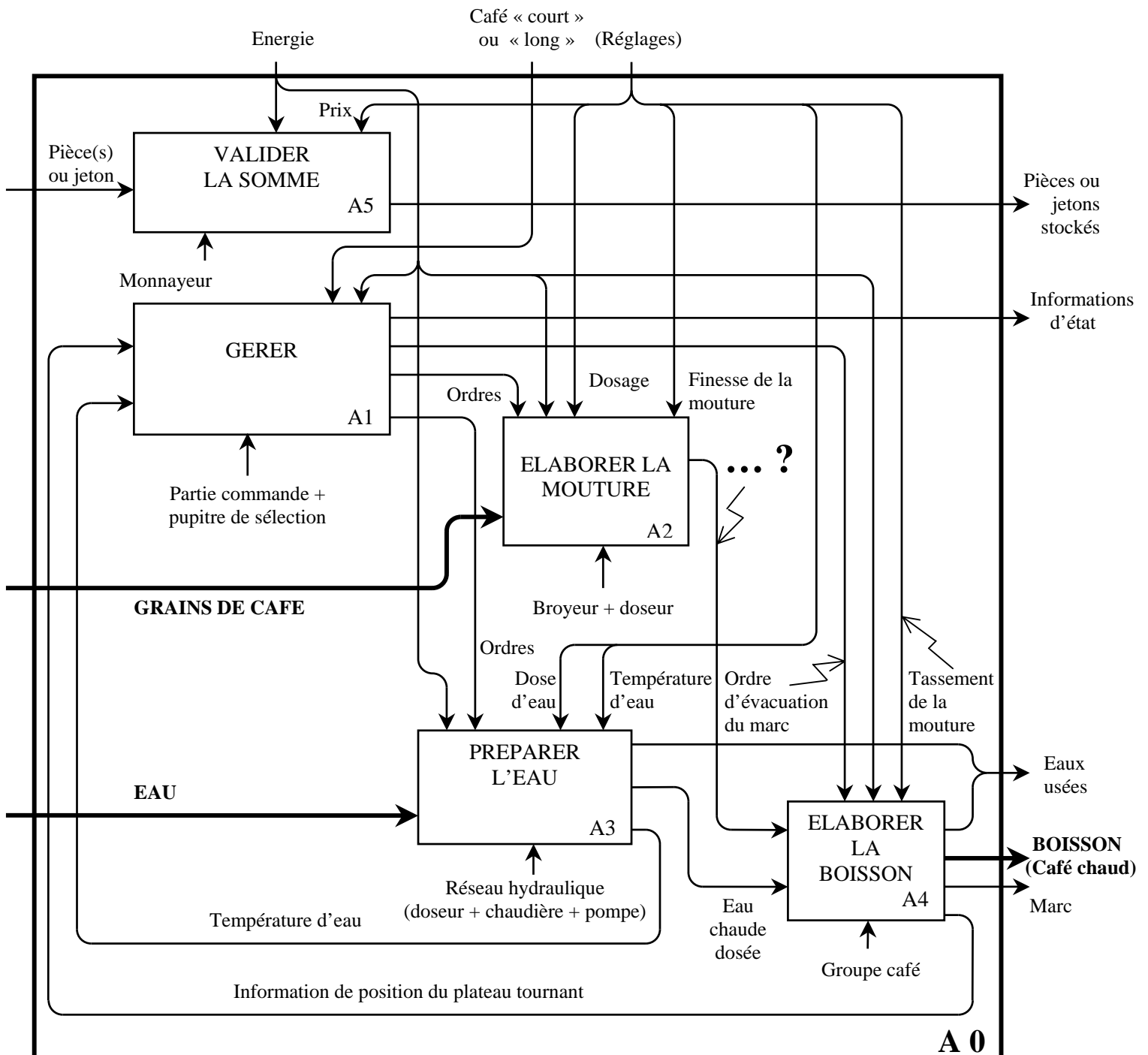
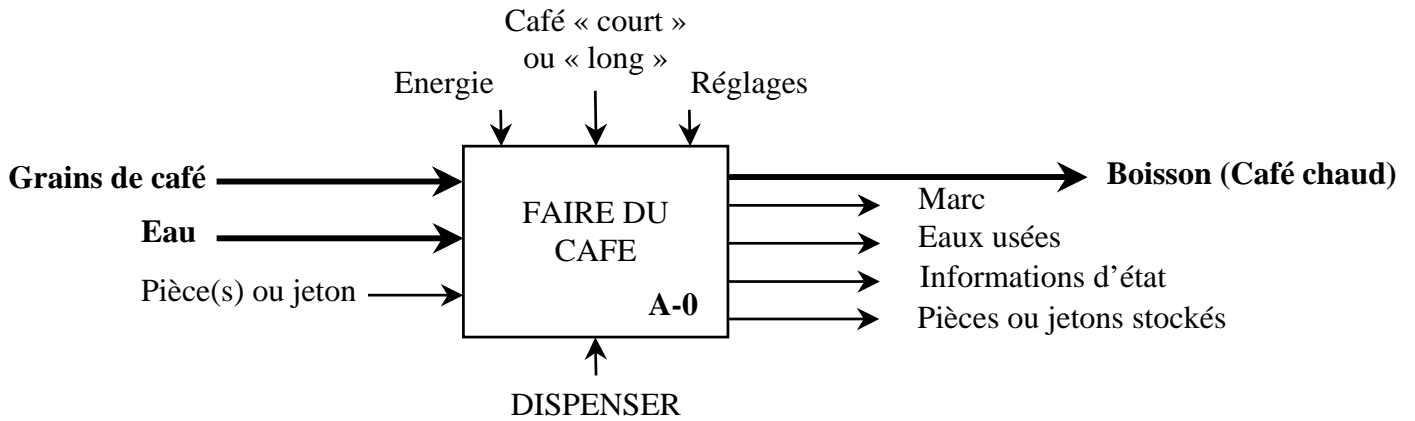
Il se déroule de la manière suivante :

- La dose de café moulu emmagasinée dans le doseur de café passe par gravité dans un rotor (élément mobile en rotation du groupe café ———> voir figure 1 page 4/11).
- Ce rotor amène la nouvelle dose de café au poste d'infusion où un piston tasse le café. Dans le même temps, le marc de café ayant servi à la sélection précédente est éjecté (à l'aide d'un autre piston).
- Une pompe envoie sous pression dans la chaudière la quantité d'eau froide établie par le doseur d'eau (l'eau est élevée à la température de 88°C).
- L'ouverture d'une électrovanne permet, par l'envoi d'une dose d'eau chaude sous pression à travers la dose de café moulu et tassé, d'obtenir la formation et la distribution de la boisson (café chaud) .
- L'élaboration de la mouture et la préparation de l'eau s'effectuent simultanément en fin de cycle, prédisposant ainsi le distributeur automatique, à une nouvelle sélection.



Remarque : Le doseur d'eau, la pompe et l'électrovanne ne sont pas visibles sur la photo ci-dessus.

PRESENTATION DU SYSTEME



FONCTIONNEMENT DU GROUPE CAFE

Le Groupe Café est actionné par un moto-réducteur à 2 sorties, l'une pour actionner le mécanisme de tassement de la dose de café moulu et d'éjection du marc que nous n'étudierons pas (non représentée) et l'autre pour actionner le dispositif permettant de faire passer la dose de café moulu par quatre postes (voir fig. 3):

- 1^{er} poste : sous le doseur de café moulu
- 2^{ème} poste : infusion (envoi d'eau chaude sous pression)
- 3^{ème} poste : éjection du marc de café
- 4^{ème} poste : attente (chambre vide)

Le mécanisme permettant une rotation par quart de tour est un mécanisme de transformation de mouvement par « **croix de Malte** ».

Explications du fonctionnement de la transformation de mouvement par « croix de Malte » :

Sur le plateau de sortie du moto-réducteur, il y a un galet excentré (libre en rotation sur lui même) qui rentre (voir fig. 1) dans une des quatre rainures (repérée **a**) du rotor du groupe café.

Ce galet fait tourner le rotor du groupe café (donc la dose de café moulu) d'un angle $\beta=90^\circ$, puis ressort de la rainure (**a**) (voir fig. 3).

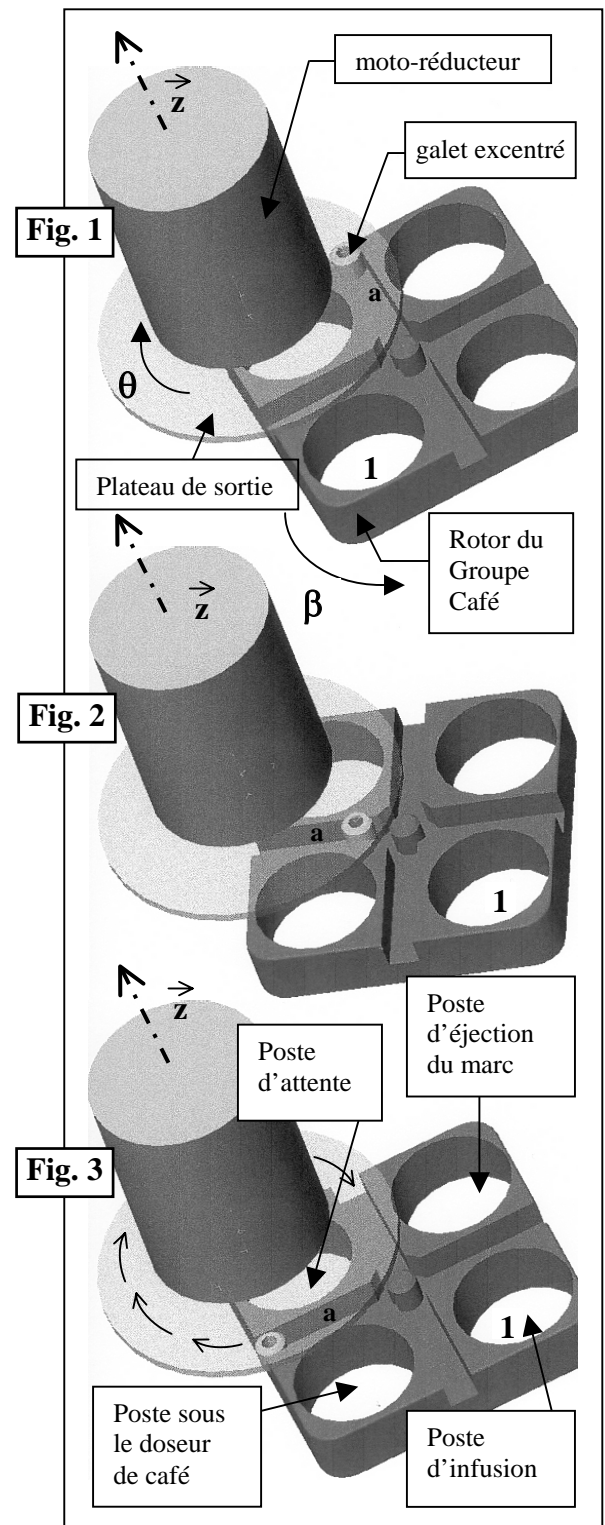
Donc une dose de café moulu, repérée **1**, située au poste « sous le doseur de café » à la fig.1 se retrouve après une rotation du rotor du groupe café d'un angle $\beta=90^\circ$ au « poste d'infusion » à la fig.3 .

Le galet continue ensuite sa rotation autour de l'axe \vec{z} du moto-réducteur (pendant ce temps le rotor du groupe café est immobile), rentre dans la rainure suivante et effectue la même opération (la dose **1** passera donc au « poste d'éjection du marc »).

Il faut donc quatre tours du plateau de sortie du réducteur pour effectuer un tour du rotor du groupe café.

Dans un cycle de distribution d'un café, chacun des quatre postes étant occupé, il suffit d'un quart de tour du rotor du groupe café pour obtenir sous le poste d'infusion une nouvelle dose de café moulu et dosé.

Remarque : le temps nécessaire pour faire tourner le rotor du groupe café de 90° sera noté t_1 .



ANALYSE DU SYSTEME

Problématique :

Les arguments de vente avancés par le fabricant sont principalement le faible encombrement de l'appareil et la rapidité de préparation des boissons.

Dans cette optique, le questionnement qui suit portera :

- **Dans la partie « analyse du système »**, sur le principe d'obtention des différentes boissons café « court » ou café « long ».
- **Dans la partie « calculs de vérification »**, sur la capacité de la partie opérative à suivre les temps de préparation d'une boisson annoncés par le fabricant.
- **Dans la partie « production d'une solution »**, sur les opérations effectuées en temps masqué (gain de temps) comme l'évacuation du marc de café.

ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE

Question 1 (répondre sur copie)

✎ A l'aide du niveau **A-0** (page 3/11), donner la fonction globale du système, les matières d'œuvre d'entrée principales et la matière d'œuvre de sortie principale.

Question 2 (répondre sur copie)

✎ Quelle est la **matière d'œuvre de sortie** de l'actigramme **A2** « ELABORER LA MOUTURE » du niveau **A0** ?

Question 3 (répondre sur copie)

✎ En observant le niveau **A0** de l'analyse descendante, nommer les différents réglages pouvant être effectués sur le DISPENSER.

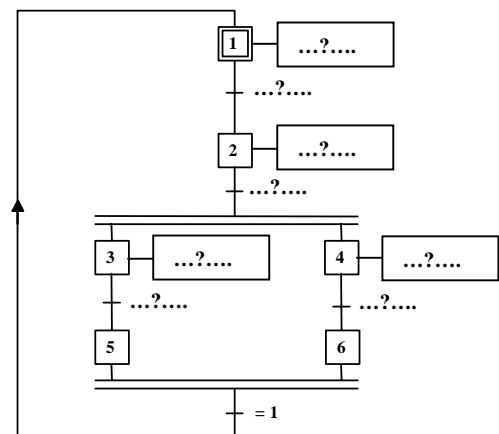
Question 4 (répondre sur copie)

✎ En relisant attentivement le principe de fonctionnement du DISPENSER (pages 1/11 et 2 /11) et en respectant les règles d'évolution et de représentation du GRAFCET, représenter le **GRAFCET de coordination des tâches** en remplaçant les quatre tâches et les réceptivités associées. On utilisera la structure donnée ci-dessous.

Liste des tâches :

PREPARER L'EAU
ATTENDRE
ELABORER LA BOISSON
ELABORER LA MOUTURE

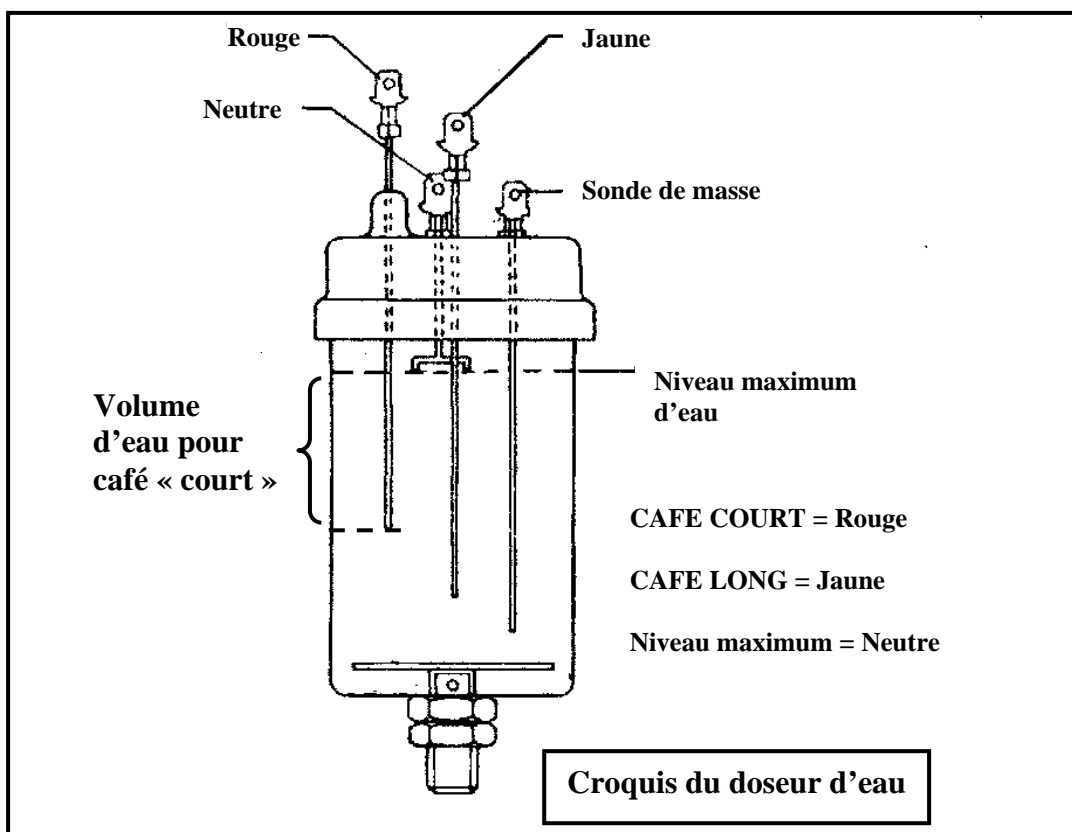
Nota : le départ cycle s'effectuera avec la présence des réceptivités : **pièce(s) de monnaie ou jeton** et **café « long » ou « court »** et **eau à température**.



ANALYSE DE LA PARTIE OPERATIVE

Le croquis ci-après représente le doseur d'eau. Pour faire varier les doses d'eau et obtenir soit un café « court » soit un café « long », on doit agir sur la position des sondes en sachant que le volume d'eau sélectionné est celui compris entre l'extrémité de la sonde neutre (niveau maximum) et l'extrémité de la sonde correspondant à la sélection (rouge pour café court et jaune pour café long).

ANALYSE DU SYSTEME



Selon les données du constructeur, en faisant varier la position d'une des deux sondes (rouge ou jaune) de **1 mm**, on fait varier la quantité d'eau d'environ **3 cm³**.

Réglages standards : - café « court » : 70 cm³ environ.

- café « long » : 140 cm³ environ.

Question 5 (répondre sur copie)

✎ Déduire des données constructeur le diamètre intérieur du doseur d'eau en précisant les unités utilisées.

Question 6 (répondre sur copie)

✎ Sachant que le croquis du doseur d'eau ci-dessus est à l'échelle **1:2**, mesurer les grandeurs nécessaires et en déduire le volume maximum d'eau contenu dans le doseur lorsqu'il est rempli.

Question 7 (répondre sur copie)

✎ Pour donner suite à une demande de la clientèle qui préférerait un café plus fort, indiquer la valeur et le sens du réglage à effectuer sur la sonde rouge (café « court ») pour obtenir une dose d'eau de 40 cm³ à la place de celle de 70 cm³ actuelle.

ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE

Question 8 (répondre sur le document réponse R1)

✎ Compléter les deux réceptivités (après les étapes 11 et 13), les deux conditions (étape 3) et les deux actions (étapes 4 et 12) manquantes sur les deux GRAFCET point de vue Partie Opérative.

CALCULS DE VERIFICATION

VERIFICATION DU TEMPS DE DISTRIBUTION D'UN CAFE

Le temps de distribution d'un café donné par le constructeur est compris entre 15 et 25 secondes suivant le choix de l'option café « court » ou café « long ».

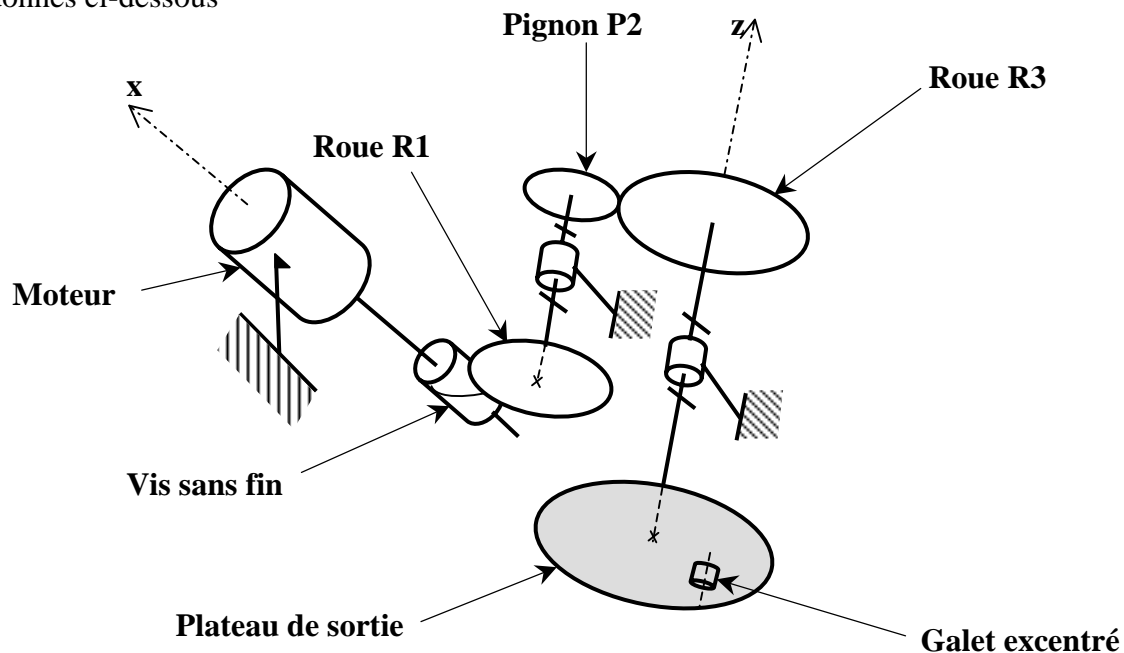
Nous allons vérifier cette donnée en étudiant la chaîne cinématique du Groupe Café chargé d'élaborer la boisson (temps d'élaboration noté t_1) et en étudiant les caractéristiques de la pompe (temps d'infusion noté t_2).

Le temps total de distribution de la boisson sera donc $t = t_1 + t_2$

Nota : *il est important d'avoir consulté préalablement le document (page 4/11) intitulé « FONCTIONNEMENT DU GROUPE CAFE »*

Etude du moto-réducteur

Le schéma du moto-réducteur ainsi que les caractéristiques des engrenages sont donnés ci-dessous



Données :

Vis sans fin 1 filet :	$Z_v = 1$	
Roue R1 :	$Z_1 = 30$ dents	Roue R3 : $Z_3 = 40$ dents
Pignon P2 :	$Z_2 = 10$ dents	Vitesse du moteur : $N_m = 1440$ tr/min

Question 9 (répondre sur copie)

Calculer le rapport de réduction global r du moto-réducteur ainsi que la vitesse de rotation du plateau de sortie N_p en tr/min.

Etude du mécanisme de transformation de mouvement par « croix de Malte »

Hypothèse : On néglige la rotation sur lui même du galet excentré.

Le mécanisme de transformation de mouvement est schématisé sur le document réponse R2 dans 5 positions différentes, les tracés demandés seront à effectuer sur chacune de ces 5 positions.

Quel que soit le résultat trouvé à la question précédente, on prendra :

$$N_{\text{galet/bâti}} = N_p = 12 \text{ tr/min.}$$

Repérage des pièces : Bâti (= pièce 0) ; Plateau de sortie du réducteur + galet excentré (= ensemble 1) ; Rotor du groupe café (= pièce 2).

CALCULS DE VERIFICATION

Question 10 (répondre sur copie et sur le document réponse R2)

- ✎ Quelle est la nature du mouvement de 1/0 ? (préciser l'axe du repère)
- ✎ Sachant que $N_p = N_{1/0} = 12 \text{ tr/min}$, calculer $\|\vec{V}_{A1/0}\|$ (tracer cette vitesse sur chacune des 5 positions du schéma).

Question 11 (répondre sur copie et sur le document réponse R2)

- ✎ Quelle est la nature du mouvement de 2/0 ? (préciser l'axe du repère)
- ✎ Tracer le support du vecteur vitesse $\vec{V}_{A2/0}$ sur chacune des 5 positions du schéma .

Question 12 (répondre sur copie et sur le document réponse R2)

(Rappel : on néglige la rotation sur lui même du galet excentré.)

- ✎ Donner la relation vectorielle de composition des vitesses au point A.
- ✎ Tracer le support du vecteur vitesse $\vec{V}_{A1/2}$ sur chacune des 5 positions du schéma.

Question 13 (répondre sur copie et sur le document réponse R2)

- ✎ Déterminer graphiquement pour chacune des 5 positions la norme de chacun des vecteurs vitesse $\vec{V}_{A1/2}$ et $\vec{V}_{A2/0}$. Noter les valeurs sur votre copie.

Question 14 (répondre sur copie)

- ✎ Tracer le graphe de la vitesse $\|\vec{V}_{A2/0}\|$ en fonction de θ pour un tour de l'ensemble 1 ($-\pi \leq \theta \leq \pi$).

Prendre θ en abscisse (rad) et la vitesse en ordonnée (mm/s).

Echelles : 10mm pour $\pi/8$ et 1mm pour 1mm/s

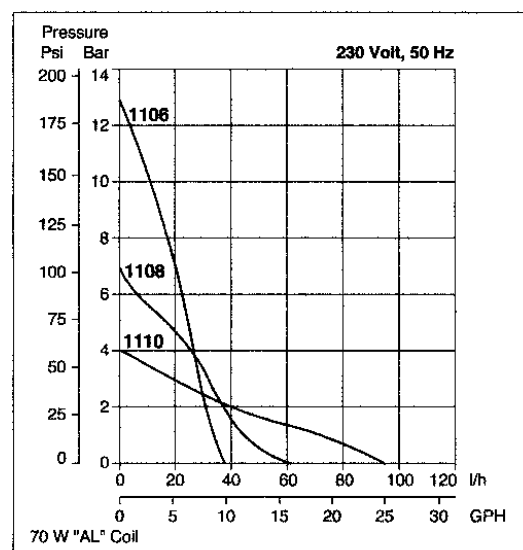
Question 15 (répondre sur copie)

- ✎ Quel est le temps t_1 mis pour amener une dose de café moulu, dosé et tassé sous le poste d'infusion ? (temps mis pour effectuer un quart de tour de la pièce 2).

Question 16 (répondre sur copie)

Les caractéristiques de la pompe d'infusion utilisée dans le Dispenser (référence 1106) sont données ci-dessous :

- ✎ Pour une pression moyenne de 7 bar (0.7 MPa), indiquer quel est son débit.
- ✎ Calculer le temps d'infusion t_2 pour un café « long » de 140 cm^3 .
- ✎ Calculer le temps total t d'obtention d'un café « long ».
- ✎ Comparer la valeur obtenue à celle donnée par le constructeur.



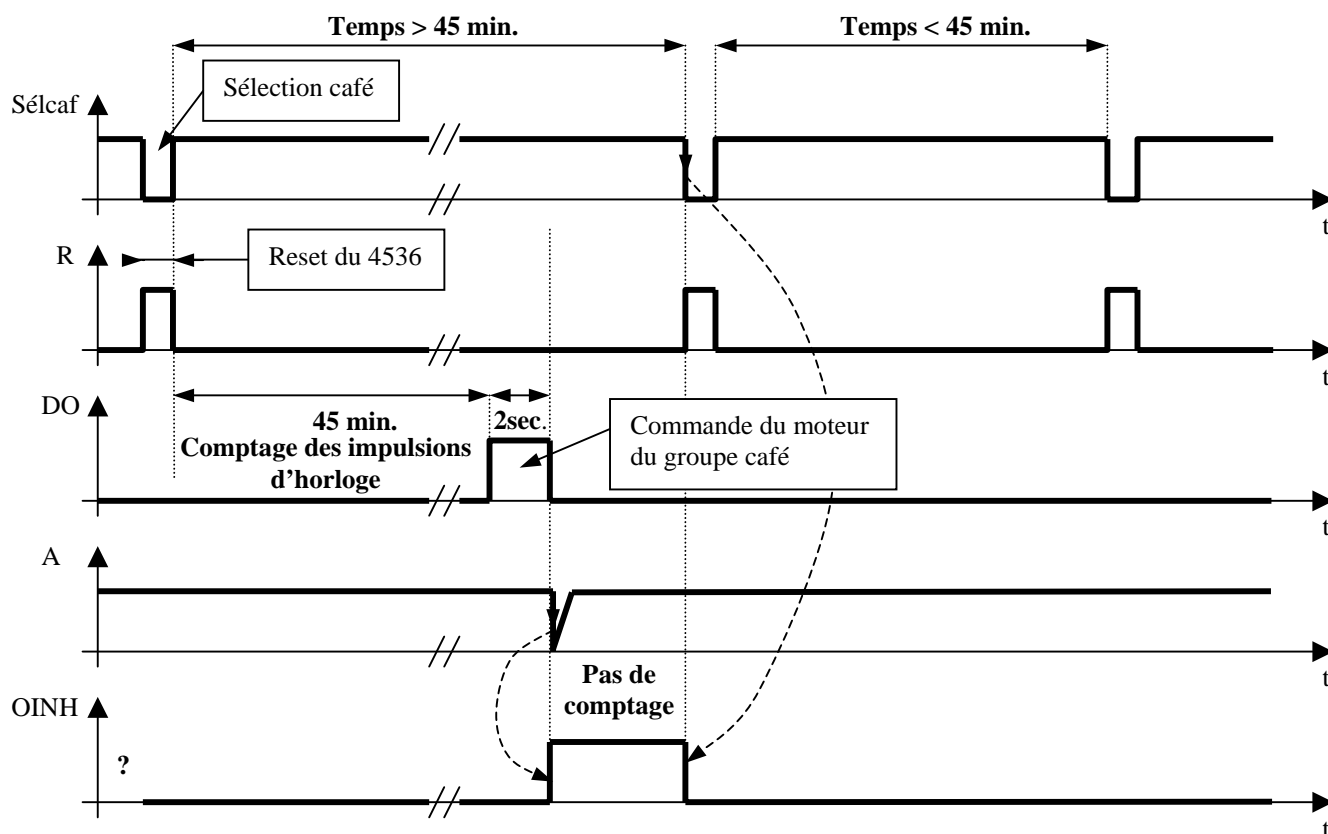
ETUDE DE LA TEMPORISATION LIEE A L'EXPULSION DU MARC

L'étude portera sur le minuteur gérant l'expulsion du marc de café. Cette expulsion du marc usagé s'effectue au moment d'une sélection de café mais également si le temps entre deux sélections dépasse 45 minutes, ceci afin d'éviter qu'un marc ne sèche à l'intérieur du groupe café. Pour cela, le contact d'un relais, commandé par le minuteur, s'enclenche, mettant uniquement le groupe café en fonction de façon à faire tourner le rotor du groupe café de 90° et à mouvoir l'ensemble piston permettant ainsi l'expulsion de la pastille de marc usagé.

Cette opération ne se répète plus jusqu'à ce qu'une nouvelle sélection soit effectuée.

On peut résumer le fonctionnement du minuteur par les chronogrammes suivants :

(Faire la correspondance avec les différents signaux sur le document réponse R3)



Sélcaf est le signal représentatif de l'information « Sélection café ».

Si le marc a été évacué, il n'est pas utile de l'évacuer à nouveau au bout de 45 minutes si une nouvelle boisson n'a pas été demandée. Ceci justifie l'allure de OINH.

PRODUCTION D'UNE SOLUTION

Documentation du circuit CD4536 - Temporisateur programmable

Le CD4536 est un temporisateur programmable permettant d'obtenir des temporisations de durées élevées. Celles-ci dépendent de la fréquence d'horloge ainsi que des états des entrées de programmation.

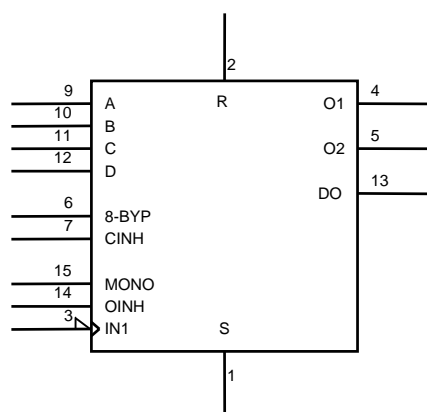
Ce circuit est composé de 24 diviseurs de fréquence par 2 en cascade. **Ainsi, sur une sortie numéro n, on obtient une division de fréquence du signal d'horloge par 2^n** ($n=1$ à 24).

On sélectionne une sortie parmi les 24 grâce aux entrées de sélection A, B, C, D et à l'entrée 8-BYP. (Voir tableau suivant). La sortie est DO.

Le signal d'horloge est appliqué sur l'entrée IN1 (active sur front descendant). L'état de OINH permet l'autorisation (niveau bas) ou pas (niveau haut) du comptage.

On peut également le configurer en **mode 1** ou en **mode 2** (on effectue la division de fréquence par 2^n mais la durée à l'état haut est limitée à une durée T_w déterminée par un réseau RC. (Voir exemples).

D	C	B	A	Numéros des sorties de division	
				8-BYP = 0	8-BYP = 1
0	0	0	0	9	1
0	0	0	1	10	2
0	0	1	0	11	3
0	0	1	1	12	4
0	1	0	0	13	5
0	1	0	1	14	6
0	1	1	0	15	7
0	1	1	1	16	8
1	0	0	0	17	9
1	0	0	1	18	10
1	0	1	0	19	11
1	0	1	1	20	12
1	1	0	0	21	13
1	1	0	1	22	14
1	1	1	0	23	15
1	1	1	1	24	16

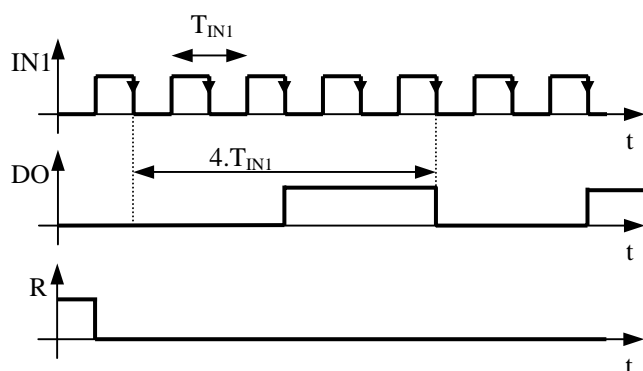


VDD : broche 16

GND : broche 8

Exemple : division de fréquence par 4 \Rightarrow sortie 2
 \Rightarrow DCBA=0001 ; 8-BYP=1

Exemple : division de fréquence par 4 \Rightarrow sortie 2
 \Rightarrow DCBA=0001 ; 8-BYP=1

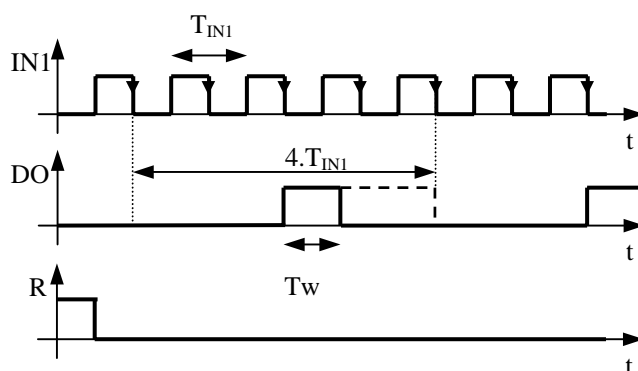


Broche 15

$R_T \geq 10k\Omega$

GND

Mode 1



VDD

R_T

C_T

GND

Broche 15

$T_w = 0,3.R_T.C_T$

Mode 2

PRODUCTION D'UNE SOLUTION

Question 17 (répondre sur copie et sur le document réponse R3)

Le minuteur est réalisé autour d'un circuit temporisateur CD4536 (voir document 10/11)

On se propose de configurer le circuit CD4536 de manière à obtenir le signal de sortie DO conforme aux chronogrammes.

Sachant que le signal présent sur l'entrée d'horloge du CD4536 est de 50Hz (signal H élaboré à partir de la tension secteur) et que l'on désire un changement d'état de DO au bout de 45 minutes environ :

- ✎ Précisez en justifiant les états à donner aux entrées A, B, C, D et 8-BYP.
- ✎ Compléter les liaisons sur les entrées A, B, C, D, 8-BYP.
- ✎ Raccorder le signal H à la broche adéquate du circuit CD4536.

Question 18 (répondre sur le document réponse R3 et sur copie)

On désire un fonctionnement en **mode 2**.

- ✎ Compléter le schéma et repérer les éléments ajoutés.
- ✎ Faire un choix de valeurs normalisées dans la série E24 (résistance) et E6 (condensateur) (voir à la fin de la page) de manière à obtenir un temps au niveau haut sur DO durant environ 2 secondes.

Question 19 (répondre sur le document réponse R3)

On observe sur les chronogrammes que l'entrée OINH est mise à « 1 » par passage à « 0 » de A (et donc de DO) et remise à « 0 » par un passage à « 0 » de Sélcaf. Cela nécessite l'emploi d'une bascule $\overline{R} \overline{S}$ (réalisée à l'aide de portes NAND CI1A et CI1B).

- ✎ Compléter le câblage de la bascule.

Question 20 (répondre sur le document réponse R3)

La sortie DO est destinée à commander le relais RL1 qui commandera la mise en rotation du groupe café permettant ainsi l'expulsion de la pastille de marc usagé. La commande de la bobine du relais se fait par l'intermédiaire d'un transistor T2 en commutation.

- ✎ Compléter les liaisons sur le schéma. On ajoutera une diode de roue libre nécessaire à la protection du transistor.

Question 21 (répondre sur le document réponse R3)

Sachant que le transistor T2 et le relais ont les caractéristiques suivantes :

T2 : $V_{CEsat} = 0,4V$ $V_{BEsat} = 0,6V$ $\beta_{mini} = 120$
Relais RL1 : Résistance de la bobine $R_b = 850\Omega$

$V_{DO} = 12V$ quand DO est au niveau logique haut.

- ✎ Calculer la valeur de la résistance R4. Faire un choix de valeur normalisée.
(Aide : Pour effectuer ce calcul, il est nécessaire de calculer I_{Csat} et I_{Bsat})

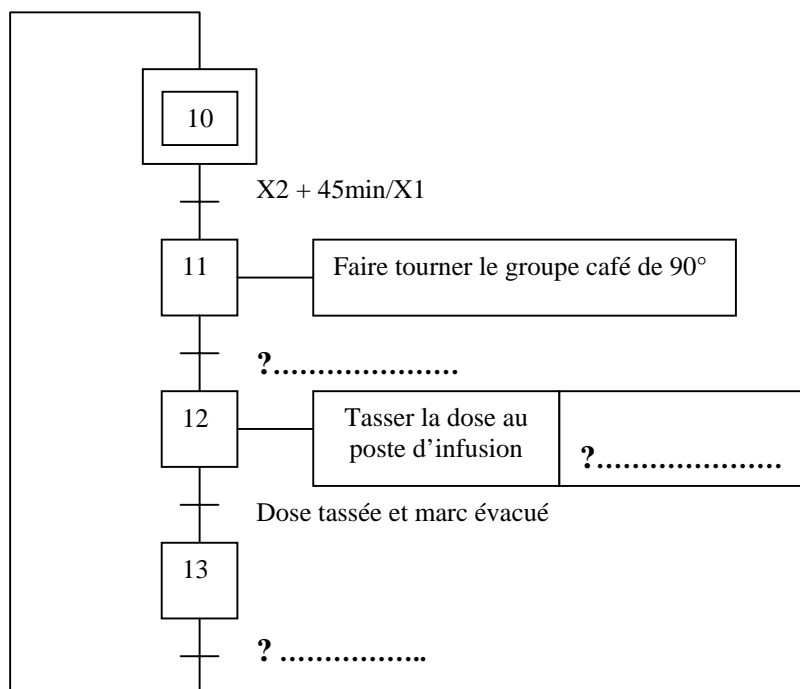
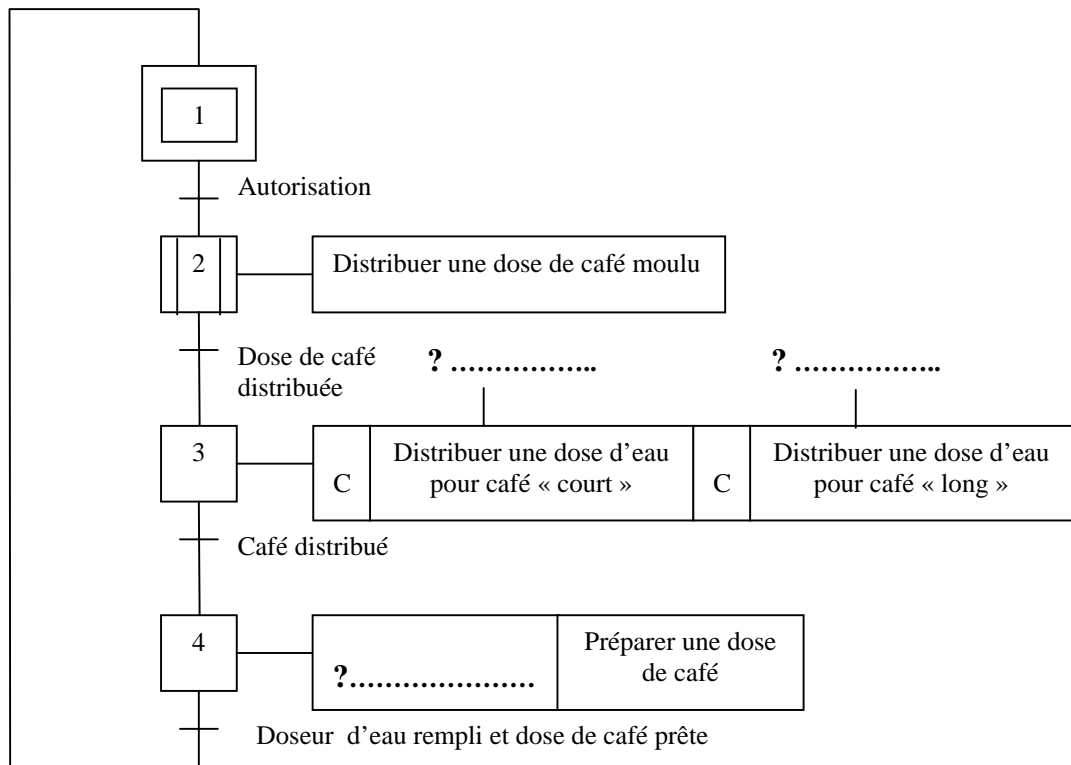
Les résistances seront choisies dans la série E24 ($\pm 5\%$) :

10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 15 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 24 ; 27 ; 30 ; 33 ; 36 ; 39 ; 43 ; 47 ; 51 ; 56 ; 62 ; 68 ; 75 ; 82 ; 91

Les condensateurs seront choisis dans la série E6 ($\pm 20\%$) : 10 ; 15 ; 22 ; 33 ; 47 ; 68

DOCUMENT REPONSE

GRAFCET point de vue P.O



Remarque : C n'est pas une action mais un symbole indiquant qu'une action est conditionnée.

DOCUMENT REPONSE

Données : $O_1A = 38 \text{ mm}$; $O_1O_2 = 54 \text{ mm}$; $N_{1/0} = 12 \text{ tr/mn}$

Echelle des schémas 1 : 1

Echelle conseillée pour les vitesses : 1 mm \longrightarrow 1 mm/s

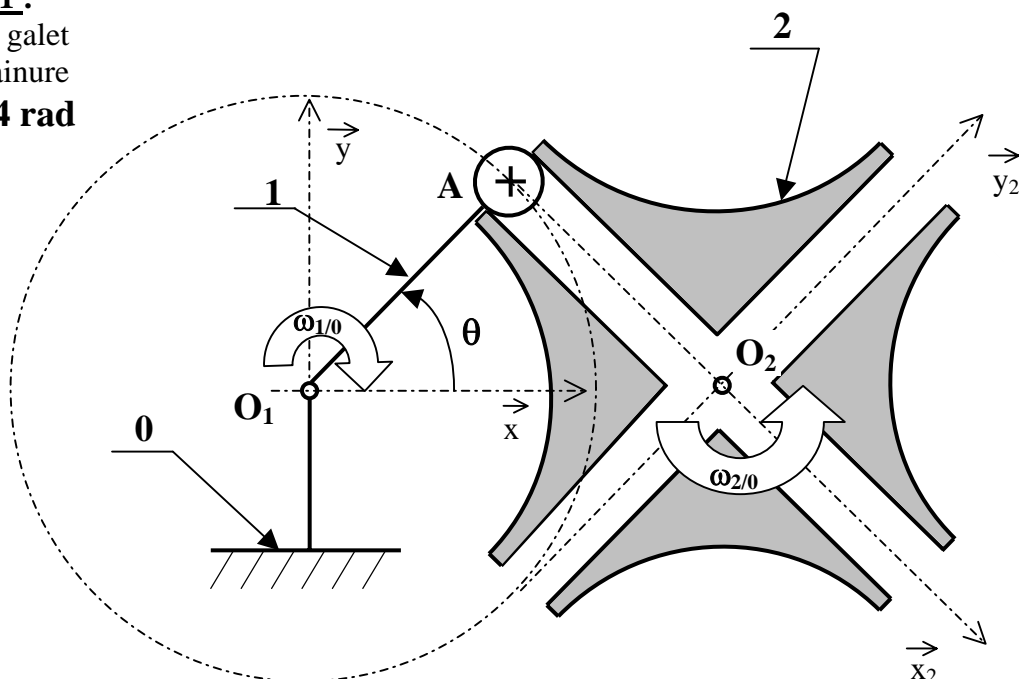
Nota : veuillez indiquer clairement les angles droits

Position 1 :

entrée du galet
dans la rainure

$$\theta = -\pi/4 \text{ rad}$$

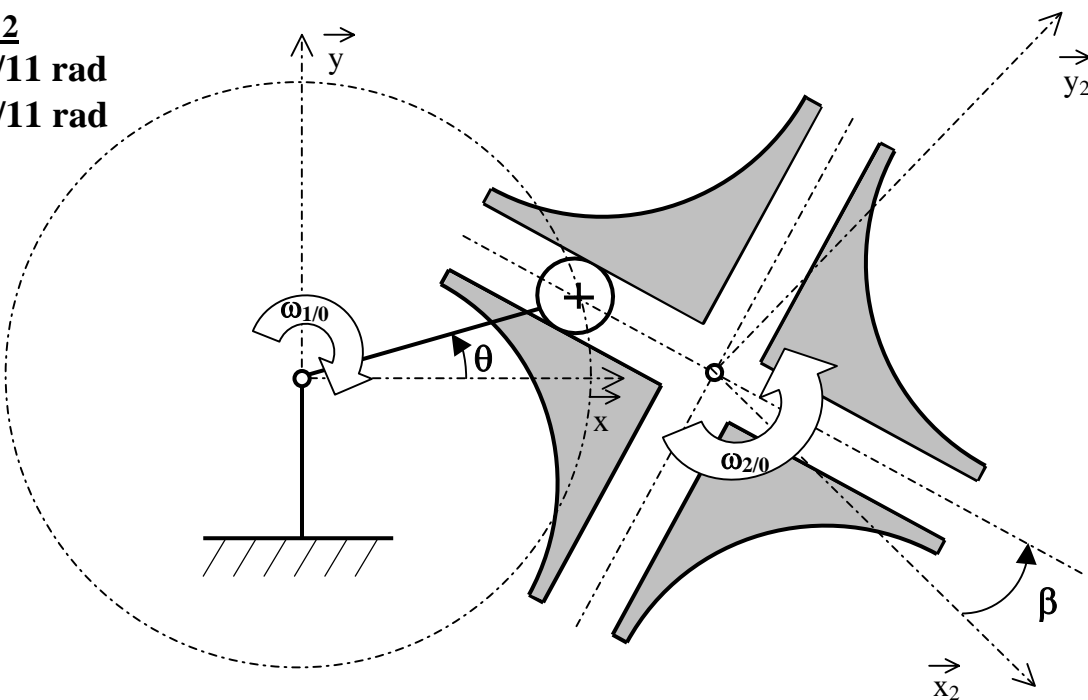
$$\beta = 0$$



Position 2

$$\theta = -\pi/11 \text{ rad}$$

$$\beta = +\pi/11 \text{ rad}$$

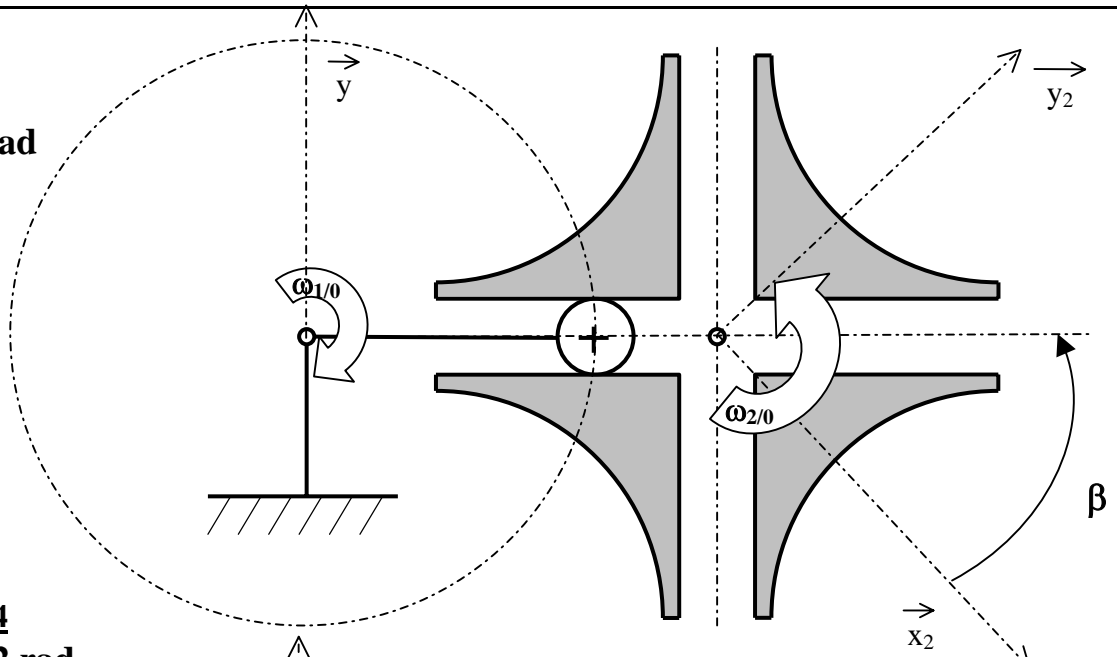


DOCUMENT REPONSE

Position 3

$$\theta = 0$$

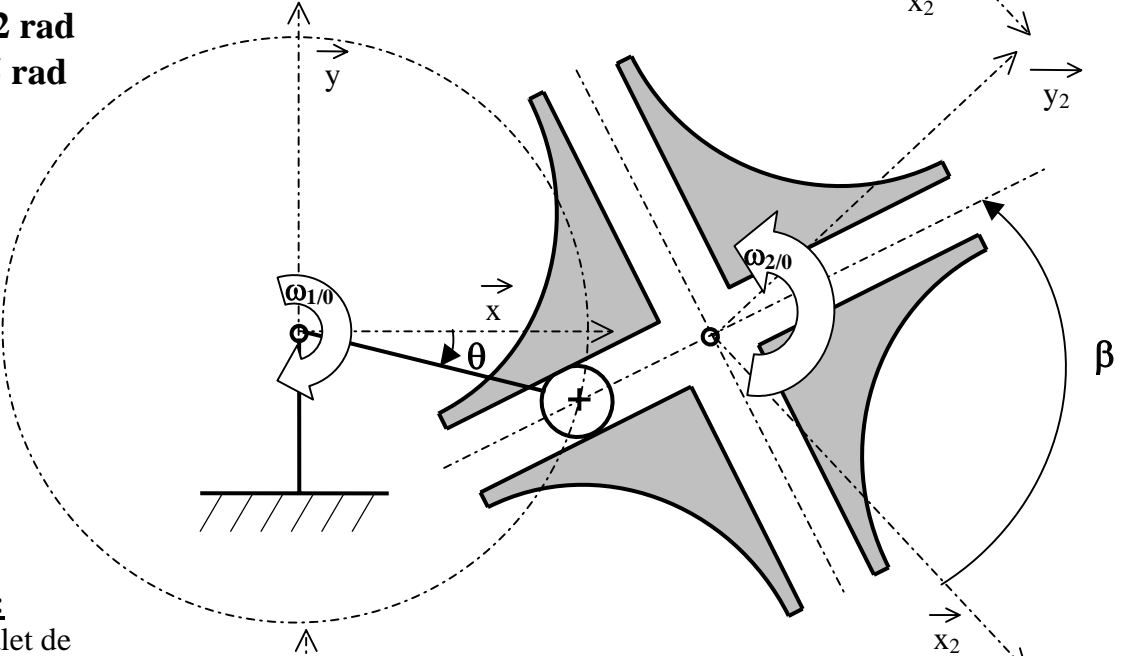
$$\beta = \pi/4 \text{ rad}$$



Position 4

$$\theta = \pi/12 \text{ rad}$$

$$\beta = 2\pi/5 \text{ rad}$$



Position 5 :

sortie du galet de la rainure

$$\theta = \pi/4 \text{ rad}$$

$$\beta = \pi/2 \text{ rad}$$

