

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

Durée : 3 heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier travail
- un dossier technique
- un dossier réponse

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

THÈME :

**STATION DE RADIOGRAPHIE
SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TRAVAIL

**STATION DE RADIOGRAPHIE
SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE**

Ce dossier comporte 8 pages.

Temps conseillé :

Lecture du sujet – 20min

1^{ère} Partie – 1h15min

2^{ème} Partie – 45min

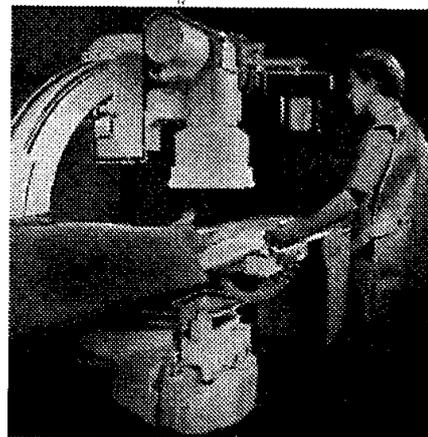
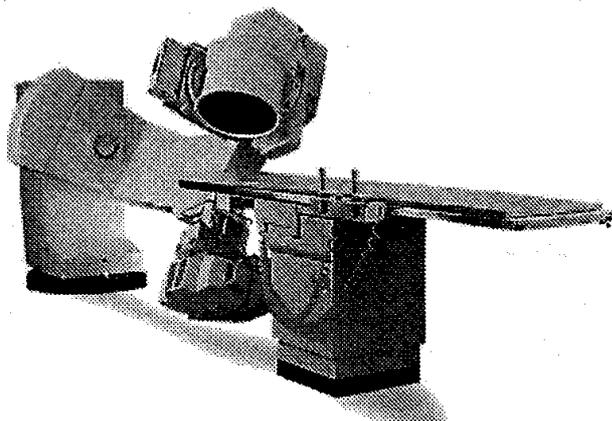
3^{ème} Partie – 25min

4^{ème} Partie – 15min

STATION DE RADIOGRAPHIE

SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE

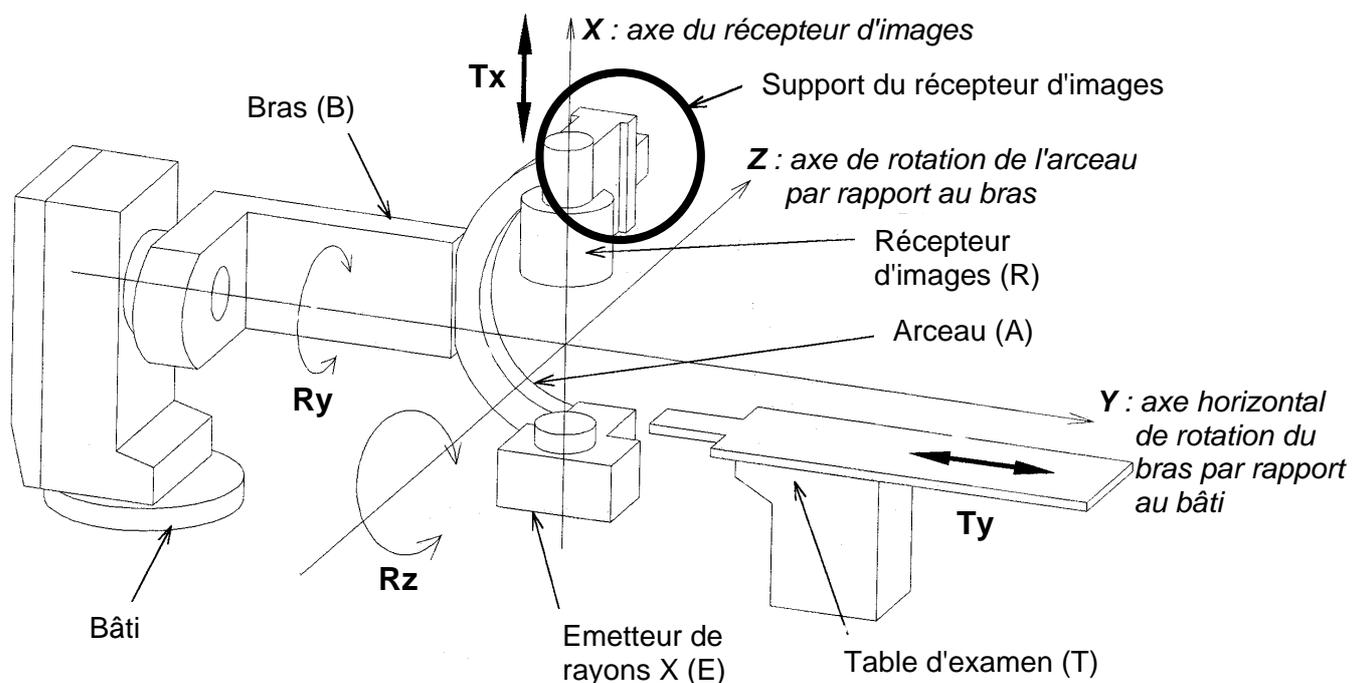
PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DE RADIOGRAPHIE



Le système AFM est utilisé dans les hôpitaux pour réaliser des radiographies de différentes parties du corps humain.

Le patient est allongé sur la table d'examen (T).

Un arceau (A) déplace l'émetteur de rayons X (E) et le récepteur d'images (R) autour du malade.



Le médecin commande, à partir d'un pupitre, des mouvements de :

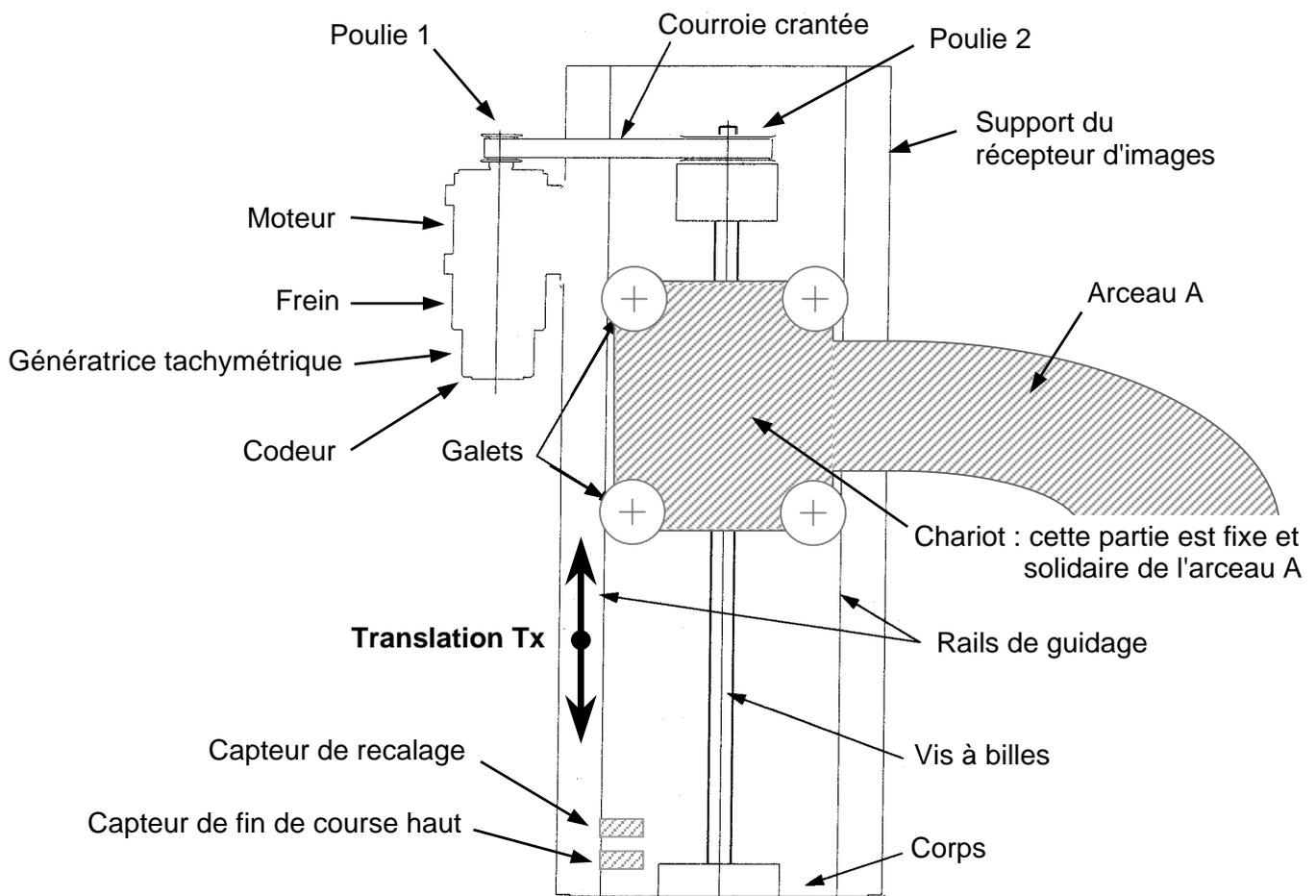
- ☞ ROTATION (Ry) : le bras peut tourner autour de l'axe Y avec un débattement de 360°.
- ☞ ROTATION (Rz) : l'arceau supportant l'ensemble émetteur – récepteur peut tourner autour de l'axe Z avec un débattement de 150°.
- ☞ TRANSLATION (Ty) : la table peut se déplacer le long de l'axe Y sur une course de 2500mm.
- ☞ TRANSLATION (Tx) : le récepteur d'images peut se déplacer le long de l'axe X sur une course de 450mm.

L'étude qui va suivre portera uniquement sur la motorisation du déplacement du récepteur d'images (translation Tx).

SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE

DESCRIPTION GENERALE

L'axe X du récepteur d'images est vertical en position initiale et correspond à la position la plus couramment utilisée en fonctionnement (voir figure ci-dessous) :



Le chariot à quatre galets est solidaire de l'arceau (A).

C'est le corps supportant le récepteur d'images qui se déplace en translation (Tx) afin d'effectuer une mise au point correcte de l'image

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

Fonction “transmettre la puissance”

Elle est principalement assurée par :

- Un moteur à courant continu commandé par un variateur, équipé d'un frein électromécanique (type frein à manque de courant), d'une génératrice tachymétrique et d'un codeur pour la position. Les caractéristiques de ce servomoteur sont données en annexe 1 du dossier technique page DT1/3.
- Un réducteur à poulies et courroie crantée.
- Un système vis – écrou à billes.

Fonction “contrôler la position”

Le positionnement du récepteur d'images sur l'axe X doit être réalisé de façon très précise.

Un codeur de type incrémental a donc été prévu et monté sur l'arbre du moteur.

La remise en position initiale du récepteur d'images se déroule en deux phases :

- une montée du récepteur d'images jusqu'au capteur de recalage.
- une recherche du premier "top zéro" du codeur.

Les déplacements extrêmes sont limités par des capteurs de fin de course.

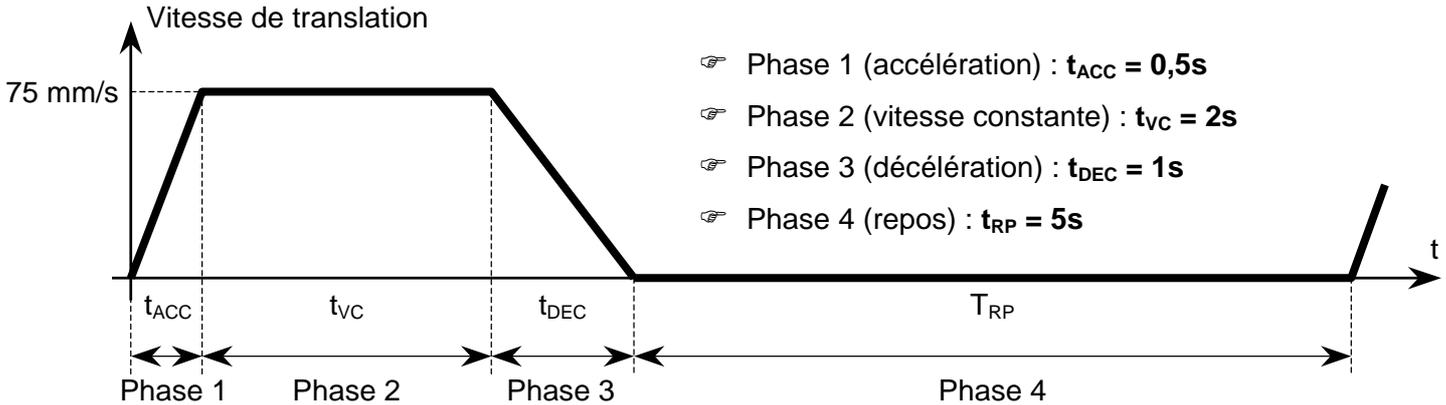
PREMIERE PARTIE

PROBLEME TECHNIQUE

Déterminer les caractéristiques du moteur électrique et permettre une évolution du produit dans le cadre d'un changement du récepteur d'images.

DONNEES

- Loi de commande :



- Masse totale du récepteur d'images : $M = 210 \text{ kg}$.
- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
- Vitesse maximale de translation (T_x) : $V_{MAX} = 75 \text{ mm/s}$.
- Poulies – courroie crantée :
 - poulie "1" à 17 dents et poulie "2" à 45 dents.
 - rendement de la transmission : $\eta_{PC} = 98\%$ pour le point de fonctionnement considéré.
- Vis – écrou à billes :
 - pas de 5 mm.
 - rendement de la transmission : $\eta_{VE} = 89\%$ pour le point de fonctionnement considéré.
- Référence du moteur choisi : **T730-012** (les caractéristiques de ce servomoteur sont données en annexe 1 du dossier technique page DT1/3).

Première étude : régime permanent correspondant au fonctionnement du moteur pendant la "Phase 2" de la loi de commande.

- Question 1.** Calculer la vitesse de rotation maximale du moteur ($N_{MOTEUR\ MAX}$) en tr/min.
- Question 2.** Calculer la puissance mécanique nécessaire au niveau du chariot récepteur d'images ($P_{UTILE\ RECEPTEUR}$) afin de pouvoir déplacer le récepteur d'images à sa vitesse maximale.
- Question 3.** En déduire la puissance mécanique utile que doit fournir le moteur ($P_{UTILE\ MOTEUR}$).
- Question 4.** Calculer le couple utile du moteur ($T_{UTILE\ MOTEUR}$) en régime permanent.
- Question 5.** Au vu des résultats précédents, déterminer le coefficient de sécurité du moteur en terme de puissance.
- Question 6.** A partir du dossier technique donné en annexe 1 (page DT1/3), déterminer la constante de couple du moteur choisi **T730-012**. Donner la relation entre le couple utile ($T_{UTILE\ MOTEUR}$) et le courant (I_{MOTEUR}).

Deuxième étude : Le régime permanent donne des informations, mais il est nécessaire de prendre en compte la phase de démarrage : "Phase 1" de la loi de commande.

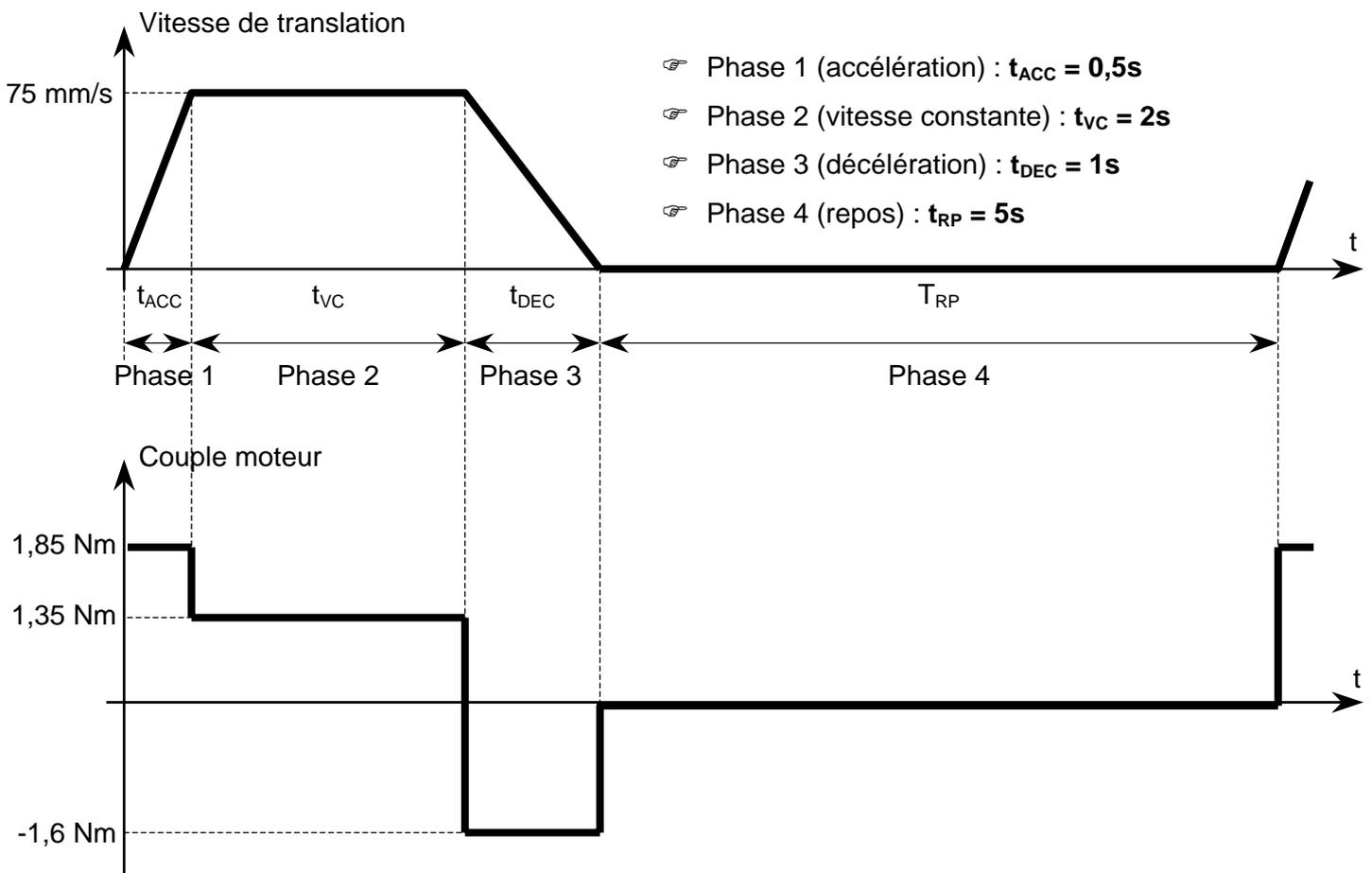
Question 7. Calculer l'accélération "a" et montrer que le couple nécessaire au démarrage est :

$$T_{\text{DEMARRAGE}} = 1,2 \text{ Nm}$$

On sait ici que l'inertie équivalente est : $J_{\text{éq}} = 1.10^{-3} \text{ kg.m}^2$

Question 8. Déterminer l'intensité de démarrage et la comparer à l'intensité nominale donnée dans le dossier technique en annexe 1 (page DT1/3).

Troisième étude : Pour faire évoluer le produit, il est envisagé de remplacer le récepteur d'images existant par un autre dont la nouvelle masse est de 400 kg. Il faut donc vérifier si le dimensionnement du moteur existant sur le système est toujours convenable. Le profil du couple en fonction de la loi de commande est le suivant :



Question 9. Comparer le couple de démarrage et le couple en régime permanent par rapport à ceux du moteur choisi (annexe 1 du dossier technique page DT1/3).

Question 10. Calculer le couple thermique équivalent (T_{th}) et conclure sur la possibilité ou non de conserver ce moteur avec ce nouveau récepteur d'images.

$$\text{Rappel : } T_{\text{th}} = \sqrt{\frac{t_1 \cdot T_1^2 + t_2 \cdot T_2^2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}}$$

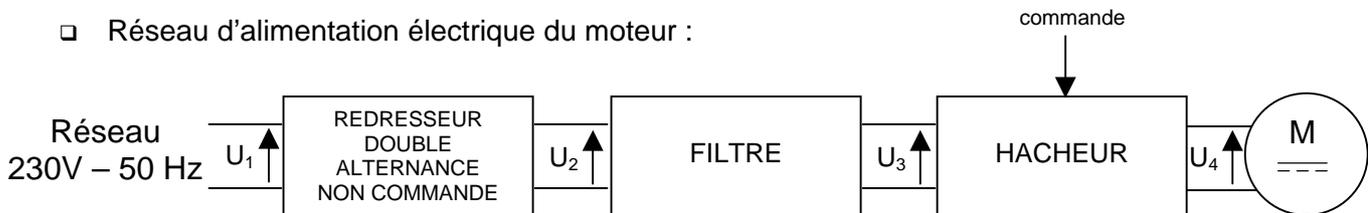
DEUXIEME PARTIE

OBJECTIF

Identifier le paramètre de commande du variateur permettant de satisfaire la loi de commande donnée dans le dossier travail page 4/8 à partir du réseau de distribution.

DONNEES

- Réseau d'alimentation électrique du moteur :



- On admettra que $E = U = Kn$.
- La vitesse de rotation du moteur est $n_{\text{MOTEUR}} = 2000 \text{ tr/min}$.

REDRESSEUR SEUL

Question 11. Représenter le schéma développé du redresseur, en précisant l'emplacement des tensions U_1 et U_2 .

Question 12. Sur le document réponse 1 (dossier réponse page DR1/4), compléter le chronogramme de la tension $U_2=f(t)$ (ici on considérera que le filtre est remplacé par une résistance pure). En déduire la valeur maximale de la tension U_2 ($U_{2\text{MAX}}$) et sa période (T_{U_2}).

ENSEMBLE REDRESSEUR + FILTRE

Question 13. Quel composant électronique permet de réaliser le filtrage de la tension U_2 ?

Question 14. Sur le document réponse 1 (dossier réponse page DR1/4), compléter le chronogramme de la tension $U_3=f(t)$ (on considère que le filtre est parfait).

HACHEUR (le schéma du hacheur 4 quadrants est donné en annexe 2 de la dossier technique page DT2/3)

Question 15. Le document réponse 2 (dossier réponse page DR2/4) présente l'évolution de la tension U_4 pendant une période de fonctionnement du hacheur. Indiquer, sur ce document, les transistors du hacheur qui conduisent et ceux qui sont bloqués (un exemple est donné sur le document réponse 2).

Question 16. En déduire la valeur moyenne de la tension U_4 aux bornes du moteur lors de cette période de fonctionnement.

Question 17. A partir de la valeur moyenne de U_4 calculée précédemment, déterminer la valeur du rapport cyclique (α).

OBJECTIF

Choisir le codeur en fonction de la précision de positionnement souhaitée.

DONNEES

- ❑ Le codeur monté sur l'arbre moteur est de type incrémental.
- ❑ Valeur de la précision de déplacement vertical : 20 μm .
Remarque : si l'on veut obtenir cette précision, il faudra une précision réelle de ce codeur 10 fois plus petite.
- ❑ Vitesse maximale du moteur : 2380 tr/min

Question 18. Le codeur incrémental possède 3 pistes : A, B et Z.
Indiquer le rôle de chaque piste.

Question 19. Sur le document réponse 3 (dossier réponse page DR3/4), compléter les chronogrammes de la piste B.

Question 20. Calculer le nombre minimal de points que doit posséder le codeur pour obtenir la précision souhaitée.

Question 21. Calculer la fréquence de fonctionnement du codeur.

Question 22. A l'aide de la documentation technique fournie en annexe 3 (dossier technique page DT3/3), effectuer le choix du codeur.

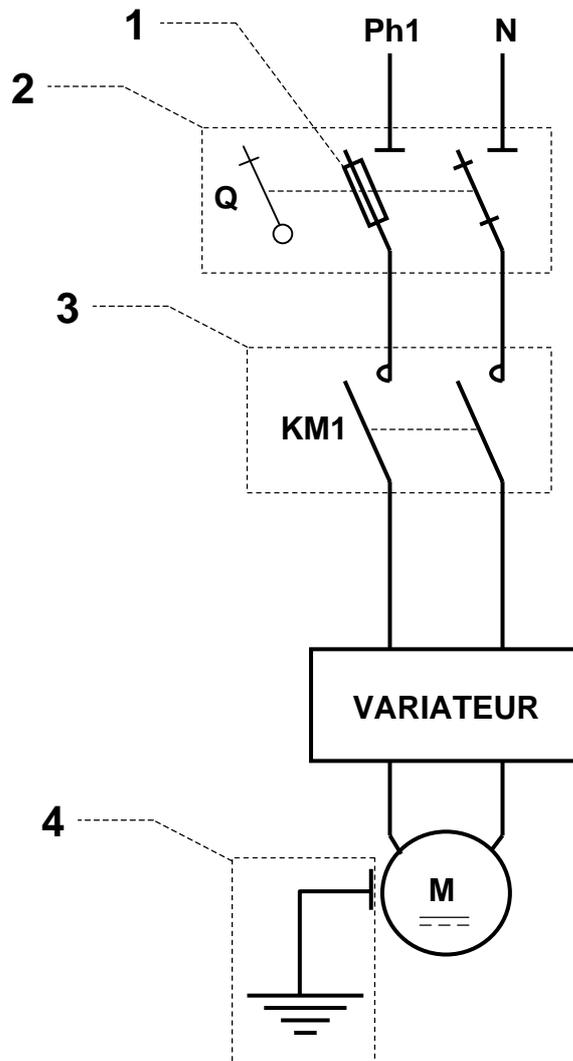
Question 23. En déduire la précision réellement obtenue à l'aide de ce codeur.

OBJECTIF

Identifier les éléments participant à la commande et à la protection de l'ensemble moto-variateur.

DONNEES

Schéma électrique d'alimentation du moto-variateur :



Question 24. Compléter le tableau du document réponse 4 (dossier réponse page 4/4)

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TECHNIQUE

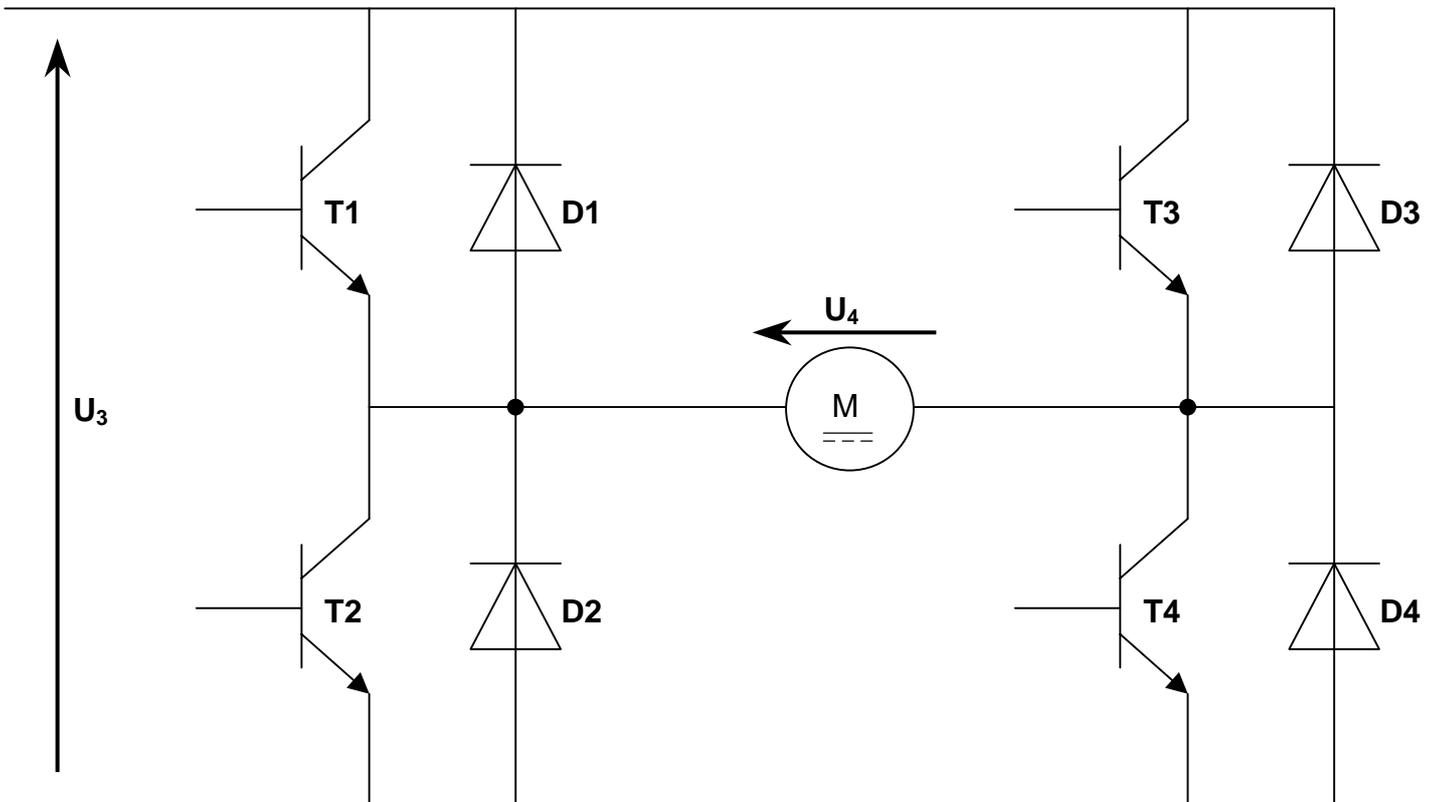
**STATION DE RADIOGRAPHIE
SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE**

Ce dossier comporte 3 pages.

ANNEXE 1 : Moteur à courant continu

Type	Type T4		Type T5		Type T7		Symbole		
	T402-011	T404-012	T506-012	T511-012	T720-012	T730-012			
Modèle									
	Symbole	Unité							
Sortie nominale	PR	W	23	40	60	110	200	300	PR
Tension nominale	VR	V	20	72	75		80	75	VR
Couple nominal	TR	N.m	0,074	0,13	0,19	0,34	0,64	1,18	TR
Courant nominal	IR	A	1,9	1,0	1,2	2,0	3,4	5,2	IR
Vitesse nominale	NR	min ⁻¹	3000		3000		3000	2500	NR
Couple de démarrage	TS	N.m	0,08	0,14	0,24	0,42	0,77	1,43	TS
Couple maximum instantané	TP(N)	N.m	0,42	0,76	1,8	3,4	5,4	9,8	TP(N)
Vitesse de rotation maximale	Nmax	min ⁻¹	5000		5000		5000	4000	Nmax
Couple de friction	Tf	N.m	0,015	0,019	0,020	0,022	0,04	0,05	Tf
Constante de couple	KT	N;m / A	0,047	0,174	0,183	0,21	0,23	0,273	KT
Constante de tension	KE	V / min ⁻¹	4,9.10 ⁻³	18,2.10 ⁻³	19,1.10 ⁻³	21,8.10 ⁻³	24,2.10 ⁻³	28,6.10 ⁻³	KE
Inertie du rotor	JM	Kg.m ²	0,0047.10 ⁻³	0,0084.10 ⁻³	0,022.10 ⁻³	0,037.10 ⁻³	0,147.10 ⁻³	0,270.10 ⁻³	JM
Résistance	Ra	Ω	3,2	18,6	12,1	5,1	2,8	1,1	Ra
Inductance	Ja	mH	1,1	6,6	5,7	3,2	3,0	1,6	Ja
Constante de temps mécanique	tm	ms	7,1	4,8	7,4	4,3	7,8	4,0	tm
Constante de temps électrique	te	ms	0,35	0,35	0,47	0,63	1,1	1,5	te
Résistance thermique	Rθ	K/W	4,9	3,6	2,8	2,4	1,2		Rθ
Limite de température	θ	K	105		105		105		θ
Masse	W/M	kg	0,3	0,4	0,65	0,95	1,8	2,5	W/M

ANNEXE 2 : Schéma du hacheur 4 quadrants



☞ U_3 : tension d'entrée du hacheur (tension de sortie du filtre)

☞ U_4 : tension de sortie du hacheur (tension aux bornes du moteur)

☞ **T1, T2, T3 et T4** : transistors de type NPN (ils fonctionnent en commutation).

☞ **D1, D2, D3 et D4** : diodes dites de roue libre.

ANNEXE 3 : Codeurs

Type de moteur utilisable		Type : T4 T5 T7	
Nombre d'impulsions de sortie	P/R	200, 500, 1000	200, 500, 1000, 2000, 2500
Type du circuit de sortie		Collecteur ouvert	Ligne de commande
Nombre de voix			3
Tension d'entrée	V . DC		+5 ±10%
Courant d'entrée	mA	70 max	160 max
Tension du circuit de sortie	V . DC	+30 max (quand le transistor est bloqué)	$V_{OH} = 2,4 \text{ min} \sim V_{OL} = 0,5 \text{ max}$ $I_0 = \pm 20\text{mA}$
Courant du circuit de sortie	mA	20 max	20 max
Fréquence de fonctionnement	KHz	0 ~ 300	0 ~ 300
Température de fonctionnement		-10°C ~ +85°C (selon l'atmosphère du codeur)	
Élément émettant la lumière		Diode électroluminescente à infrarouge	
Élément recevant la lumière		Photo diode	
Inertie	Kg.m ²	200P/R : 0,0003.10-4, 500 · 1000 · 1024 · 2000 · 2500P/R : 0,0008.10-4	
Masse	kg	0,25	

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER REPONSE

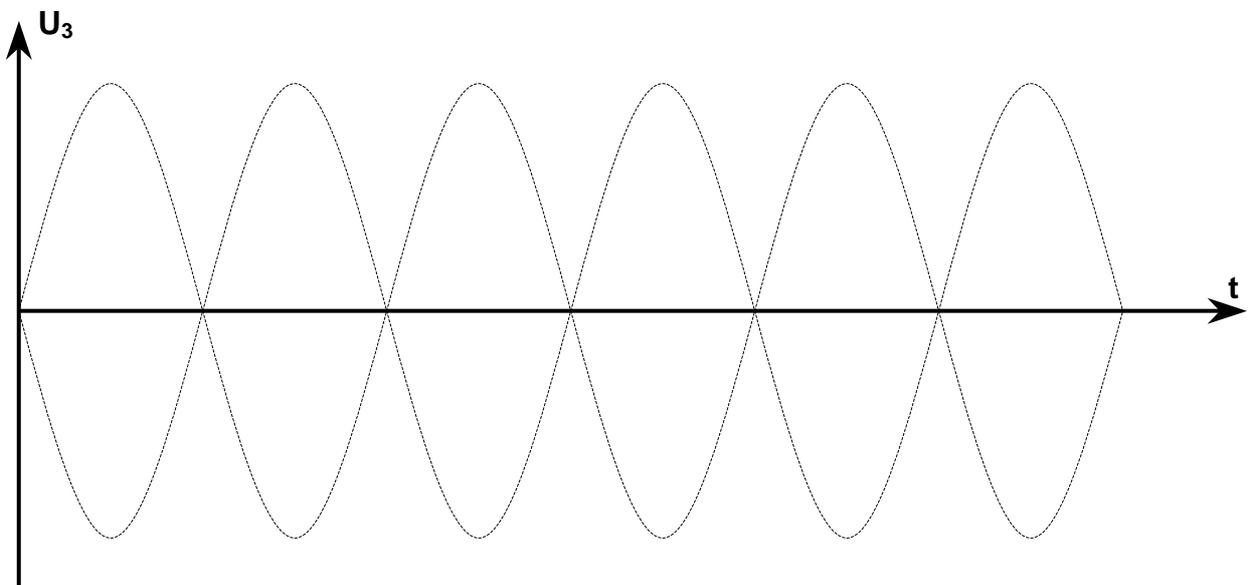
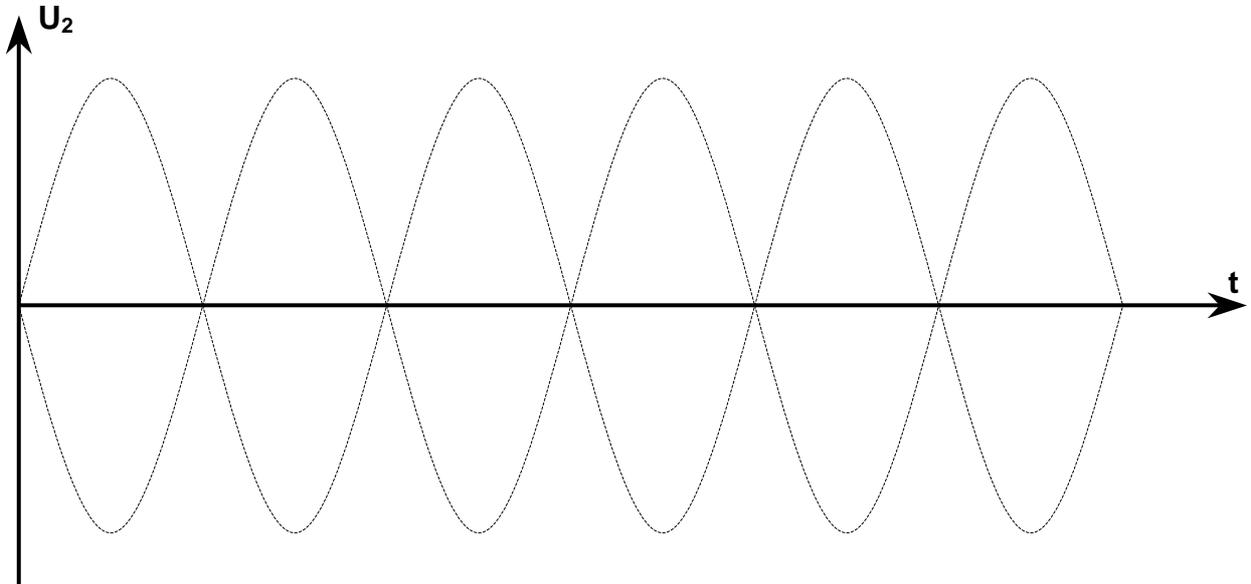
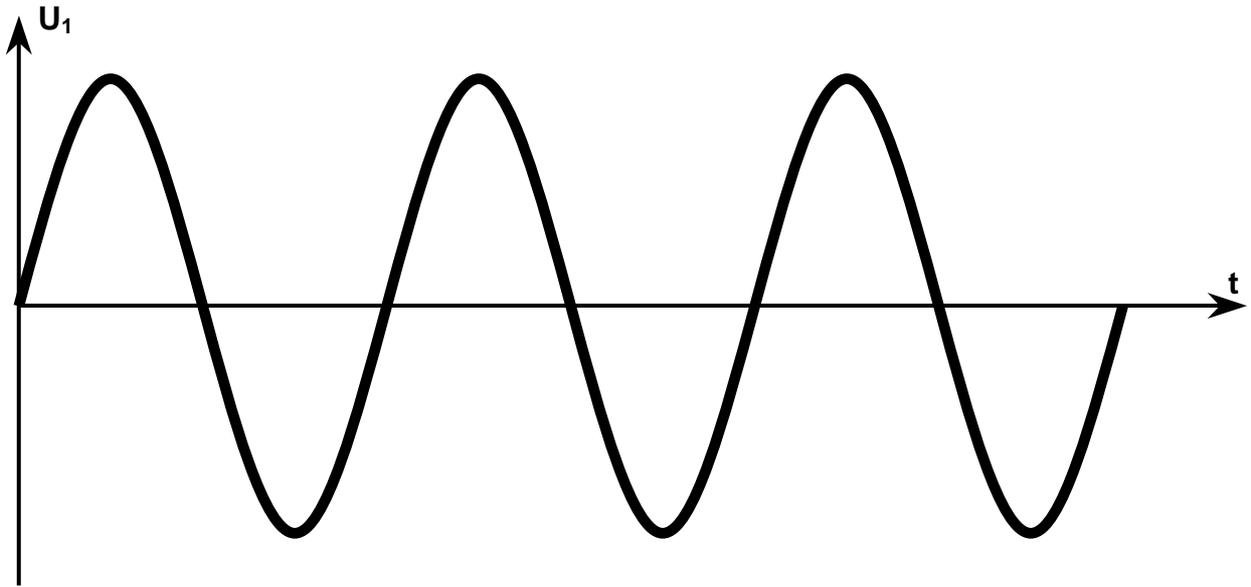
**STATION DE RADIOGRAPHIE
SYSTEME DE MISE AU POINT DE L'IMAGE**

Ce dossier comporte 4 pages.

N° Inscription :

Document réponse 1

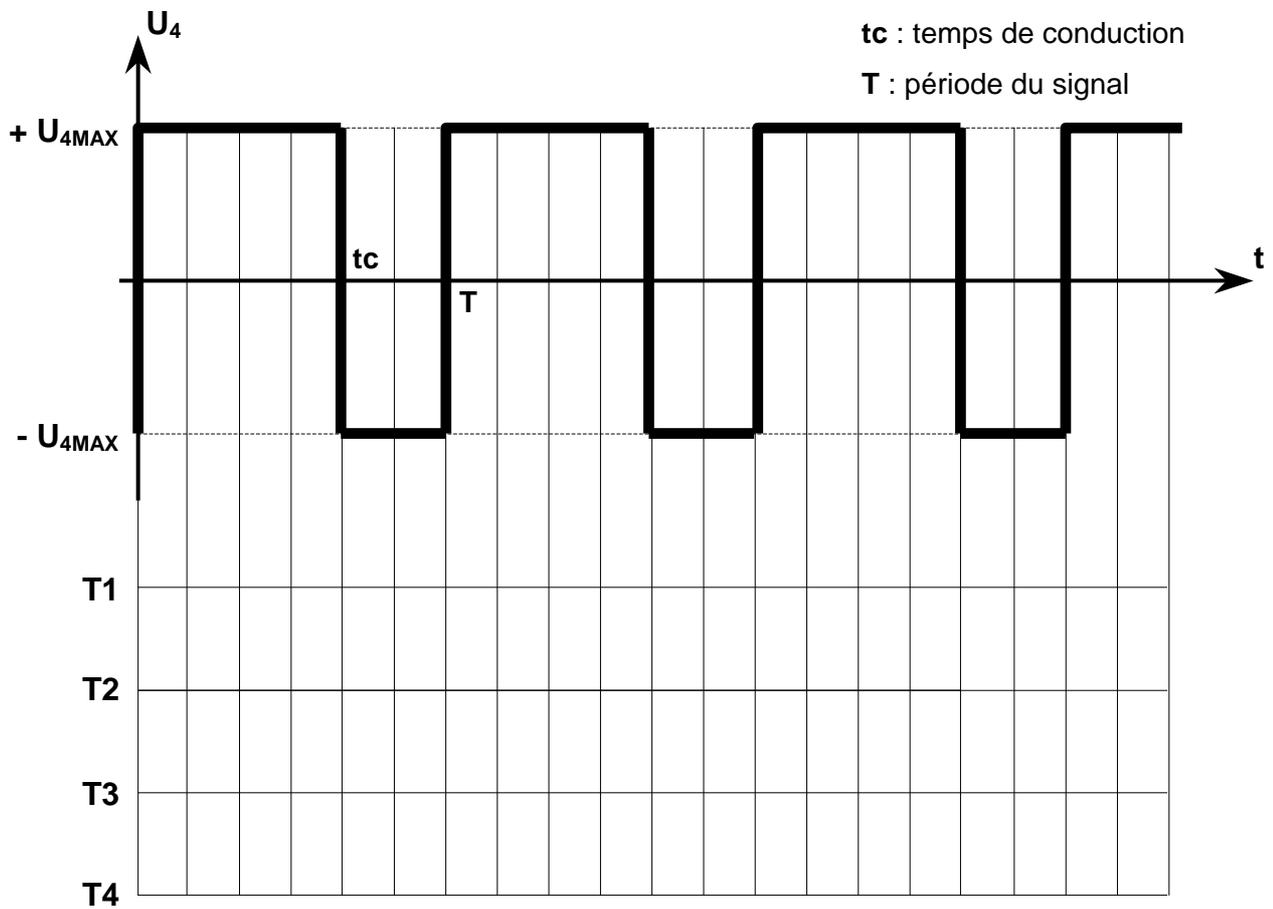
A rendre obligatoirement à la fin de l'épreuve



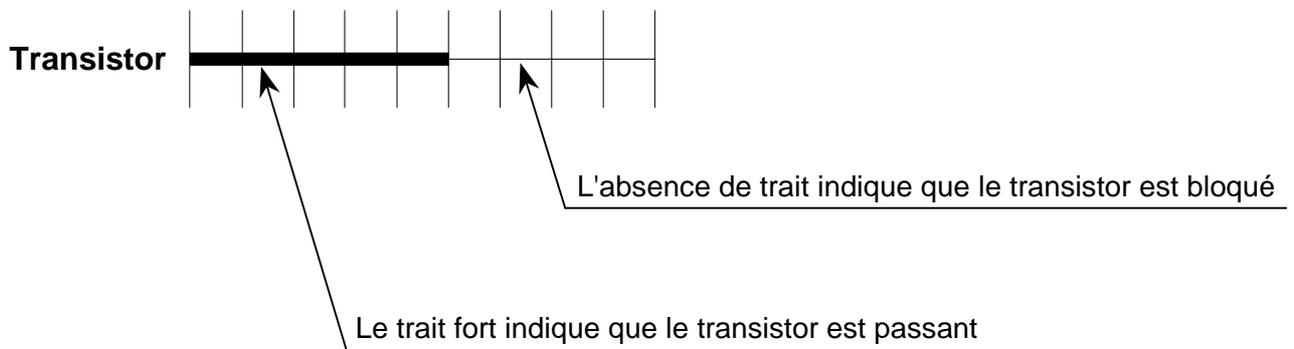
N° Inscription :

Document réponse 2

A rendre obligatoirement à la fin de l'épreuve



Exemple :

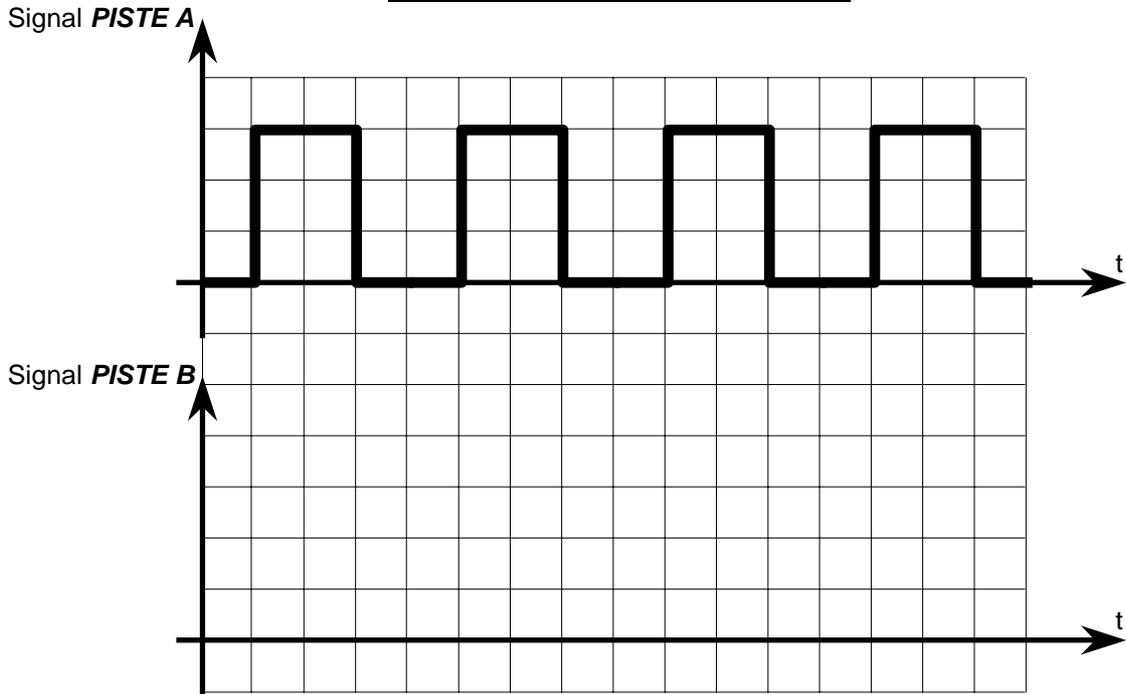


N° Inscription :

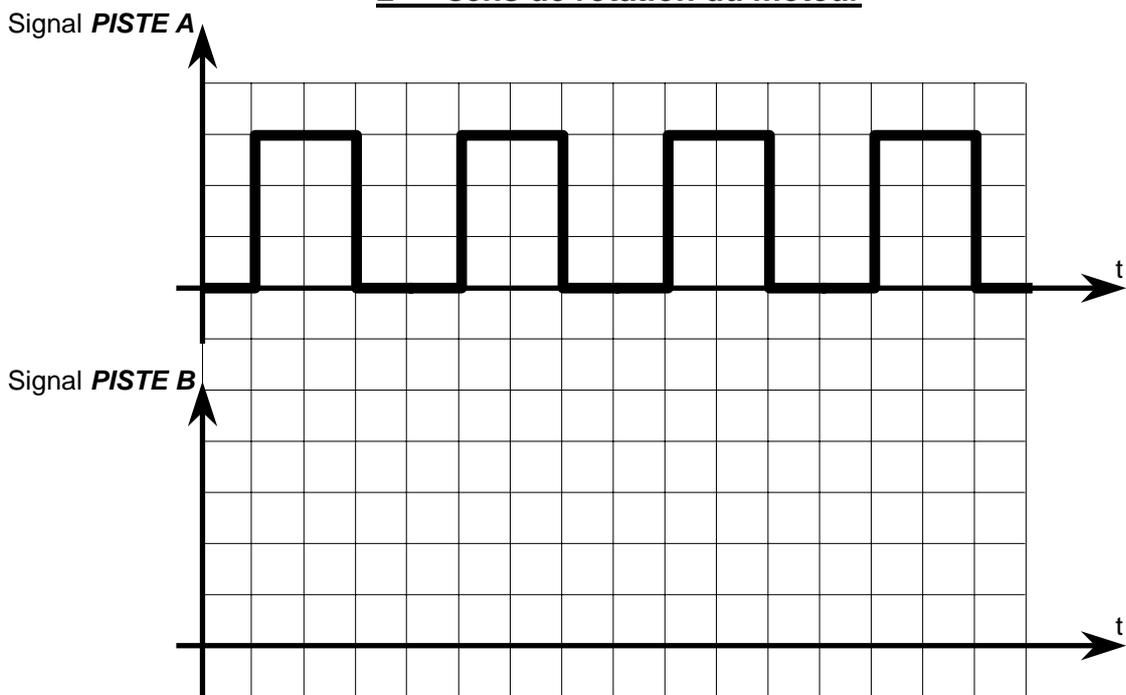
Document réponse 3

A rendre obligatoirement à la fin de l'épreuve

1^{er} sens de rotation du moteur



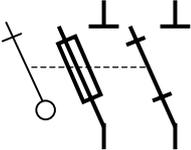
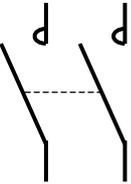
2^{ème} sens de rotation du moteur



N° Inscription :

Document réponse 4

A rendre obligatoirement à la fin de l'épreuve

REPERE et SYMBOLE	NOM	ROLE
1 		
2 		
3 		
4 