

# **BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Session 2012**

## **SCIENCES DE L'INGÉNIEUR**

**Étude d'un système pluritechnique**

**Série S**

**Durée de l'épreuve : 4 heures**

**Coefficient : 4**

*Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n°99-181 du 16 novembre 1999.*

*Aucun document n'est autorisé.*

*Les réponses seront faites sur le document réponse et les feuilles de copies fournis aux candidats.*

*Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.*

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**  
**SESSION 2012**  
**Série S profil sciences de l'ingénieur**  
**ÉTUDE D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE**  
**Durée de l'épreuve : 4 heures**  
**Coefficient : 4**

**Aucun document n'est autorisé**

*Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n°99-181 du 16 novembre 1999.*

*Les réponses seront faites sur les documents réponses et les feuilles de copies fournis aux candidats.*

*Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.*



**Composition du sujet**

- **présentation du système, problématique du sujet et questions** (pages 2/21 à 10/21)
  - Présentation du système et problématique du sujet
  - A. Analyses fonctionnelle et structurelle du système
  - B. Vitesse tangentielle des têtes de massage « cou et épaules »
  - C. Réglage de la hauteur/profondeur
  - D. Réglage de l'écartement des têtes
  - E. Validation du mode de vibration de l'assise
- **documents techniques** **DT1 à DT5** (pages 11/21 à 16/21)
- **documents réponses** **DR1 à DR5** (pages 17/21 à 21/21)

**Conseil aux candidats**

Vérifier la présence de tous les documents désignés ci-dessus.

La phase d'appropriation du questionnement passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est conseillé de consacrer environ 20 minutes à cette phase de découverte.

## Présentation du système et problématique du sujet

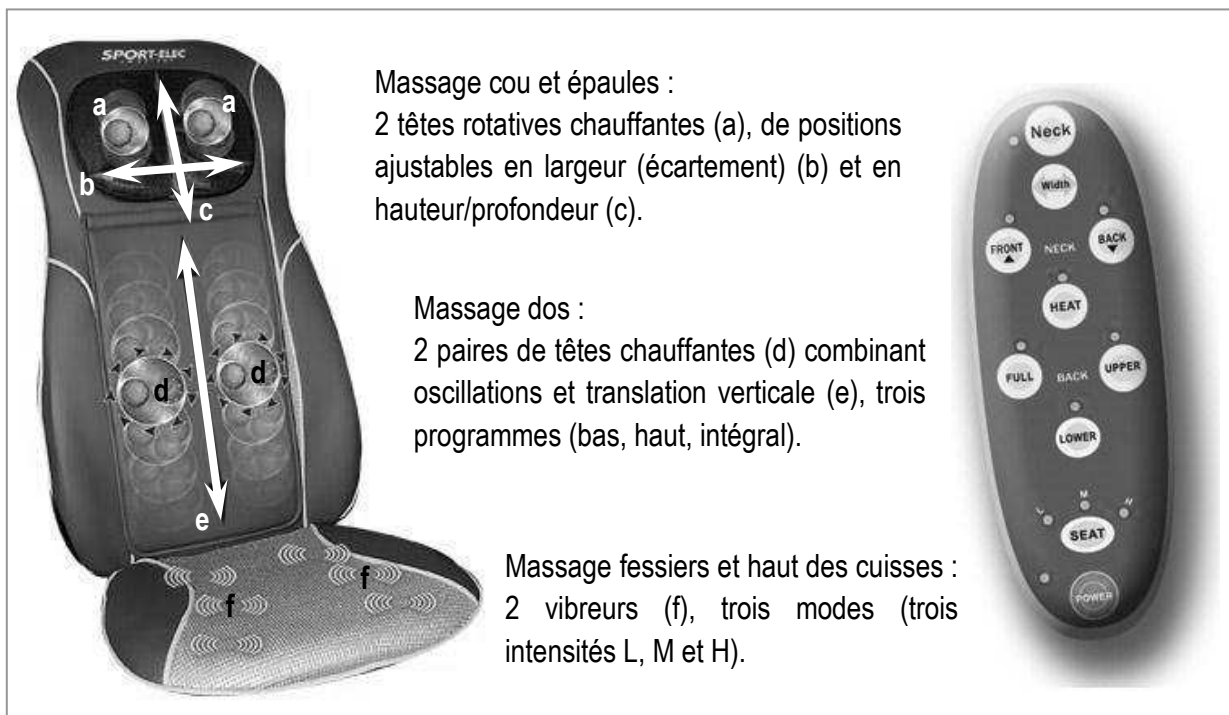
Le bien-être et le soin du corps sont une préoccupation pour chacun d'entre nous. Beaucoup d'instituts de relaxation et de professions paramédicales existent pour répondre à ces besoins, mais leur fréquentation représente un coût assez élevé et une perte de temps pour s'y rendre.

Depuis moins de 10 ans, de nouveaux systèmes de massage sont apparus. La société **SPORT-ELEC Institut**<sup>®</sup> développe une nouvelle génération de produits dans les secteurs de l'électrostimulation et du soin du corps.

Ces produits sont utilisés :

- pour le bien-être (détente, relaxation) ;
- dans le domaine sportif (soulagement suite à des chocs) ;
- dans le secteur paramédical (soulagement suite à des traumatismes, rhumatismes...).

### Le système « masseur de dos Shiatsu intégral »



Ce système s'adapte sur tout type de fauteuil, son maintien s'effectue par des sangles élastiques.

Les trois zones de massage peuvent être activées indépendamment ou en même temps, grâce à une télécommande filaire.

Par sécurité, le système dispose d'un arrêt automatique après une durée d'utilisation de 15 minutes.

Deux fonctions de service sont décrites ci-dessous.

## Fonction FS1 : masser la zone « cou et épaules »

Cette zone est en effet le berceau des tensions accumulées dans la journée et des petites douleurs persistantes.



Le massage est réalisé par deux têtes dont les mouvements de rotation procurent des effets de pincement-étirement au niveau du cou et des épaules, de part et d'autre de la colonne vertébrale.

La fonction « Heat » permet un dégagement de chaleur sur cette zone, qui procure ainsi un effet décontractant et antidouleur. Cela permet aussi de favoriser la circulation sanguine.

Afin de s'adapter à différentes morphologies, le système propose :

- un réglage en hauteur/profondeur des têtes ;
- un réglage de l'écartement des têtes.

*Extrait du cahier des charges fonctionnel*

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
FS1	trajectoire des têtes	au point de contact : cercle de rayon 18 mm	±10%
	vitesse des têtes	au point de contact : $V = 60 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$	±10%
	amplitude du réglage en hauteur	position moyenne du point de contact : 26 mm	±10%
	amplitude du réglage en profondeur	position moyenne du point de contact : 20 mm	±10%

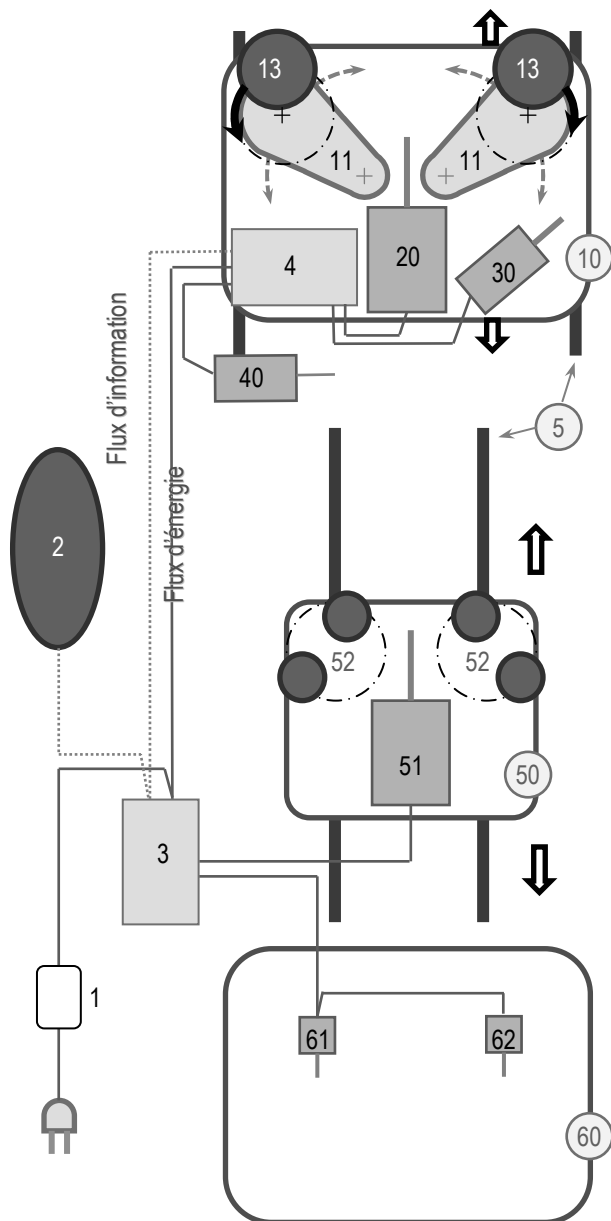
## Fonction FS2 : détendre la zone « fessiers et haut des cuisses »

La technique du « massage vibratoire » appliquée au niveau de l'assise du fauteuil permet d'activer la circulation sanguine et d'éliminer les toxines, de stimuler les muscles en profondeur, et ainsi d'augmenter la souplesse et la tonicité musculaire.

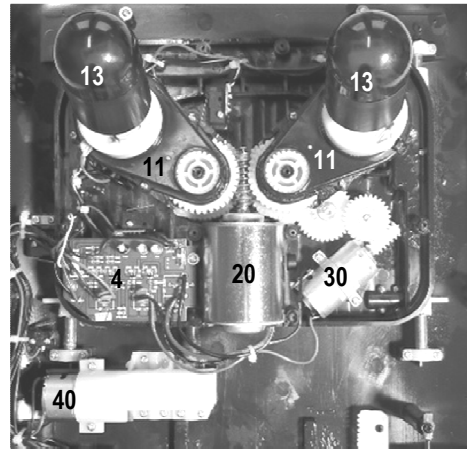
*Extrait du cahier des charges*

Fonction	Critère	Caractérisation	Flexibilité
FS2	amplitude des vibrations de l'assise	effort inertiel des vibreurs : $1 \text{ N} \leq F \leq 5 \text{ N}$	-

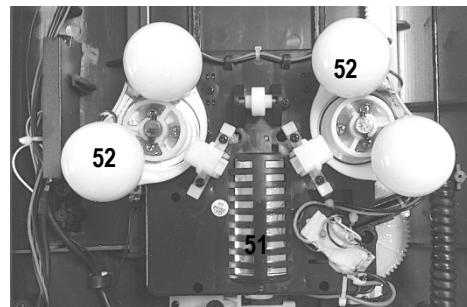
## Systeme et sous-ensembles : schéma technologique partiel



**Zone cou et épaules**



**Zone dos**



**Zone fessiers et haut des cuisses**



Détail d'un vibreur

Rep.	Description	Rep.	Description
1	adaptateur secteur 230 V AC – 12 V DC	30	moteur de réglage de l'écartement
2	télécommande (5HP-1)	40	moteur de réglage en hauteur/profondeur
3	carte électronique (5HP-2)	50	plateau mobile de la zone dos
4	carte électronique (5HP-3)	51	moteur de mise en mouvement du plateau et des têtes
5	éléments de guidage en translation	52	paires de têtes de massage (mouvement alternatif sous forme de "8")
10	plateau mobile de la zone cou et épaules	60	assise en mousse
11	bras de réglage de l'écartement	61	moteurs de vibration (vibreurs)
13	têtes de massage (mouvement de rotation)	62	
20	moteur de mise en mouvement des têtes		

## Problématique du sujet

*Valider et critiquer la « qualité » du massage et l'adaptation de la zone « cou et épaules » à différentes morphologies, puis analyser le mode de vibration de l'assise et proposer un mode plus confortable.*

### A. Analyses fonctionnelle et structurelle du système

*L'objectif de cette étude est d'identifier les choix technologiques du constructeur.*

À partir de la présentation du système et du document technique DT1 :

**Q1)** Compléter sur le document réponse DR1 la chaîne d'énergie de la fonction FS1, en indiquant le type d'énergie entre chaque bloc ainsi que les éléments qui réalisent les fonctions « Alimenter » et « Convertir ».

À partir de la présentation du système et du document technique DT2 :

**Q2)** Compléter sur le document réponse DR1 les solutions technologiques permettant de réaliser la fonction technique « Positionner les têtes en hauteur/profondeur ».

**Q3)** Compléter les liaisons manquantes sur le schéma cinématique du document réponse DR2.

### B. Vitesse tangentielle des têtes de massage « cou et épaules »

*L'objectif de cette étude est de valider le critère de vitesse des têtes de massage de la zone « cou et épaules » du cahier des charges fonctionnel. Le niveau associé à ce critère correspond au souhait de s'approcher des sensations d'un massage manuel.*

**Hypothèse de travail :** la géométrie du contact entre la tête de massage et le cou sera considérée comme un contact ponctuel situé au sommet de la tête de massage (voir document technique DT1). Tous les contacts entre les roues dentées sont supposés sans glissement.

**Remarque :** le système étant doté d'un plan de symétrie, l'étude portera seulement sur une seule tête.

D'après le document technique DT1 :

**Q4)** Indiquer la nature du mouvement de l'ensemble {tête (13) + support de tête (12)} par rapport au bras (11). En déduire la trajectoire du point de contact  $A$  par rapport au bras (11).

**Q5)** Déterminer l'expression de la distance  $R$  entre l'axe de rotation de la tête de massage et le point de contact  $A$  en fonction de  $AB$  et  $\gamma$ . Réaliser l'application numérique.

- Q6)** Calculer le rapport global de transmission  $r = \frac{\omega(12/11)}{\omega(20/11)}$  entre le moteur (20) et le support de tête (12).
- Q7)** Qualifier et justifier ce choix de rapport de transmission (réduction, multiplication) puis expliquer l'effet sur la valeur du couple transmis.
- Q8)** À partir de la fréquence de rotation nominale du moteur (20), déterminer la valeur numérique de la vitesse angulaire notée  $\omega(12/11)$  en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$  du support de tête (12) par rapport au bras (11).

Pour la suite, on prendra :  $R = 17 \text{ mm}$ ,  $r = 0,0126$  et  $\omega(12/11) = 3,7 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .

- Q9)** Calculer la norme du vecteur vitesse, notée  $\|\vec{V}(A,13/11)\|$ , en  $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$  du point A dans son mouvement par rapport au bras (11).
- Q10)** Conclure sur le respect du critère de vitesse des têtes de massage de la zone « cou et épaules » du cahier des charges fonctionnel.

### C. Réglage de la hauteur/profondeur

*L'objectif de cette étude est de valider et critiquer les critères de réglages en hauteur et en profondeur des têtes de massage du système « cou et épaules » du cahier des charges fonctionnel.*

D'après le document technique DT2 et sur le document réponse DR3 :

- Q11)** Déterminer graphiquement les positions  $A_1$  et  $D_1$  des points A et D lorsque le plateau mobile est en position intermédiaire.  
Faire apparaître les traits de construction.
- Q12)** Déterminer graphiquement les positions  $D_2$ ,  $F_2$ ,  $E_2$  puis  $A_2$  des points D, F, E et A lorsque le plateau mobile est en position haute.  
Faire apparaître les traits de construction.

La réversibilité d'un dispositif vis-écrou est définie par la condition  $\beta > \varphi$ , avec  $\beta$  angle d'hélice de la vis et  $\varphi$  angle de frottement entre l'écrou et la vis.

- Q13)** Indiquer si le dispositif vis-écrou utilisé est réversible. Expliquer ce choix du concepteur du fauteuil de massage.
- Q14)** Déterminer graphiquement les courses des réglages en hauteur  $c_h$  et en profondeur  $c_p$  du point A.
- Q15)** Conclure sur le respect des critères de réglages en hauteur et en profondeur des têtes de massage du système « cou et épaules » du cahier des charges.
- Q16)** Critiquer le niveau de ces critères indiqués dans le cahier des charges fonctionnel.

## D. Réglage de l'écartement des têtes

L'objectif de cette étude est de valider la commande de réglage en largeur des têtes de massage de la zone « cou et épaules » et de critiquer la précision de ce réglage.

Le réglage de l'écartement des têtes (voir document DT3) s'effectue à l'aide d'un seul bouton poussoir de la télécommande : touche « Width ». Cependant, deux modes sont possibles,

- *commande en continu* : rotation du bras tant que la touche est appuyée (changement de sens de rotation automatique lors de l'arrivée en fin de course) et arrêt lors du relâchement de la touche ;
- *commande par impulsion* : rotation du bras d'un angle prédéterminé lors d'un appui bref sur la touche (moins de 500 ms).

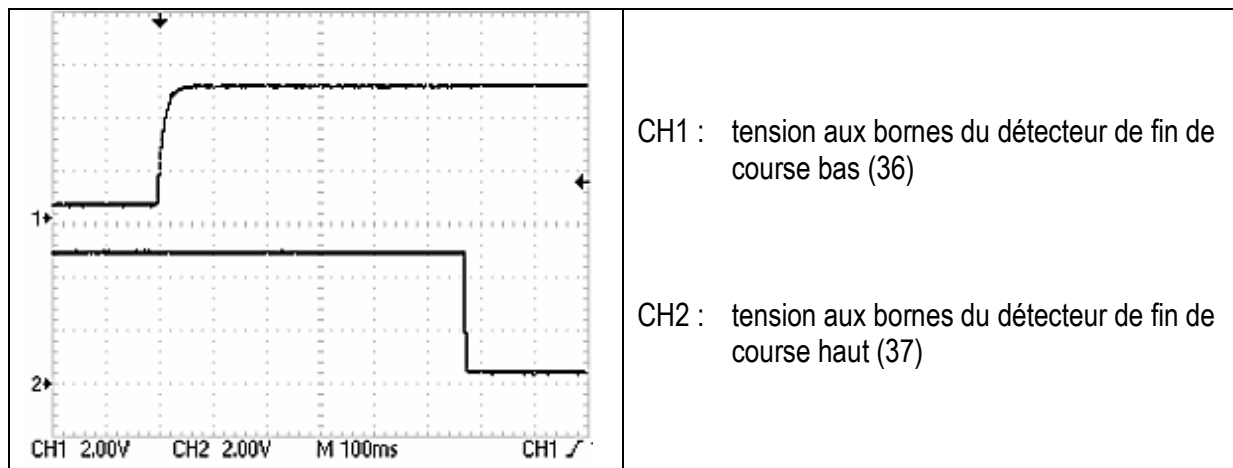


Figure 1 : oscillogramme relevé lors d'une commande en continu

- Q17)** D'après l'oscillogramme de la figure 1, indiquer le sens de déplacement du bras (écartement ou rapprochement des têtes).
- Q18)** Relever la durée  $\Delta t_1$  mise par le bras (11) pour effectuer la totalité de la course angulaire. En déduire la valeur de la vitesse angulaire du bras (11) par rapport au plateau mobile (10),  $\omega(11/10)$  en  $\text{deg}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- Q19)** Compte-tenu du rapport de transmission, calculer la fréquence de rotation  $N_{30}$  du moteur en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ .
- Q20)** Comparer la valeur obtenue à la fréquence de rotation nominale. Valider alors le choix de ce moteur en justifiant.

Par la suite, on prendra  $N_{30} = 3400 \text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ .



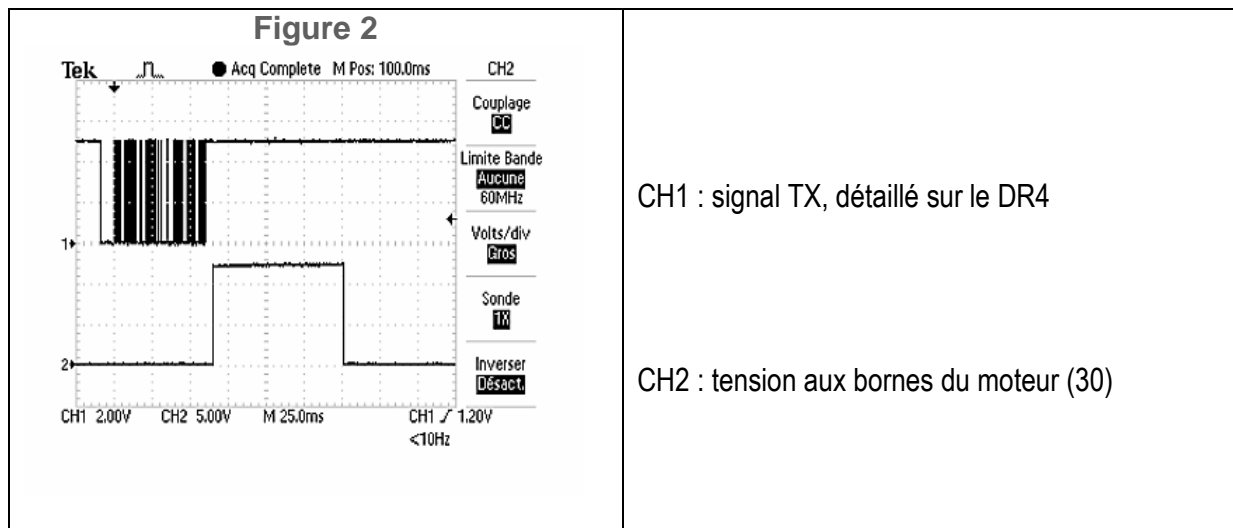


Figure 2 : oscillogramme relevé suite à une commande (à déterminer)

**Q21)** La trame envoyée par la télécommande (figure 2) étant détaillée sur le document réponse DR4, décoder sur ce document, à l'aide du document technique DT4, les informations envoyées, puis expliquer quel type de commande a été effectué. Répondre à l'ensemble de cette question sur le document réponse DR4.

**Q22)** Relever la durée de rotation  $\Delta t_2$  du moteur (30), puis montrer que l'angle  $\delta$  que le bras a parcouru suite à cette commande est de l'ordre de  $8^\circ$ .

**Remarque :** cet angle  $\delta$  correspond à la résolution du réglage de l'écartement, c'est-à-dire le plus petit angle de rotation que l'on peut obtenir suite à une commande.

**Q23)** Critiquer cette résolution vis-à-vis de la course angulaire totale  $\theta$ . Comparer les durées  $\Delta t_1$  et  $\Delta t_2$  (cf. questions Q18 et Q22), puis critiquer cet écart, notamment au niveau de la précision de chaque réglage. Proposer une solution simple pour obtenir un réglage encore plus fin.

## E. Validation du mode de vibration de l'assise

*L'objectif de cette étude est de valider un mode de vibration de l'assise par vagues.*

Les vibrations de l'assise sont obtenues grâce à deux moteurs (61) et (62). L'énergie électrique est modulée par un hacheur série pour être distribuée à deux moteurs à courant continu, voir DT5.

**Hypothèse de travail** : l'excentrique sera considéré comme un cylindre plein et le volume du perçage sera négligé.

**Q24)** Déterminer le volume  $V$  puis la masse  $m$  de l'excentrique.

**Q25)** Déterminer la position du centre d'inertie de l'excentrique. En déduire la valeur du balourd  $B$ .

**Q26)** Déterminer alors l'effort lié à l'effet d'inertie  $F$  dû à la rotation de l'excentrique pour les trois fréquences de rotation du moteur correspondant aux trois modes de fonctionnement L, M et H.

**Q27)** Vérifier la cohérence des résultats avec le cahier des charges.

**Q28)** Sachant qu'en mode H (High), les moteurs sont commandés avec un rapport cyclique  $\alpha = 100\%$ , déterminer la tension moyenne  $U_M$  aux bornes des moteurs, puis la constante de vitesse  $K$  des moteurs utilisés. En déduire le rapport cyclique  $\alpha$  de commande pour les modes M (Medium) et L (Low).

On désire faire varier le rapport cyclique de 65 % à 100 % (par pas de 1) en 4 secondes, puis de 100 % à 65 % en 4 secondes et ainsi de suite. La gestion du rapport cyclique se fera par un sous-programme d'interruption qui s'exécute **toutes les 1 ms**, indépendamment du programme principal (non étudié).

Variables et macro utilisées (cf. document réponse DR5),

- CPT : compteur, incrémenté à chaque exécution du sous-programme d'interruption, qui permettra d'obtenir un temps précis entre chaque incrément ou décrémentation du rapport cyclique ;
- ALPHA : rapport cyclique à générer, en %, pouvant prendre les valeurs entières de 65 à 100 ;
- SENS : sens de variation du rapport cyclique, 1 pour une augmentation, 0 pour une diminution ;
- PWM : sous-programme qui génère sur la sortie B3 du microcontrôleur un signal modulé en largeur d'impulsion pour la commande des moteurs, d'un rapport cyclique défini par la variable ALPHA.

**Q29)** Calculer la durée  $\Delta t_4$  nécessaire entre deux incréments (ou décréments) de la variable ALPHA.

En déduire la valeur  $CPT_{max}$  de la variable CPT qui permet d'obtenir cette durée. Définir alors le type de variable à utiliser (bit, octet, entier\*, flottant\*\*) en justifiant.

**Q30)** Compléter l'algorithme du sous-programme d'interruption sur le document réponse DR5.

**Q31)** Conclure sur l'effet de la forme de la modulation de l'amplitude des vibrations obtenue. Proposer une autre forme de l'onde qui pourrait améliorer la sensation de l'utilisateur.

\* mot de 16 bits codé en binaire complément à deux

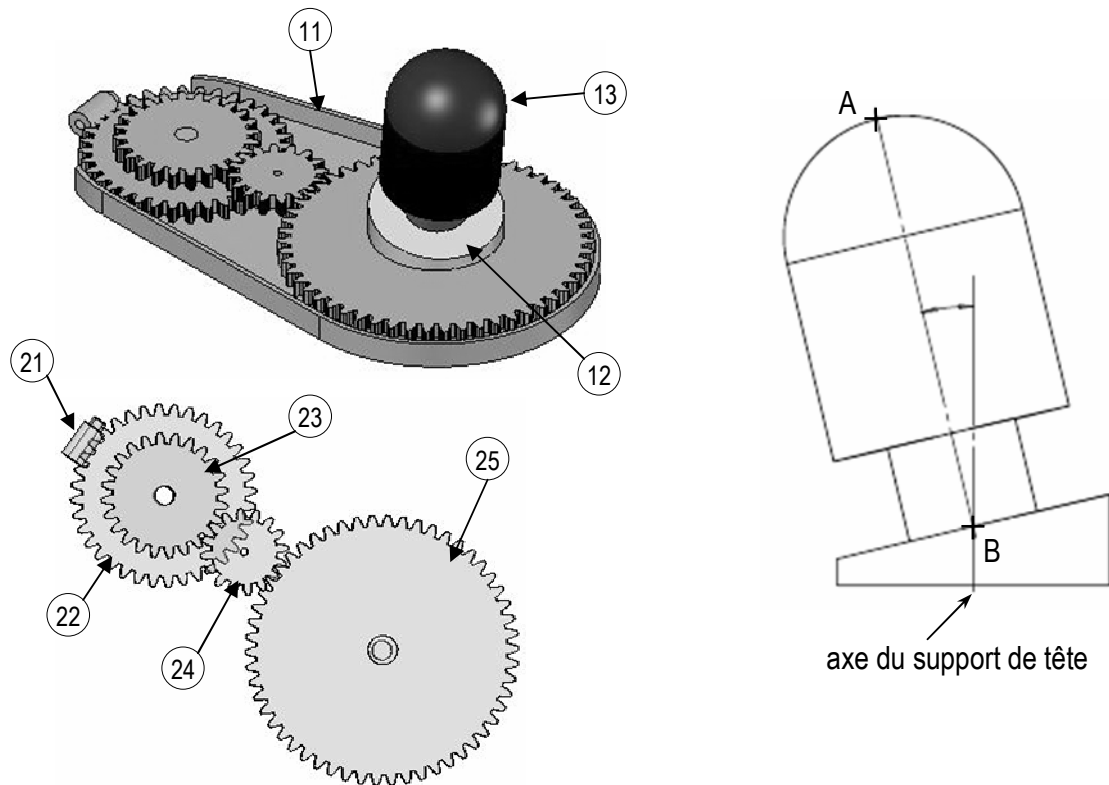
\*\* mot de 32 bits codé en virgule flottante

- Fin du sujet -

## DT1 Système de mise en mouvement des têtes

Vue d'ensemble du mécanisme de mise en mouvement d'une tête et détail d'une tête et son support.

L'axe du moteur (20) entraîne la vis sans fin (21) qui transmet un mouvement de rotation aux deux supports des têtes de massage (12) par l'intermédiaire des différentes roues dentées.



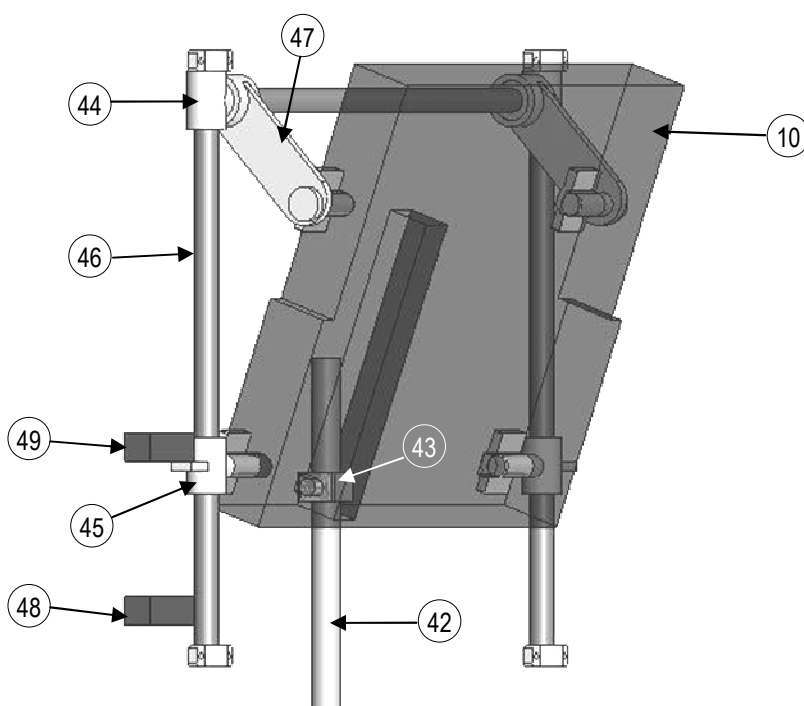
Rep.	Désignation	Remarques / Caractéristiques
11	Bras	fixe sauf lors d'une phase de réglage de l'écartement des têtes
12	Support de tête	plan incliné : $\gamma = 13,3^\circ$ , solidaire de la roue dentée (25)
13	Tête de massage	hauteur : $AB = 74$ mm, solidaire du support de tête (12)
20	Moteur DC (non représenté)	$U_N = 12$ V, $N_N = 2800$ tr · min <sup>-1</sup>
21	Vis sans fin	$Z_{21} = 1$
22	Roue dentée	$Z_{22} = 36$
23	Roue dentée	$Z_{23} = 24$
24	Roue dentée	$Z_{24} = 16$
25	Roue dentée	$Z_{25} = 53$
A	Point de contact entre la tête de massage et la zone à masser	
B	Centre de l'assemblage du support de tête et de la tête de massage	

## DT2 Système de réglage en hauteur/profondeur des têtes

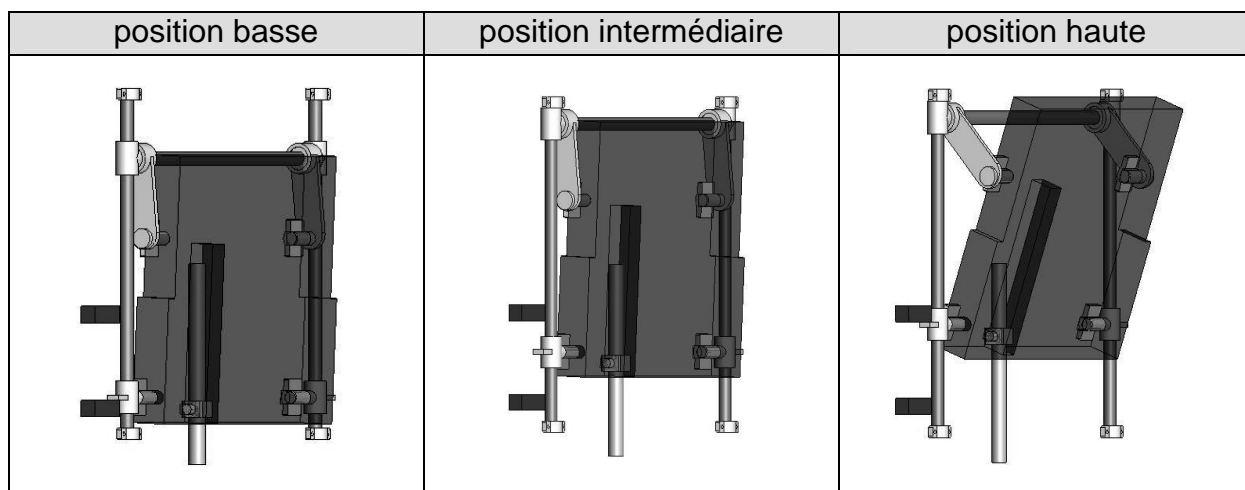
**Nota : le DT2 est sur deux pages (nomenclature sur la seconde page).**

Vue d'ensemble du mécanisme de réglage en hauteur/profondeur

La vis (42) est mise en rotation par l'ensemble motoréducteur (40 et 41), et entraîne l'écrou (43) en translation. Ce dernier permet alors au plateau mobile (10) d'effectuer un mouvement de translation combiné avec un mouvement de rotation par rapport à la structure du fauteuil de massage.



La position intermédiaire est définie lorsque le palier (44) arrive en butée haute : la biellette (47) n'a pas commencé son mouvement de rotation par rapport au palier (44).

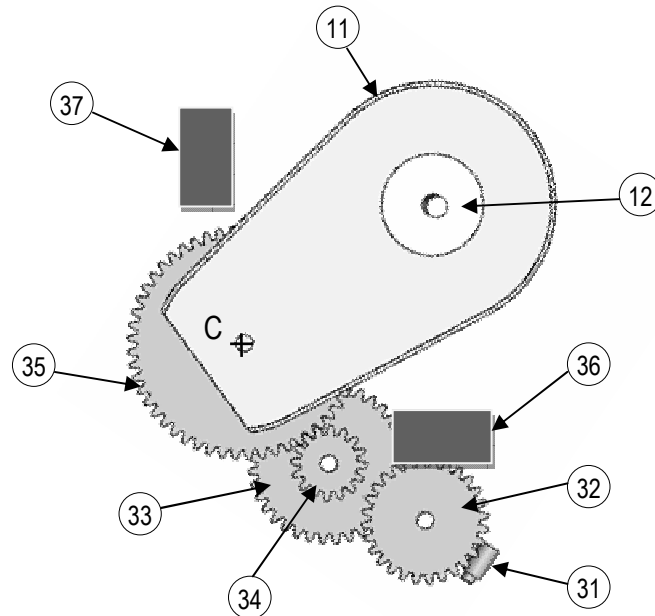


## Nomenclature du système de réglage en hauteur/profondeur des têtes

Rep.	Désignation	Caractéristiques
10	Plateau mobile	
40	Moteur DC (non représenté)	$U_N = 12 \text{ V}$ , $N_N = 3400 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
41	Réducteur à engrenages (non représenté)	rapport de transmission : $r_{41} = \frac{\omega_{42}}{\omega_{40}} = \frac{1}{28}$
42	Vis	pas : $p_{42} = 1,5 \text{ mm}$ , angle d'hélice : $\beta_{42} = 2^\circ$
43	Écrou	coefficient de frottement du système vis écrou : $f = \tan \varphi = 0,5$ (vis en acier, écrou en plastique)
44	Palier (haut)	
45	Palier (bas) et butée	
46	Axe de guidage (fixe)	
47	Biellette	
48	Détecteur de fin de course bas	contact NO
49	Détecteur de fin de course haut	contact NO

### DT3 Système de réglage en largeur des têtes

Vue d'ensemble du mécanisme de réglage en largeur. Étant donnée la symétrie du système, seul le bras de droite est représenté.



Rep.	Désignation	Caractéristiques
10	Plateau mobile	<b>non représenté</b> (les roues dentées sont en liaison pivot par rapport au plateau mobile)
11	Bras de réglage en largeur	solidaire de la roue dentée (35) course angulaire : $\theta = 55^\circ$
12	Support de tête	
30	Moteur DC (non représenté)	$U_N = 12 \text{ V}$ , $N_N = 3400 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
31	Vis sans fin	rapport de
32 à 35	Roues dentées	transmission : $\frac{\omega(35/10)}{\omega(31/10)} = \frac{\omega(11/10)}{\omega(30/10)} = \frac{16}{3339}$
36	Détecteur de fin de course bas	contact NO (contact fermé lorsque le bras est en bas)
37	Détecteur de fin de course haut	contact NO (contact fermé lorsque le bras est en haut)
C	Centre de rotation du bras	

L'axe du moteur (30) entraîne la vis sans fin (31) qui permet le mouvement de rotation des deux bras (11) par l'intermédiaire des roues dentées (32 à 35).

## DT4 Échanges entre la télécommande et les cartes électroniques

La transmission des ordres de la télécommande (2) vers les cartes électroniques (3) et (4) s'effectue par une liaison série asynchrone.



Chaque trame envoyée est composée de 3 octets A, B et C.

L'octet C est un octet de contrôle calculé en effectuant un « OU exclusif » entre A et B, et permet de détecter d'éventuelles erreurs lors de la transmission.

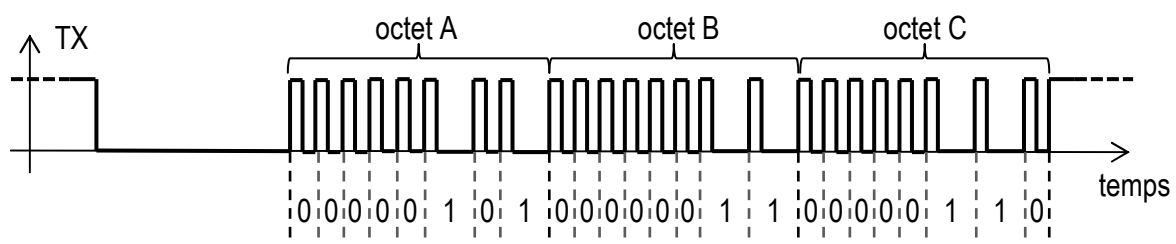
### Signification des octets A et B

Octet A (a <sub>7</sub> bit de poids fort)		Octet B (b <sub>7</sub> bit de poids fort)	
a <sub>7</sub>	0 : inutilisé	b <sub>7</sub>	1 : réglage continu de l'écartement ; 0 : arrêt
a <sub>6</sub>	1 : massage dos, zone intégrale ; 0 : arrêt	b <sub>6</sub>	0 : inutilisé
a <sub>5</sub>	1 : massage dos, zone haute ; 0 : arrêt	b <sub>5</sub>	0 : inutilisé
a <sub>4</sub>	1 : massage dos, zone basse ; 0 : arrêt	b <sub>4</sub>	1 : réglage en hauteur, sens + ; 0 : arrêt
a <sub>3</sub>	1 : vibration de l'assise, mode H ; 0 : arrêt	b <sub>3</sub>	1 : réglage en hauteur, sens - ; 0 : arrêt
a <sub>2</sub>	1 : vibration de l'assise, mode M ; 0 : arrêt	b <sub>2</sub>	1 : réglage de l'écartement pendant une durée déterminée (arrêt automatique)
a <sub>1</sub>	1 : vibration de l'assise, mode L ; 0 : arrêt	b <sub>1</sub>	1 : massage cou et épaules ; 0 : arrêt
a <sub>0</sub>	1 : système alimenté ; 0 : arrêt du système	b <sub>0</sub>	1 : fonction chaleur ; 0 : arrêt

Le protocole de communication utilise le codage suivant,

- ligne au repos : 5 V ;
- début de transmission : 0 V pendant une durée de 8 ms environ ;
- codage d'un 0 : état haut de 1 ms puis état bas de 1 ms (  ) ;
- codage d'un 1 : état haut de 1 ms puis état bas de 3 ms (  ).

Exemple d'octets envoyés (trame en hexadécimal) : 050306



A = %00000101 = \$05    B = %00000011 = \$03    C = %00000110 = \$06

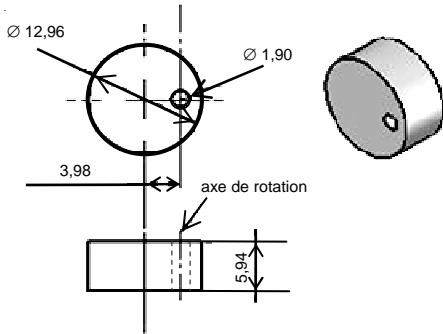
Signification de la trame :

- alimenter les vibreurs en mode M ;
- alimenter le système ;
- alimenter le moteur de massage du cou ;
- activer la fonction chaleur.



## DT5 Système de massage vibratoire

Chaque moteur (61) et (62) entraîne en rotation un cylindre en plomb excentré. L'amplitude des vibrations générées est proportionnelle aux forces liées aux effets d'inertie des masses en mouvement.



\* distance entre l'axe du cylindre et l'axe de rotation

Balourd :  $B = m \cdot e$

$B$  : balourd en  $g \cdot mm$

$m$  : masse en  $g$

$e$  : excentricité \* en  $mm$

Effort d'inertie dû au balourd :  $F = B \cdot \omega^2$

$F$  : effort d'inertie en  $N$

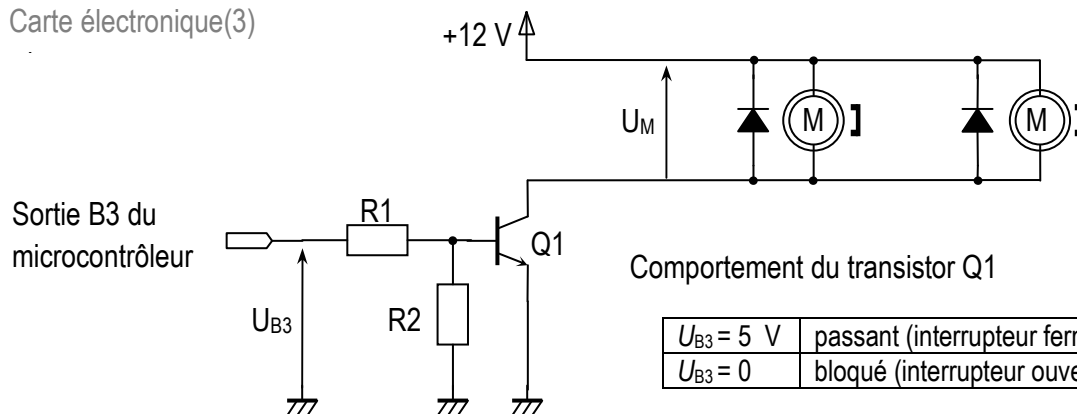
$B$  : balourd en  $kg \cdot m$

$\omega$  : vitesse angulaire en  $rad \cdot s^{-1}$

Masse volumique du plomb :  $\rho = 11350 \text{ kg} \cdot m^{-3}$

### Schéma structurel de commande des moteurs

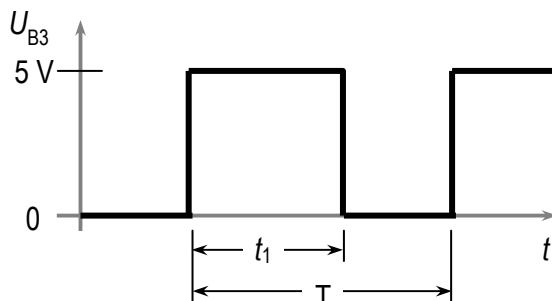
Carte électronique(3)



Comportement du transistor Q1

$U_{B3} = 5 \text{ V}$	passant (interrupteur fermé)
$U_{B3} = 0$	bloqué (interrupteur ouvert)

### Signal de commande du hacheur



Rapport cyclique :  $\alpha = \frac{t_1}{T}$

Fréquence de hachage :  $f = \frac{1}{T} = 2 \text{ kHz}$

### Modélisation des moteurs

$$U_M = K \cdot \omega_M$$

$U_M$  : tension en  $V$

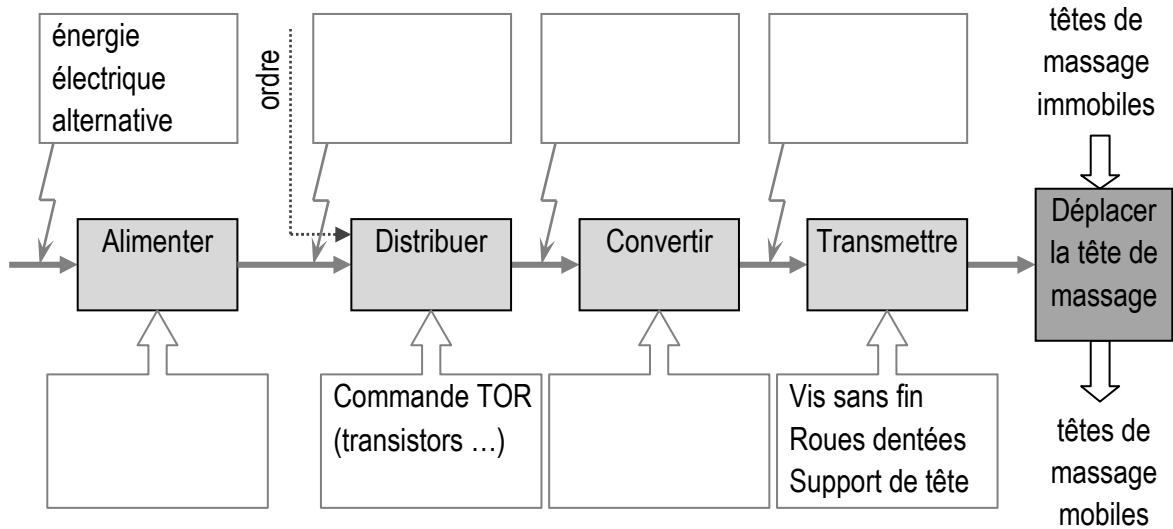
$K$  : constante de vitesse en  $V \cdot rad^{-1} \cdot s$

$\omega_M$  : vitesse angulaire en  $rad \cdot s^{-1}$

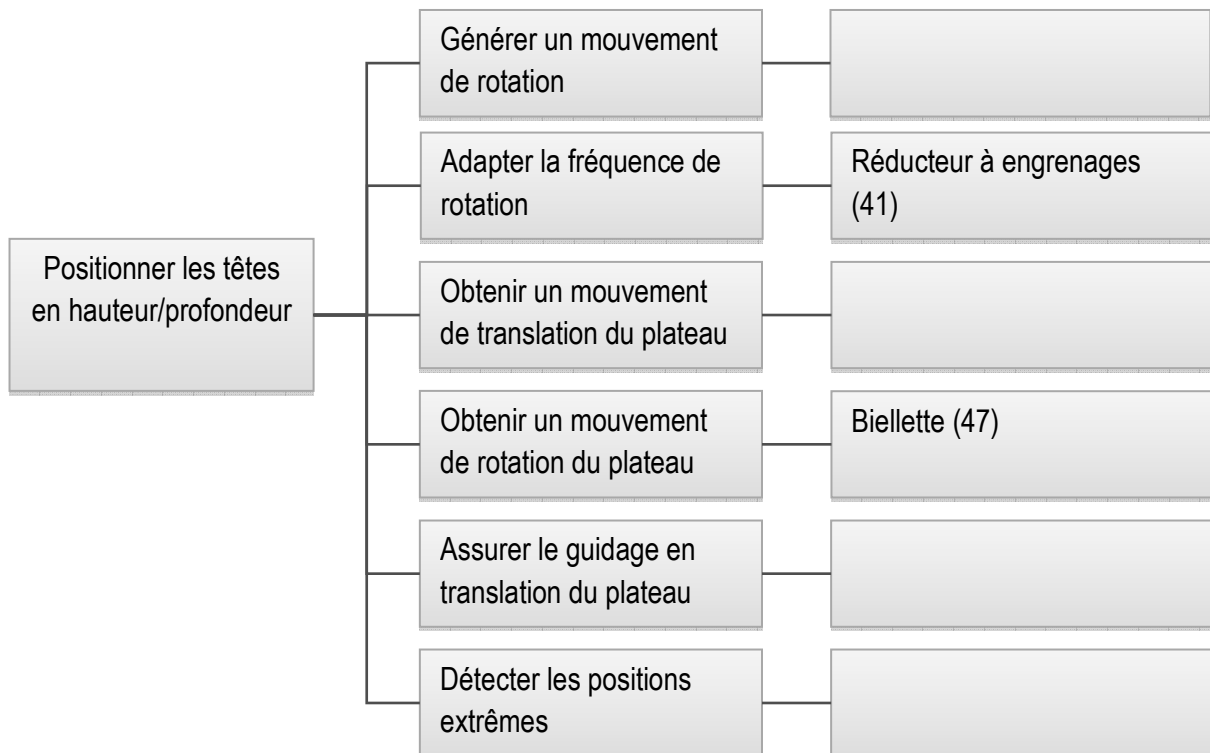
Mode	Fréquence de rotation
L (Low)	$N = 2800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
M (Medium)	$N = 3100 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
H (High)	$N = 3500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

## DR1 Chaîne d'énergie - Diagrammes FAST

Q1) Chaîne d'énergie de la fonction FS1 : masser la zone « cou et épaules »

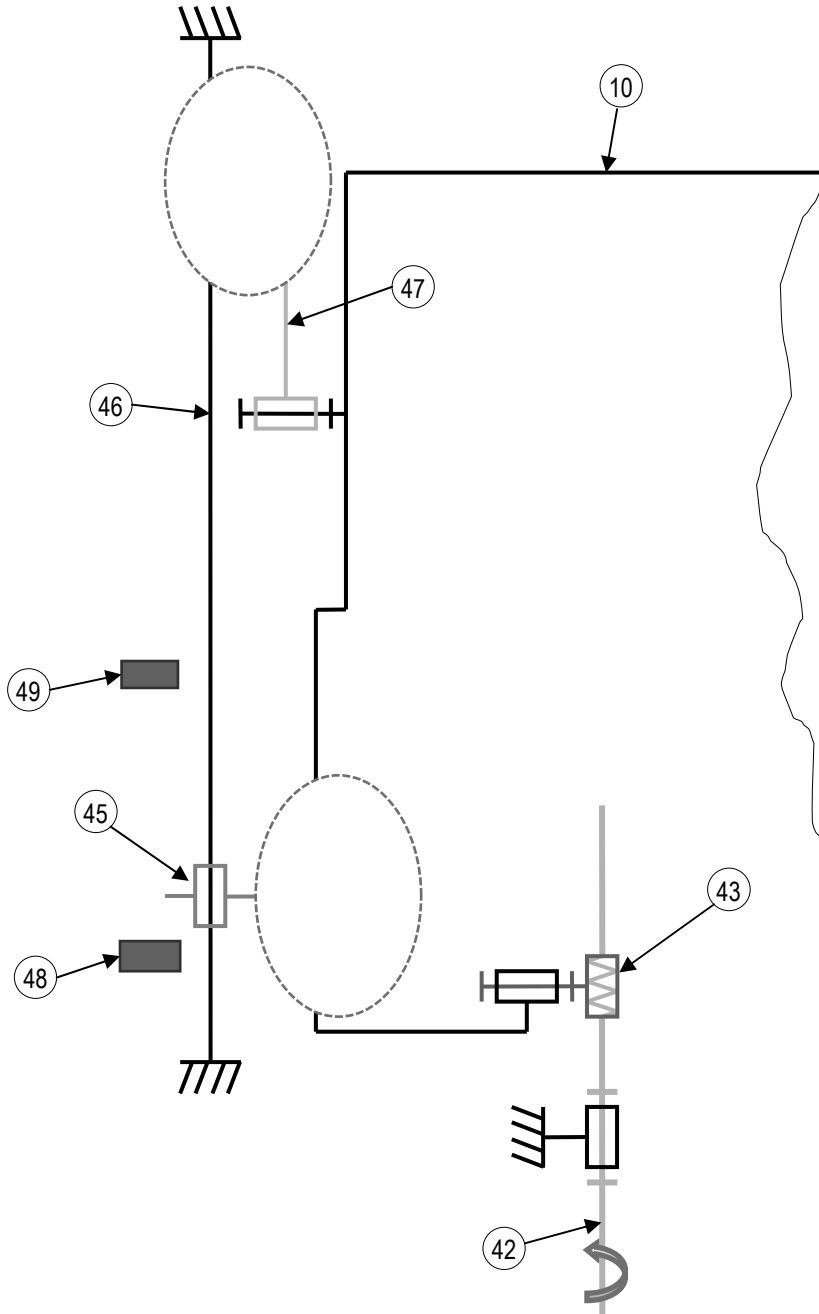


Q2) Diagramme FAST de la fonction technique « positionner les têtes en hauteur/profondeur »



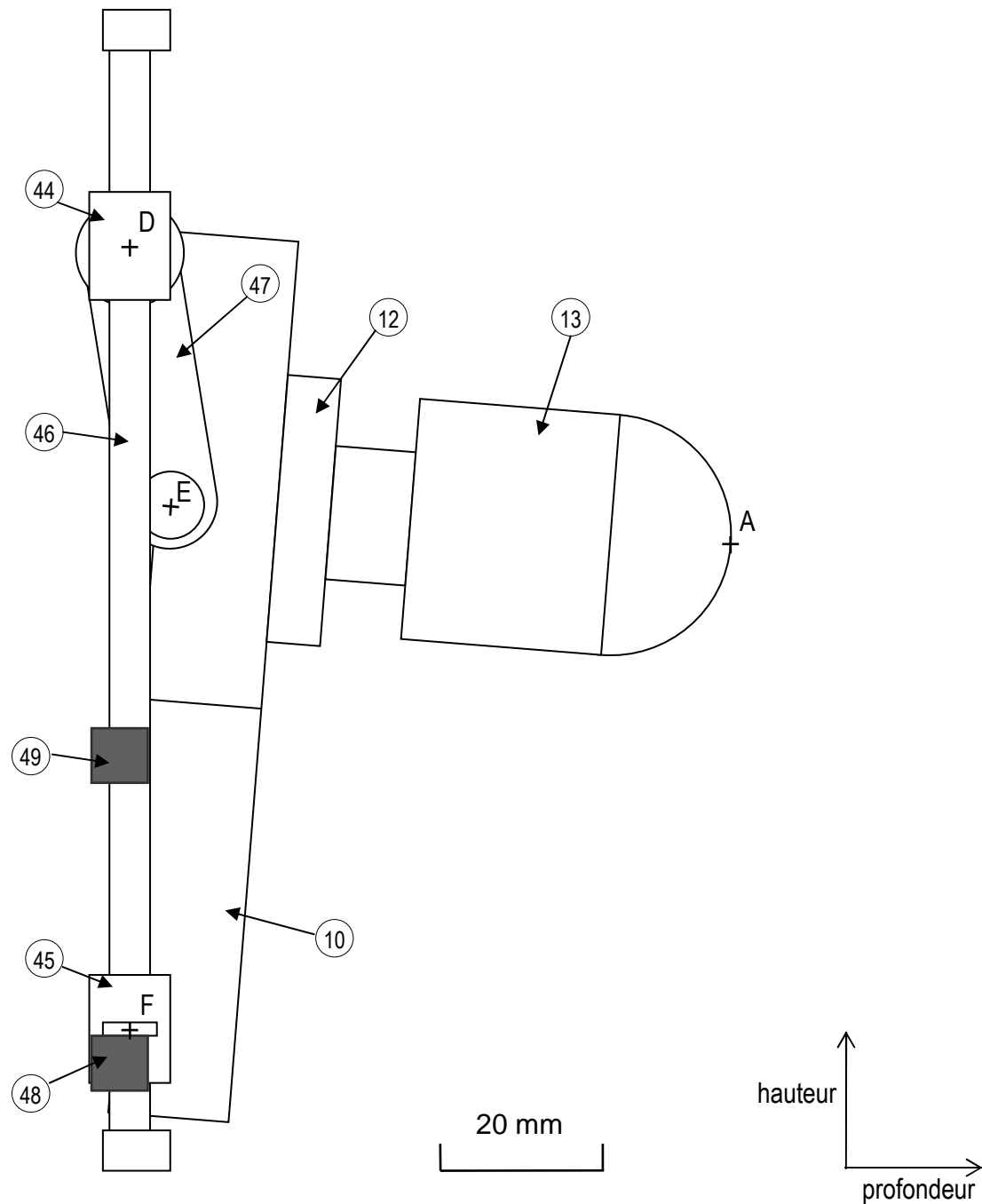
## DR2 Schéma cinématique (réglage en hauteur/profondeur)

Q3) Pour des raisons de symétrie, une seule partie du mécanisme sera représentée.



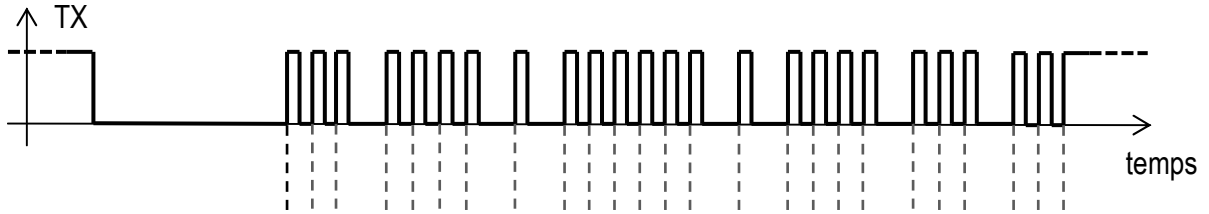
## DR3 Course des réglages en hauteur et profondeur

**Q11) et Q12)** Le plateau mobile est représenté dans sa position basse.  
On considère la tête de massage fixe, dans sa position « moyenne ».



**DR4** Détail d'une trame émise par la télécommande

**Q21)**

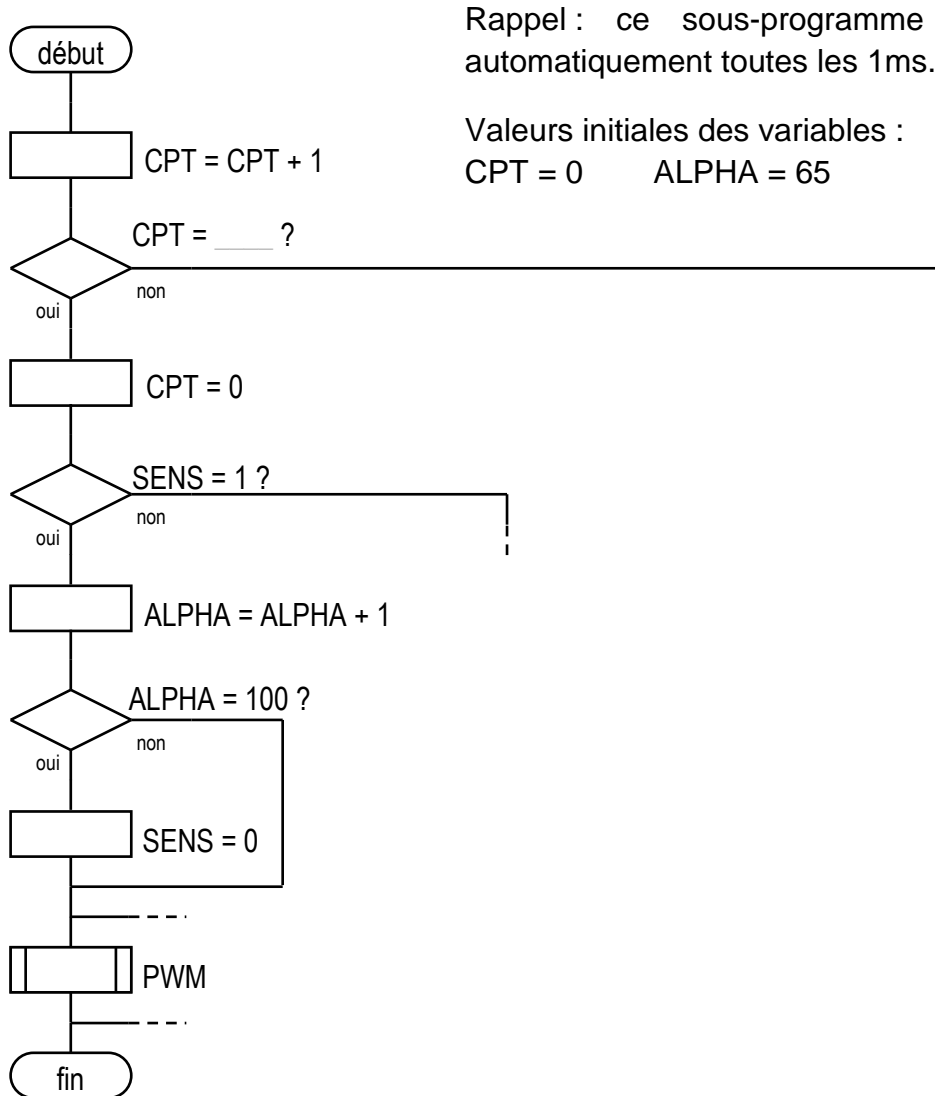


A = % \_\_\_\_\_ = \$ \_\_\_\_    B = % \_\_\_\_\_ = \$ \_\_\_\_    C = % \_\_\_\_\_ = \$ \_\_\_\_

Octets envoyés (trame en hexadécimal) :

## DR5 Algorithme du sous-programme d'interruption

Q30)



Rappel : ce sous-programme s'exécute automatiquement toutes les 1ms.

Valeurs initiales des variables :

CPT = 0    ALPHA = 65    SENS = 1