

EX10: TAPIS DE COURSE

I- INTRODUCTION

Le tapis de course est un système complet de fitness, il permet un entraînement à domicile ou en salle de sport en **reproduisant les conditions de course à pied** à l'extérieur.

Le tapis de course permet au **coureur** de s'entraîner sur une courroie mobile en fonction d'un programme d'entraînement choisi qui prend en considération les conditions de course : le rythme cardiaque, la vitesse de défilement et la pente d'inclinaison.

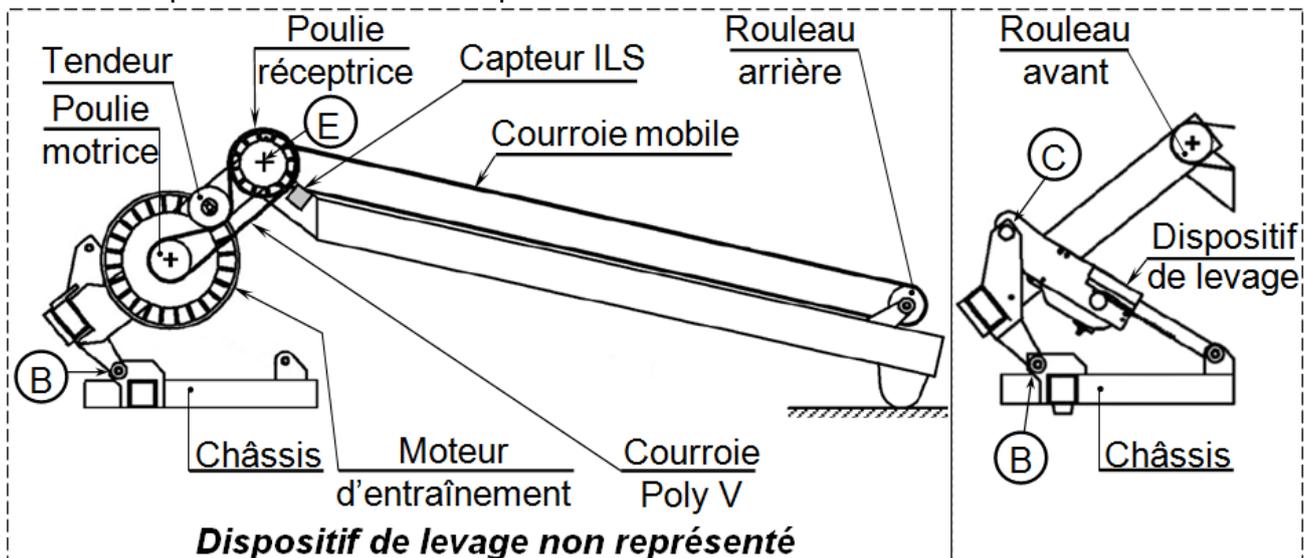


II- FONCTIONNEMENT

Le coureur s'entraîne sur la courroie mobile qui défile dans le sens inverse à sa course.

La vitesse de course et la pente d'inclinaison sont réglables à l'aide de la console. Cette dernière renseigne le coureur en permanence sur son rythme cardiaque, et sur d'autres informations comme les calories dissipées, le temps de course écoulé, etc.

Un moteur d'entraînement, électrique à courant continu (voir figures ci-dessous), entraîne le système poulies-courroie constitué d'une poulie motrice, d'une courroie poly V et d'une poulie réceptrice solidaire au rouleau avant. La rotation du rouleau avant entraîne le défilement de la courroie mobile permettant la course à pied du coureur.



III- DESCRIPTION

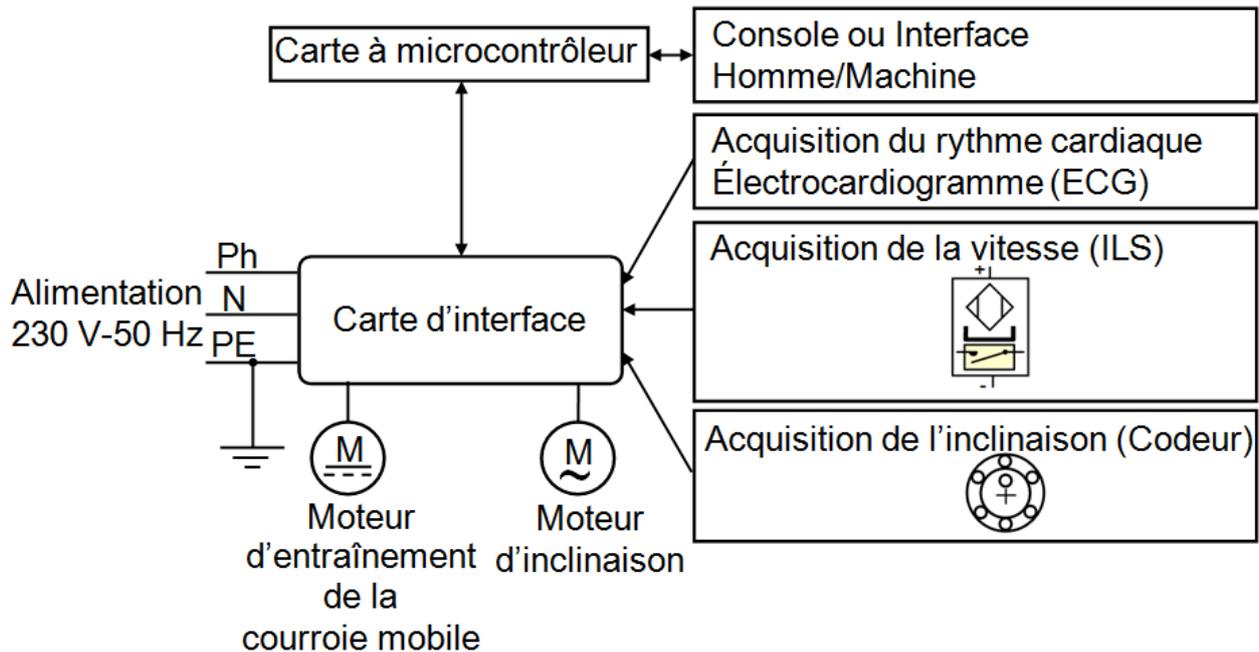
➤ De point de vue mécanique :

Le système comporte essentiellement trois sous-ensembles Voir **DRES 01**:

- ♦ Le « **châssis** » : comprend la base sur laquelle est fixée la console par l'intermédiaire de deux montants.
- ♦ La « **plateforme de course** » : en appui sur le sol par l'intermédiaire de deux pieds à une extrémité, et articulée par rapport au bras d'inclinaison à l'autre extrémité.
- ♦ Le « **bras de d'inclinaison** » : comporte le dispositif d'entraînement de la courroie mobile ; il pivote par rapport au châssis par l'intermédiaire d'un dispositif de levage lorsque l'utilisateur souhaite incliner la plateforme de course.

➤ De point de vue électrique :

Le système est modélisé par le schéma synoptique suivant :



IV- SITUATIONS D'ÉVALUATION

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance

Afin de valider les performances du tapis de course, il a été décidé de :

- Déterminer quelques caractéristiques mécaniques du dispositif de levage ;
- Vérifier si le moteur associé au dispositif de levage peut accomplir sa fonction en toute sécurité ;
- Proposer une solution constructive.

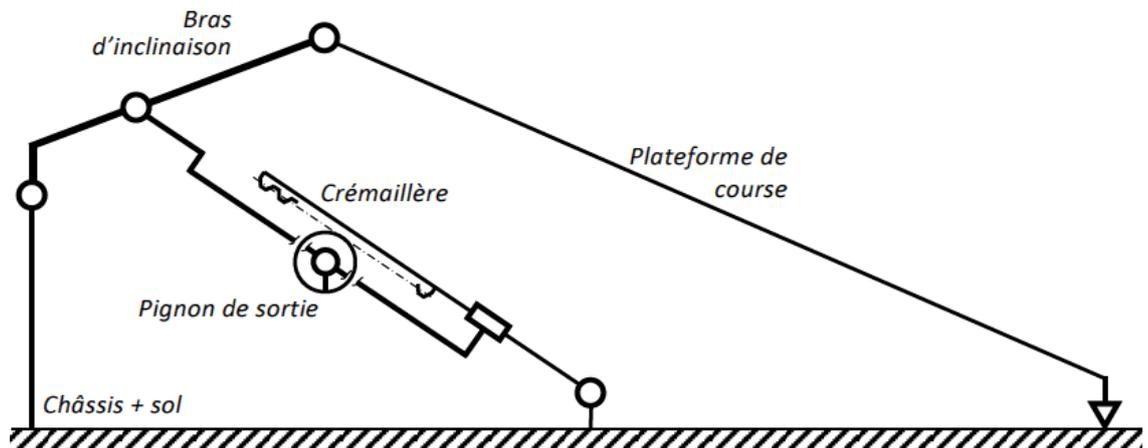
Pour cela, on demande de réaliser les tâches ci-dessous et en se référant au fonctionnement du système (page précédente) et aux documents ressources **DRES 01** et **DRES 02**.

Tâche 11 : Avant d'entamer l'étude du tapis de course, il est indispensable de comprendre ses fonctionnalités, sa cinématique et son environnement. Pour cela, sur le **DRép1**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q1- Compléter le diagramme Bête à cornes relatif au tapis de course.

Q2- Compléter le diagramme d'interactions relatif au tapis de course en se référant au tableau des fonctions de service.

Tâche 12 : D'une part, la mise à l'épreuve du tapis de course dans les conditions extrêmes (coureur de 130 kg) ont permis de mesurer l'intensité de l'effort tangentiel maximal exercé par la crémaillère sur le pignon de sortie ; d'autre part, pour que la remontée de la plateforme de course depuis la position horizontale jusqu'à l'inclinaison maximale (**pente de 14 %** correspondant à une course **Lc** de la crémaillère) passe en douceur et sans affecter négativement le coureur, le temps nécessaire pour l'effectuer dans le cas d'une remontée en continu est de l'ordre de **30 secondes**.
(Voir schéma cinématique ci-dessous).



L'objectif de cette tâche est de vérifier si le moteur d'inclinaison est capable d'assurer le bon fonctionnement du système tout en respectant les contraintes précitées. Pour cela, sur le **DRép1** et le **DRép2**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q3- Compléter le tableau des liaisons cinématiques du tapis.

Q4- Quelle est la fonction du système "Pignon-crémaillère" et **citer** 2 systèmes qui assurent la même fonction que le système "Pignon-crémaillère".

Q5- Calculer la vitesse linéaire V_C de la crémaillère (en m/s).

Q6- Calculer la vitesse angulaire ω_S du pignon de sortie (en rad/s).

Q7- En déduire la vitesse de rotation N_S .

Pour la suite des calculs, prendre $V_C = 0,0034$ m/s et $N_S = 4,35$ tr/min.

Q8- En se référant au schéma simplifié du réducteur R, **calculer** le rapport de réduction $r = N_8 / N_1$.

Q9- En déduire la vitesse de rotation N_m du moteur.

Q10- Calculer la puissance \mathcal{P}_S à la sortie du pignon de sortie.

Q11- Calculer la puissance mécanique utile \mathcal{P}_{mu} du moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur.

Tâche 13 : L'objectif de cette tâche est de vérifier si le frein à disque à friction plane du moteur d'inclinaison est capable d'assurer la stabilité de la plateforme de course en conservant son inclinaison. Pour cela, sur le **DRép2**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q12- Calculer la vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison.

Q13- Calculer le couple C_m développé par le moteur d'inclinaison.

Q14- Calculer le couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison.

Q15- Comparer C_f avec C_m et **conclure**.

Tâche 14 : Le moteur d'entraînement permet l'entraînement du rouleau avant par l'intermédiaire du système poulie courroie, l'objectif de cette tâche est d'analyser de type de transmission. Pour cela, sur le **DRép3**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q16- La forme de la courroie est indiquée sur le tableau du **DRép 3**, **donner** le nom de cette courroie et **citer** deux de ses avantages.

Q17- Lors de la transmission de mouvement par courroie, l'un de ses brins est mou tandis que l'autre est tendu ; **indiquer** parmi les cas présentés sur le tableau du **DRép 3** ceux qui sont corrects. (**Remarque** : le sens de rotation est représenté sur la poulie motrice).

Tâche 15 : La liaison pivot entre la plateforme de course et le bras d'inclinaison, voir dessin d'entraînement du rouleau avant est assurée par une **vis H M12 - 55**, un **écrou H auto-freiné M12** et deux rondelles plates (non représentés).

Q18- Compléter, sur le **DRép1**, le dessin en assurant cette liaison pivot par les éléments normalisés indiqués sur le **DRES 02**.

SEV 2 : Étude partielle de la chaîne énergétique

Tâche21 : Étude de la variation de vitesse du moteur d'entraînement de la courroie mobile du tapis : Cette variation de vitesse est assurée par un **hacheur** série dont la commande est réalisée par la carte à microcontrôleur suivant la technique MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion). Son schéma du principe est donné sur **DRES 03**. Pour cela, sur le **DRép4**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q19- De quel type conversion s'agit-il ?

Q20- Quel est le rôle de la diode de roue libre D_{RL} ?

Q21- Compléter les chronogrammes des tensions $v_M(t)$ et $v_H(t)$.

Q22- Exprimer la valeur moyenne V_M de la tension $v_M(t)$ en fonction de U_0 et du rapport cyclique α .

Q23- On suppose que le courant $i_M(t)$ soit constant et est égale à I_M , c.à.d ; $v_L(t) = L \frac{d[i_M(t)]}{dt} = 0$

montrer que la valeur moyenne V_M est donnée par l'expression $V_M = E' + R \cdot I_M$.

Q24- Quelle est la valeur du rapport cyclique α ?

Tâche22 : Étude du moteur d'inclinaison :

Le moteur associé au réducteur d'inclinaison est un moteur asynchrone monophasé, il possède 2 pôles, alimenté sous une tension $V_S = 230 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$.

Les normes en vigueur exigent un surdimensionnement du moteur pour garantir la longévité de ses performances. Pour cela, sur le **DRép4**, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q25- Calculer la vitesse de synchronisme N_s en tr/min du moteur.

Q26- Donner alors la valeur du glissement g en %, sachant que la vitesse de rotation du moteur est $N_m = 2750 \text{ tr/min}$.

Q27- Calculer la valeur de la puissance utile \mathcal{P}_u sachant que le couple utile $C_u = 0,312 \text{ Nm}$.

Q28- En utilisant le document constructeur **DRES 04**, **préciser** le type (la référence) du moteur qui convient.

Q29- A partir de cette référence, **calculer** la valeur :

29.a- de la puissance absorbée \mathcal{P}_a par le moteur ;

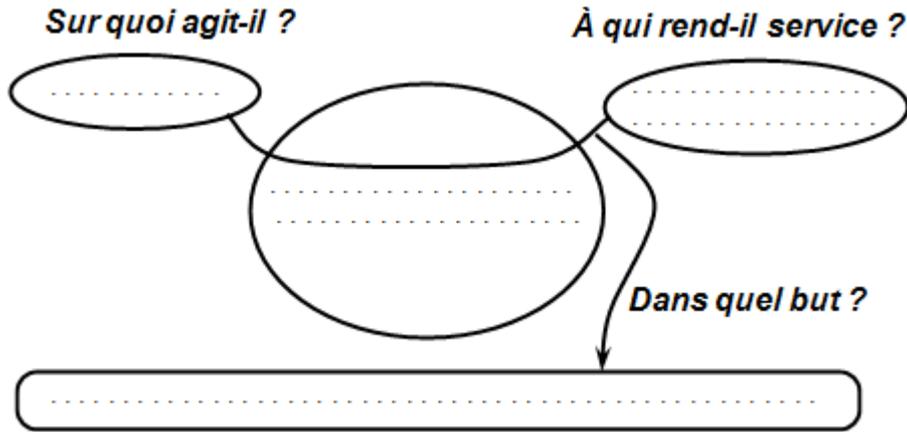
29.b- du courant de démarrage I_D sous la tension $V_s = 230 \text{ V}$.

DRép 1

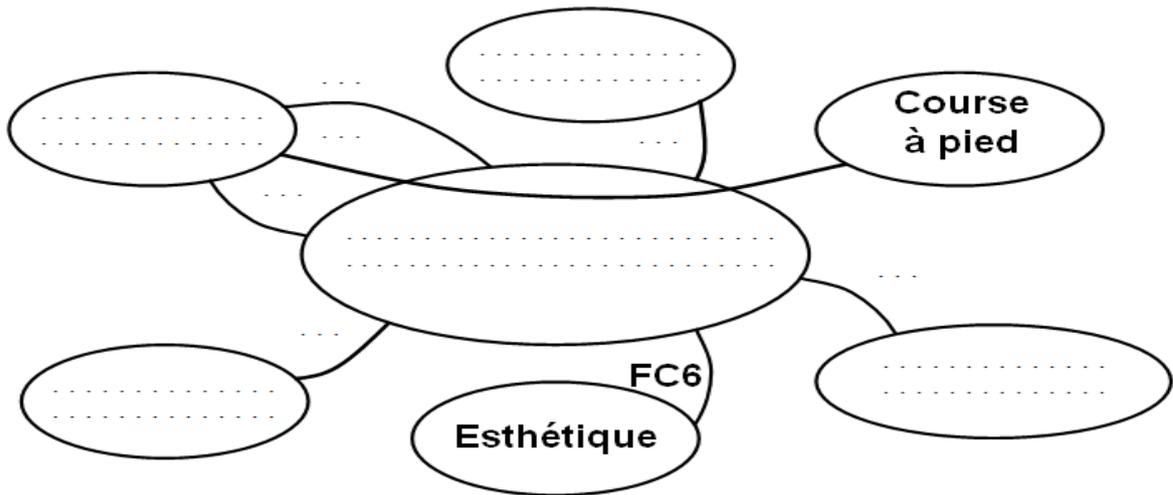
SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance

Tâche 11 :

Q1- Le diagramme Bête à cornes relatif au tapis de course.



Q2- Le diagramme d'interactions relatif au tapis de course en se référant au tableau des fonctions de service.



Tâche 12 :

Q3- Le tableau des liaisons cinématiques du tapis

Schéma 3D	Nom de la liaison	Degrés de liberté		Schéma 2 D en deux vues
		R	T	

Q4- La fonction du système "Pignon-crémaillère"

.....
 Les 2 systèmes qui assurent la même fonction que le système "Pignon-crémaillère".

DRép 2

Q5- La vitesse linéaire V_C de la crémaillère (en m/s)

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

Q6- La vitesse angulaire ω_S du pignon de sortie (en rad/s)

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

Q7- La vitesse de rotation N_S

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

Q8- Le rapport de réduction $r = N_8 / N_1$

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

Q9- La vitesse de rotation N_m du moteur

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

Q10- La puissance \mathcal{P}_S à la sortie du pignon de sortie

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

Q11- La puissance mécanique utile \mathcal{P}_{mu} du moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur

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

Tâche 13 :

Q12- La vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison

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

Q13- Le couple C_m développé par le moteur d'inclinaison

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

Q14- Le couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison

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

Q15- Comparaison du C_f avec C_m et conclusion

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

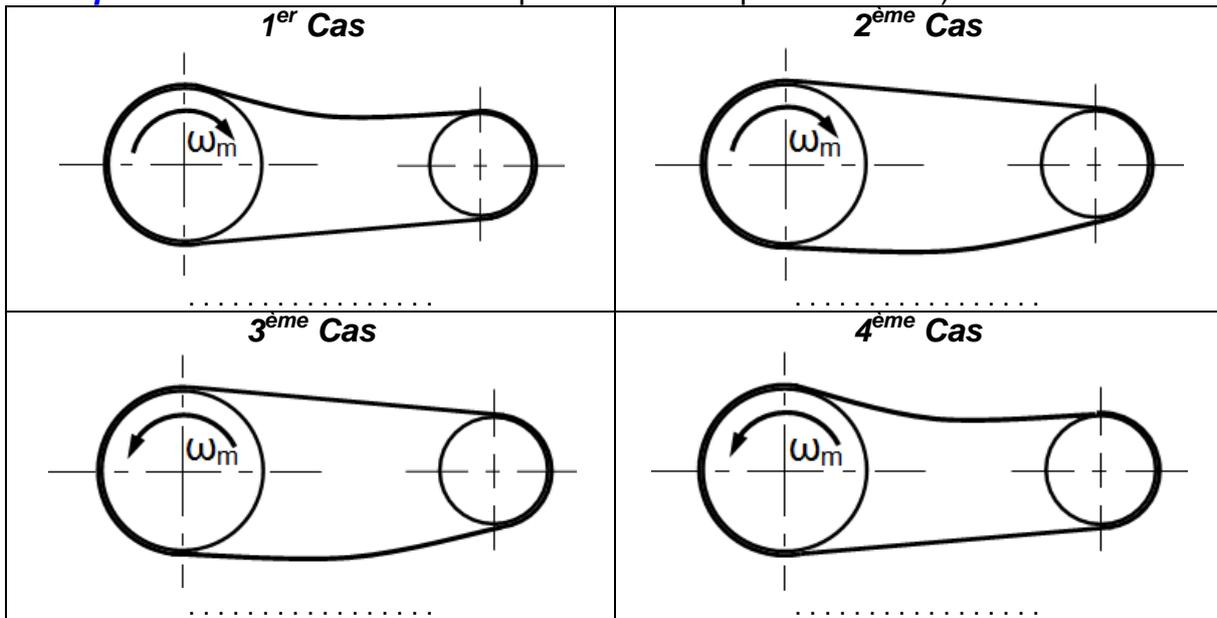
DRép 3

Tâche 14 :

Q16- La forme de la courroie est indiquée sur le tableau ci-dessous, **donner** le nom de cette courroie et **citer** deux de ses avantages.

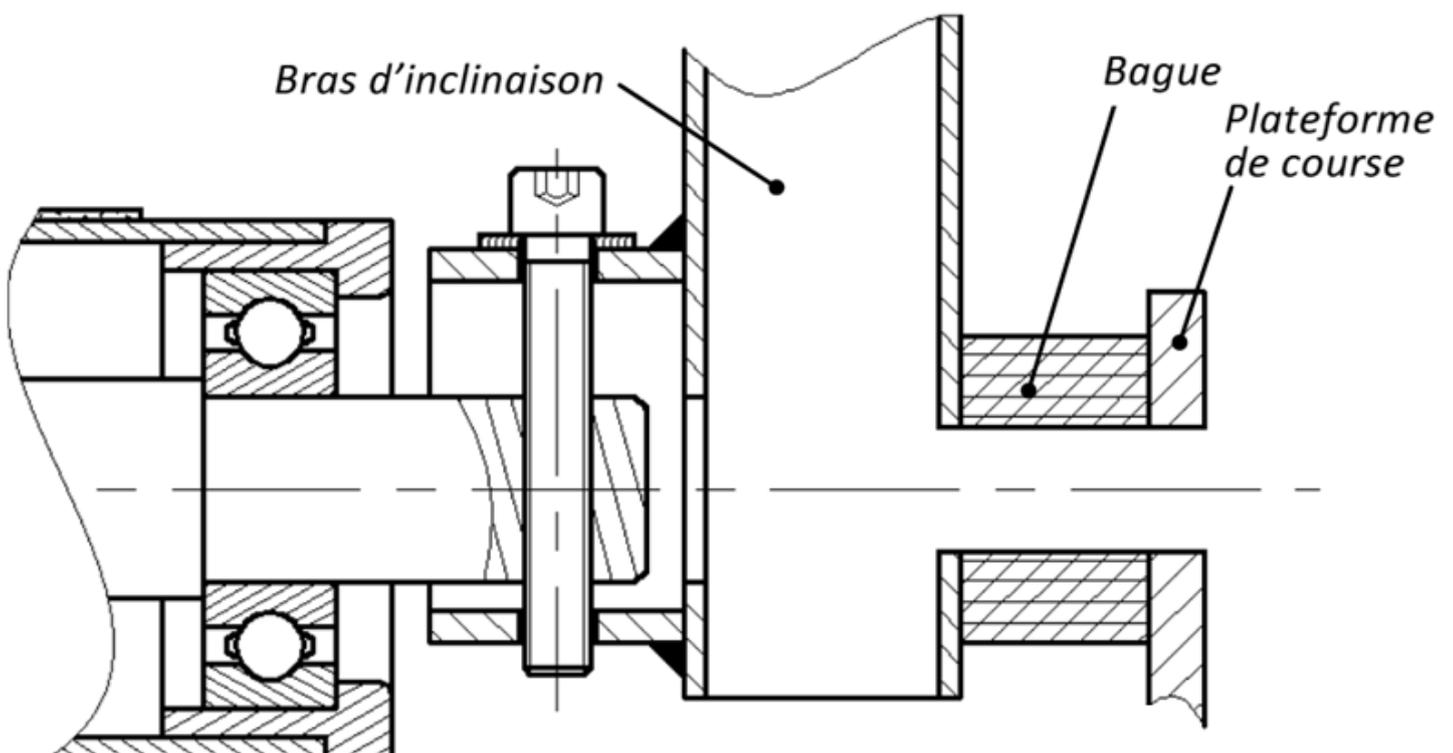
Forme de la courroie	Nom	2 Avantages
	<p>.....</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ ♦

Q17- Lors de la transmission de mouvement par courroie, l'un de ses brins est mou tandis que l'autre est tendu ; **indiquer** parmi les cas présentés sur le tableau ci-dessous, ceux qui sont corrects. (**Remarque** : le sens de rotation est représenté sur la poulie motrice).



Tâche 15 :

Q18- La liaison pivot par les éléments normalisés indiqués



DRép 4

SEV 2 : Étude partielle de la chaîne énergétique

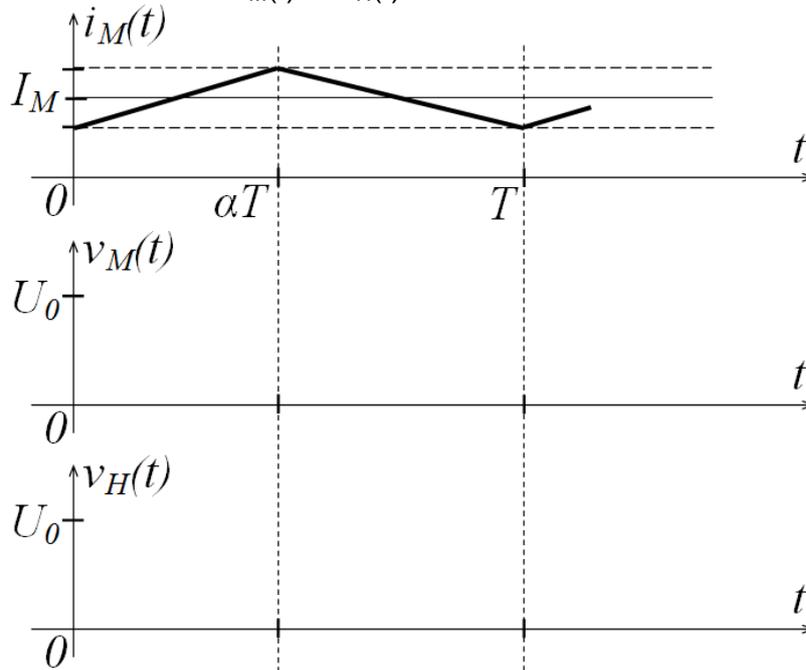
Tâche21 :

Q19- Type conversion ; **encercler** la réponse juste.

Variable → continu ; Continu → Continu ; Continu → Variable ; Variable → variable

Q20- Le rôle de la diode de roue libre D_{RL} ?

Q21- Les chronogrammes des tensions $v_M(t)$ et $v_H(t)$.



Q22- La valeur moyenne V_M de la tension $v_M(t)$ en fonction de U_0 et du rapport cyclique α

Q23- La valeur moyenne V_M est donnée par l'expression $V_M = E' + R \cdot I_M$.

Q24- La valeur du rapport cyclique α ?

Tâche22 :

Q25- La vitesse de synchronisme N_s en tr/mn du moteur.

Q26- Glissement g en %, sachant que la vitesse de rotation du moteur est $N_m = 2750$ tr/min.

Q27- La valeur de la puissance utile \mathcal{P}_u sachant que le couple utile $C_u = 0,312$ Nm.

Q28- Le type (la référence) du moteur qui convient

Q29- La valeur : **29.a-** de la puissance absorbée \mathcal{P}_a par le moteur

29.b- du courant de démarrage I_D sous la tension $V_s = 230$ V.

DRES 01

➤ **Ressource de la Tâche11 :**

FP : Reproduire les conditions de course à pied.

FC1 : Assurer le confort du coureur.

FC2 : Être programmable par le coureur selon ses capacités physiques.

FC3 : S'adapter à un local limité.

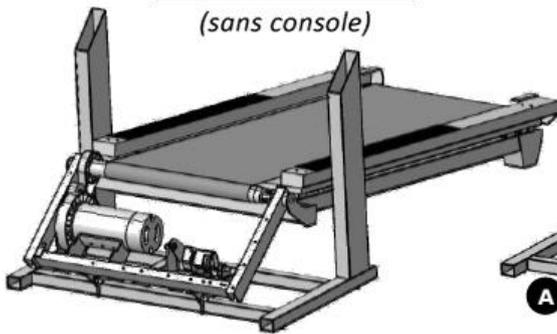
FC4 : Respecter les normes et réglementation en vigueur (sécurité électrique et mécanique,...).

FC5 : Être alimenté en énergie électrique.

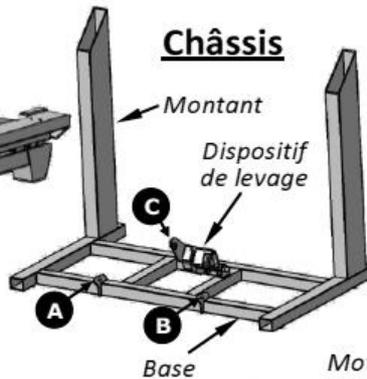
FC6 : Avoir un bon design.

Tapis de course

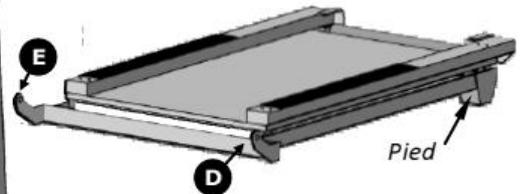
(sans console)



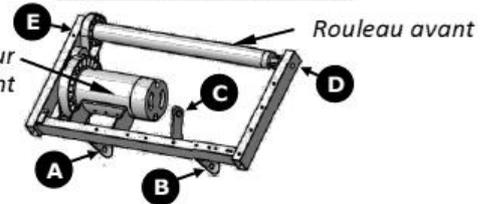
Châssis



Plateforme de course

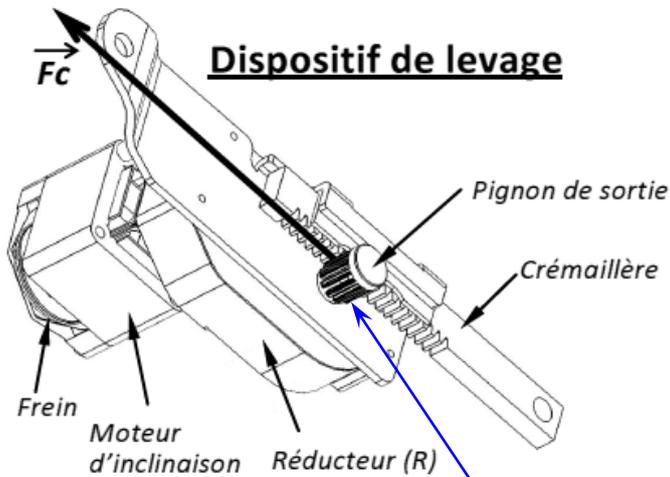


Bras d'inclinaison



Points de liaison :
A, B, C, D et E

Dispositif de levage



Réducteur R

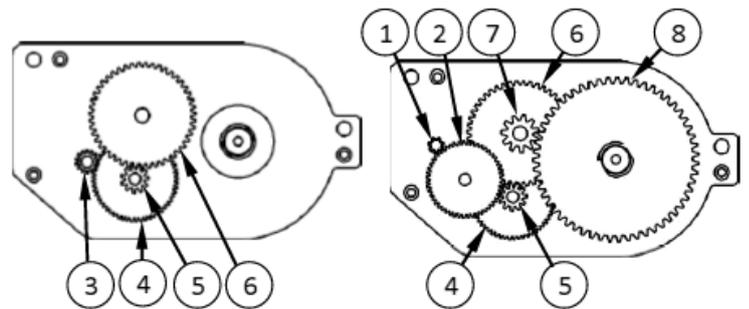
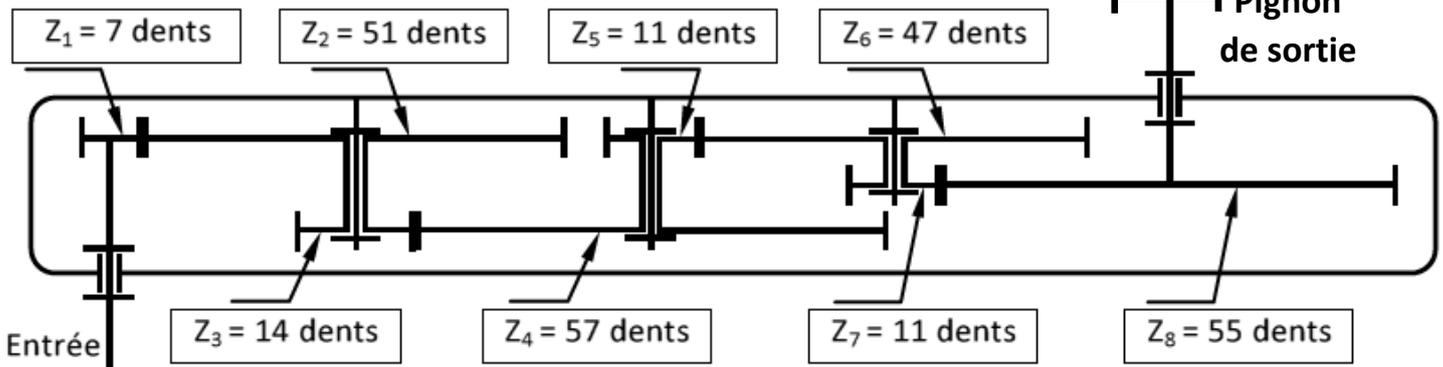


Schéma simplifié du réducteur R



DRES 02

➤ Ressource de la Tâche12 :

On donne :

- ♦ Effort tangentiel Crémaillère $F_C = 2100 \text{ N}$;
- ♦ Course crémaillère $L_c = 102 \text{ mm}$;
- ♦ Rendement réducteur $R : \eta_r = 0,8$;

- ♦ Temps de remontée de la plateforme de course $T_r = 30 \text{ s}$;
- ♦ Nombre de dents du pignon de sortie $Z_S = 10 \text{ dents}$; Module $m = 1,5 \text{ mm}$.

➤ Ressource de la Tâche13 :

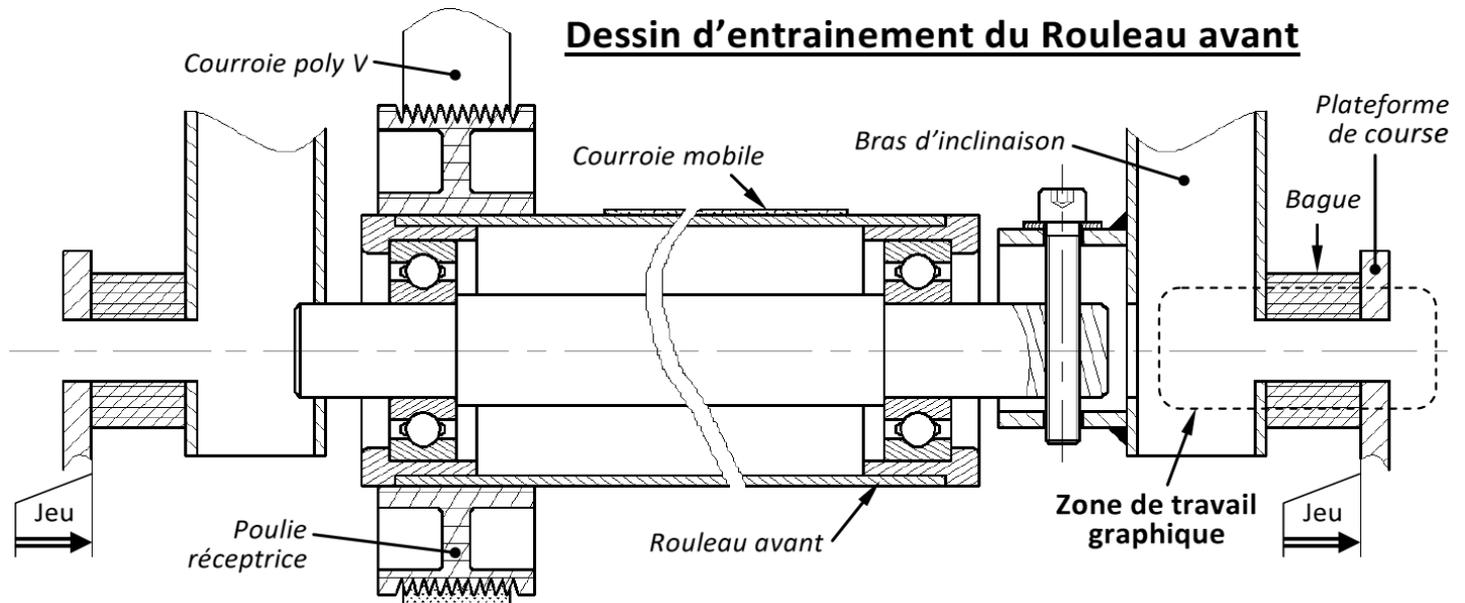
On donne :

- ♦ Vitesse de rotation moteur $N_m = 2750 \text{ tr/min}$;
- ♦ Puissance mécanique du moteur $\mathcal{P}_{mu} = 9 \text{ W}$;
- ♦ Nombre de surfaces de contact $n = 1$;

- ♦ Effort presseur $F_p = 10 \text{ N}$;
- ♦ Coefficient de frottement $f = 0,45$;
- ♦ Rayon extérieur $R = 24 \text{ mm}$;
- ♦ Rayon intérieur $r = 12 \text{ mm}$;

➤ Ressource de la Tâche14:

Dessin d'entrainement du Rouleau avant



Les éléments normalisés de la liaison pivot :

Vis à tête hexagonale

d	M8	M10	M12	M16
Pas	1,25	1,5	1,75	2
a	13	16	18	24
b	5,3	6,4	7,5	10
l/x	30/30	35/35	40/40	50/50
	35/22	40/26	45/30	55/38
	40/22	45/26	50/30	60/38
	45/22	50/26	60/30	65/38

Ecrou hexagonal auto-freiné

d	M8	M10	M12	M16
Pas	1,25	1,5	1,75	2
a	13	16	18	24
h	10,8	12,4	14,2	18,8

Rondelle plate

d	t	D
10	2	20
12	2,5	24
16	3	32

Remarque : l'écrou doit être représenté sans coupe.

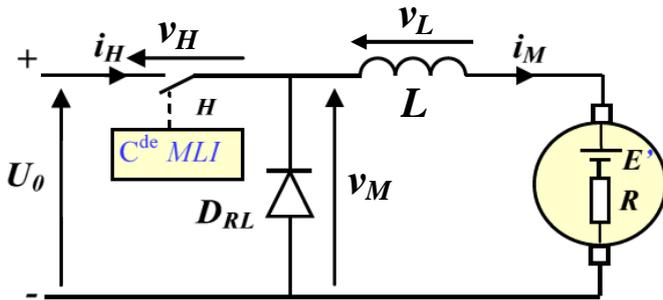
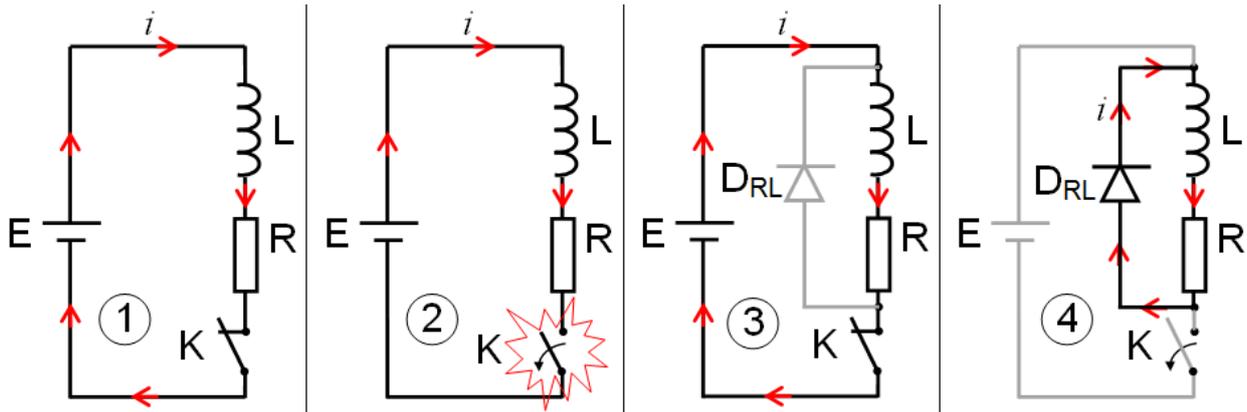
DRES 03

➤ **Ressource de la Tâche21 :**

Lorsqu'on pilote une inductance par un **interrupteur K** ou un **transistor** (qui marche en tout ou rien, comme un interrupteur), du courant passe dedans (1). Et à l'ouverture de l'interrupteur, les étincelles (surtension dangereuse apparait) ce qui endommagera ; détruira l'**interrupteur K** ou le **transistor** (2).

La **Diode de Roue Libre** D_{RL} se connecte en parallèle d'une charge inductive pour assurer la continuité du courant électrique dans l'inductance (3).

Il faut que le courant puisse continuer à circuler dans la bobine (4), afin d'éliminer les étincelles (surtension dangereuse) pour protéger l'**interrupteur K** ou le **transistor**.



Données :

Tension continue : $U_0 = 300 \text{ V}$.

Résistance d'induit : $R = 1,1 \Omega$.

F.c.é.m : $E' = 109 \text{ V}$.

i_M est le courant dans l'induit du moteur et sa valeur moyenne I_M est de l'ordre de 18 A.

Le courant $i_M(t)$ est périodique de période T et l'inductance de lissage L est suffisamment grande pour considérer la conduction continue (Les composants H et D_{RL} sont supposés parfaits).

Le hacheur H fonctionne comme suit :

$0 \leq t \leq \alpha T$: H est fermé, α est le rapport cyclique avec $\alpha = t_{on} / T$ et $0 \leq \alpha \leq 1$;

$\alpha T \leq t \leq T$: H est ouvert.

DRES 04

➤ Ressource de la Tâche22 :

A condensateur permanent (P) IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V

2
pôles
3000 min⁻¹

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	I_N (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	η 100 %	I_D / I_N	IM B3 kg
LS 56 P	0,09	2790	0,9	0,85	50	3,4	3,5
LS 63 P	0,12	2820	1	0,90	57	4	4
LS 63 P'	0,12	2820	1	0,90	57	4	4
LS 63 P	0,18	2820	1,4	0,90	62	4,5	4,5
LS 63 P'	0,18	2820	1,4	0,90	62	4,5	4,5
LS 71 P	0,25	2780	1,95	0,90	61	3,5	5,5
LS 71 P	0,37	2850	2,7	0,85	70	4,7	7
LS 71 P	0,55	2770	3,5	0,95	72	4,5	7,5
LS 80 P	0,75	2780	4,85	0,95	70	4,2	9
LS 80 P	1,1	2760	6,6	0,98	73	4,1	11
LS 90 P	1,1	2700	7,5	0,90	73	4,3	14
LS 90 P	1,5	2780	9,1	0,95	76	4,8	16,5

A condensateur permanent (P) IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V

4
pôles
1500 min⁻¹

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	I_N (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	η 100 %	I_D / I_N	IM B3 kg
LS 56 P	0,06	1420	0,72	0,90	39	2,7	3,5
LS 63 P	0,09	1380	0,75	0,95	55	2,4	4
LS 63 P	0,12	1410	1	0,95	50	2,8	4,5
LS 63 P'	0,12	1410	1	0,95	50	2,8	4,5
LS 71 P	0,18	1430	1,8	0,75	57	3,9	6
LS 71 P	0,25	1430	2,1	0,80	63	4,3	6,5
LS 71 P	0,37	1410	2,8	0,85	66	4	7,5
LS 80 P	0,55	1370	4,2	0,85	67	3,6	8,5
LS 80 P	0,75	1370	5,4	0,85	69	3,9	10,5
LS 90 P	1,1	1420	7	0,95	71	5	16

A condensateur permanent (P) IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V

6
pôles
1000 min⁻¹

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	I_N (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	η 100 %	I_D / I_N	IM B3 kg
LS 71 P	0,12	930	1,15	0,95	48	3,1	7
LS 80 P	0,37	920	3	0,98	53	2,8	10