



## BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

### Sciences et Technologies Industrielles pour le Développement Durable (STIDD)

✚ Discipline : épreuves d'enseignements technologiques de spécialité / Génie électrique

✚ Coefficient : 5

✚ Durée : 4 Heures

✚ Barème : sur 20

✚ Année : **Session 2023**

✚ Groupe : 1

✚ Série : **STIDDE**

✚ Sujet : **ETUDE D'UN TAPIS DE COURSE**

✚ Constituants du sujet : Le sujet comporte au total 12 pages :

❖ La présentation du sujet (**page 1 à 7**)

Partie A: Etude partielle de la chaîne énergétique

Partie B : Régulation de la vitesse du moteur asynchrone

Partie C : Société et développement Durable

❖ Le document technique (**page 8**)

❖ Les documents réponses (**page 9 à 12**)

**NB:** L'élève doit répondre directement sur les documents de réponses (**de la page 9 à la page 12**) qui sont à rendre tous, même au cas où il n'aurait pas répondu.

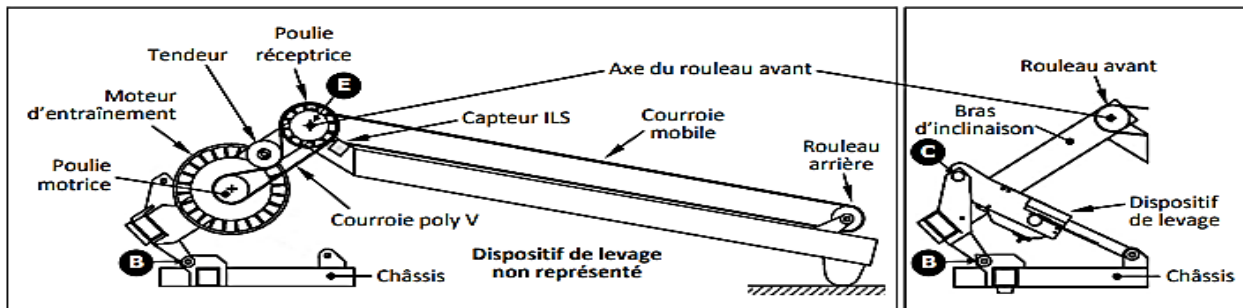
## MISE EN SITUATION

Le tapis de course de la **figure 1** 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.



## FONCTIONNEMENT

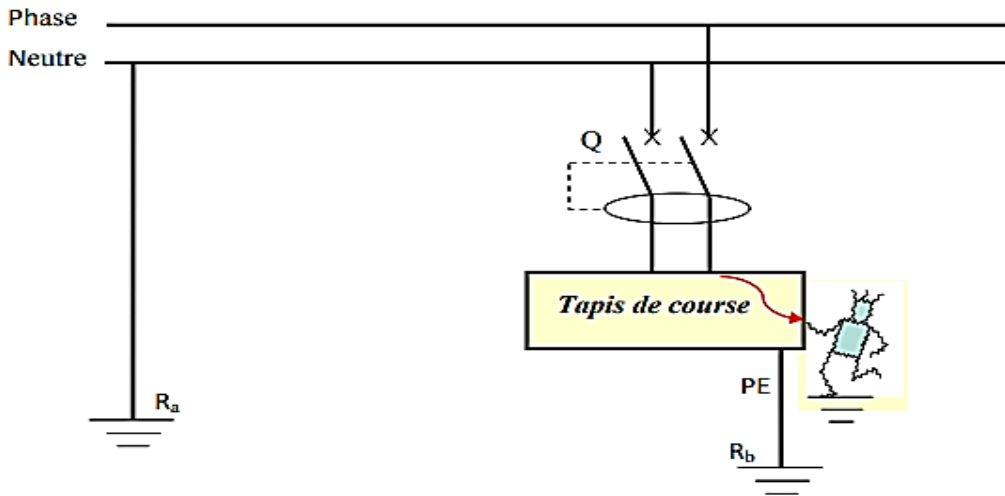
Le coureur s'entraîne sur la courroie mobile qui défile dans le sens inverse à sa course. La vitesse de course et la pente d'inclinaison sont réglables à l'aide de la console. Cette dernière renseigne le coureur en permanence sur son rythme cardiaque et sur d'autres informations comme les calories dissipées, le temps de course écoulé, etc. Un moteur d'entraînement, électrique à courant continu (voir Figure 2), 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.



**Partie A : ETUDE PARTIELLE DE LA CHAINE ENERGETIQUE (12 pts)**

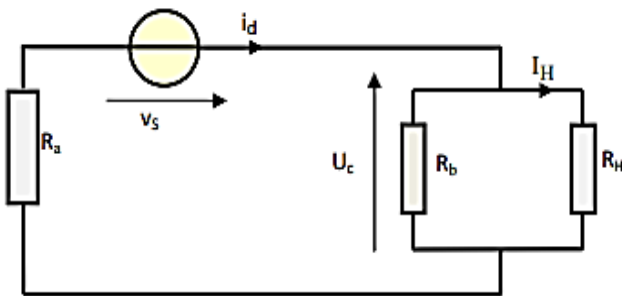
**Tâche 1 : Régime de neutre :**

Le régime de neutre est imposé dans toute l'installation par le réseau de distribution basse tension. Il s'agit d'un local sec (on rappelle que la tension limite  $U_L$  est égale à **50 V**). Schéma de liaison à la terre (figure 3) :



**Figure 3**

Lors d'un défaut d'isolement, le schéma électrique équivalent de liaison à la terre est le suivant (figure 4) :



Données :

Tension du réseau  $V_s = 230V$  ;  $R_a = 18 \Omega$

$R_b = 20 \Omega$  et la résistance du corps humain

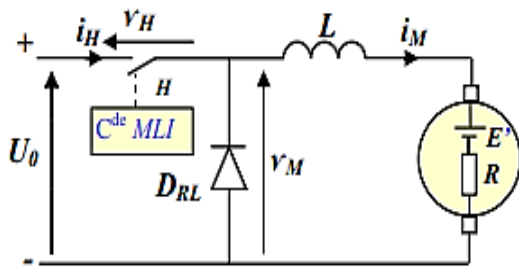
$R_H = 1500 \Omega$ .

**Figure 4**

- Q1:** Préciser le type de schéma du régime de neutre employé **TT, IT** ou **TN**. **(0.5 point)**
- Q2:** Donner la signification de chaque lettre pour le type du régime employé. **(0.5 point)**
- Q3:** Calculer la valeur de la tension de contact  $U_c$  et en déduire la valeur du courant  $I_H$ . **(0.5 point)**
- Q4:** Est-il nécessaire de mettre hors tension l'installation ? Justifier votre réponse en comparant les valeurs des tensions  $U_c$  et  $U_L$ . **(0.5 point)**
- Q5:** A partir du document technique (**page 8**), et pour le même local, déterminer la valeur du temps maximal  $t_c$  de coupure autorisé pour cette tension de contact  $U_c$ . **(0.5 point)**

## Tâche 2 : 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 de la modulation de la largeur d'impulsion **MLI** (voir **Figure 5**) :



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**.

**Figure 5**

Le courant  $i_M(t)$  est périodique de période  $T$  et l'inductance de lissage  $L$  est suffisamment grande pour considérer la conduction continue.

Hypothèses : (les composants **H** et **D<sub>RL</sub>** sont supposés parfaits).

Le hacheur **H** fonctionne comme suit :

$0 \leq t \leq \alpha T$  : **H** est fermé ;

$\alpha T \leq t \leq T$  : **H** est ouvert ;

$\alpha$  est le rapport cyclique avec  $\alpha = \text{ton}/T$  et  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

**Q6:** De quel type de convertisseur s'agit-il ici ? (0.5 point)

**Q7:** Quel est le rôle de la diode **D<sub>RL</sub>** ? (0.5 point)

**Q8:** Compléter les chronogrammes des tensions **V<sub>M</sub>(t)** et **V<sub>H</sub>(t)**. (0.5 point)

**Q9:** Exprimer la valeur moyenne **V<sub>M</sub>** de la tension **V<sub>M</sub>(t)** en fonction de **U<sub>0</sub>** et du rapport cyclique **α**. (01 point)

**Q10:** On suppose que le courant **i<sub>M</sub>(t)** est constant et est égale à **I<sub>M</sub>**, montrer que la valeur moyenne **V<sub>M</sub>** est donnée par l'expression **V<sub>M</sub> = E' + R.I<sub>M</sub>**. (01 point)

**Q11:** Quelle est la valeur du rapport cyclique **α** ? (01 point)

## Tâche 3 : Etude du moteur d'inclinaison :

Le moteur associé au réducteur d'inclinaison est un moteur asynchrone monophasé, il possède **2 pôles**. Le moteur est alimenté sous une tension **V<sub>S</sub> = 230 V** de fréquence **f = 50 Hz**. Les normes en vigueur exigent un surdimensionnement du moteur pour garantir la longévité de ses performances.

**Q12:** Calculer la vitesse de synchronisme  $N_s$  en **tr/mn** du moteur. **(01 point)**

**Q13:** Donner alors la valeur du glissement  $g$  (%), sachant que la vitesse de rotation du moteur est  $N = 2750$  **tr/min**. **(01 point)**

**Q14:** Calculer la valeur de la puissance utile  $P_u$  sachant que le couple utile  $T_u = 0,312$  **Nm** **(01 point)**

**Q15:** En utilisant le document technique (**Page 8**), préciser le type (la référence) du moteur qui convient. **(01 point)**

**Q16:** A partir de cette référence, calculer la valeur  $P_a$  de la puissance absorbée par le moteur et du courant de démarrage  $I_D$  sous la tension  $V_s = 230$  **V** **(01 point)**

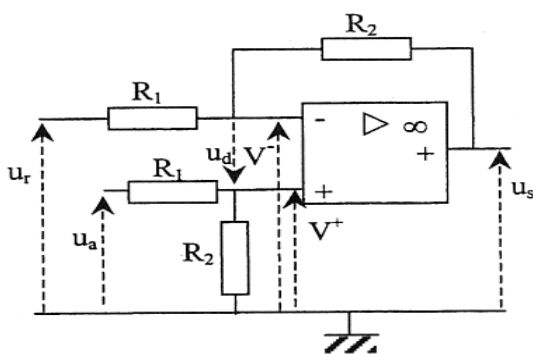
### **PARTIE B : REGULATION DE LA VITESSE DU MOTEUR ASYNCHRONE (05 points)**

On se propose d'étudier la régulation de la vitesse pour un autre modèle de tapis motorisé entraîné par un moteur asynchrone.

On désire maintenir la vitesse du tapis à **12 km/h** quelle que soit la charge. Pour cela on va réguler la vitesse du moteur. La régulation de vitesse étant complexe, nous admettrons, pour simplifier, que les valeurs de  $V_s$  et de  $f$  sont réglées par un système électronique commandé par une tension  $u_s$ , tension de sortie d'un amplificateur de différence (**voir Figure 6**).

L'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel (**A.0.**) est alimentée par une tension continue  $u_a$  et l'entrée inverseuse par une tension  $u_r$  délivrée par une génératrice tachymétrique. Cette tension  $u_r$  est proportionnelle à la fréquence de rotation du moteur.

On a :  $u_r = 0,01.n$  ( $n$  en **tr.min<sup>-1</sup>**).



**Figure 6**

La tension de consigne  $u_a$  (image de la vitesse souhaitée) est une tension continue comprise entre **0** et **15 V**. Elle est obtenue à partir de la tension alternative sinusoïdale du secteur (**230 V, 50Hz**).

Nommer les convertisseurs statiques de puissance permettant d'obtenir, à partir d'une tension sinusoïdale :

**Q17.** une tension sinusoïdale de même fréquence et de valeur efficace différente ; **(0.5 point)**

**Q18.** une tension unidirectionnelle ; citer un composant associé au convertisseur qui permet d'atténuer les ondulations de tension. **(0.5 point)**

La tension  $\mathbf{u}_s$  est la tension de sortie de l'amplificateur de différence précédent. L'amplificateur opérationnel est considéré comme parfait. Les valeurs des tensions de saturation sont  $\mathbf{0}$  et  $\mathbf{15 V}$ .

**Q19** L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire : justifier. **(0.5 point)**

**Q20.** Exprimer  $\mathbf{V}^+$  (tension entre l'entrée non inverseuse et la masse du montage) en fonction de  $\mathbf{R}_1$ ,  $\mathbf{R}_2$  et  $\mathbf{U}_a$ . **(0.5 point)**

**Q21.** Montrer que  $\mathbf{V}^-$  (tension entre l'entrée inverseuse et la masse du montage) est égale à :

$$\mathbf{V}^- = \frac{\mathbf{R}_2 \mathbf{U}_r + \mathbf{R}_1 \mathbf{U}_s}{(\mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2)} \quad \mathbf{(0.5 point)}$$

**Q22.** Donner l'expression de  $\mathbf{U}_a$  (tension différentielle d'entrée) en fonction de  $\mathbf{V}^+$  et  $\mathbf{V}^-$  ; et déterminer sa valeur, l'amplificateur opérationnel fonctionnant en régime linéaire. **(0.5 point)**

**Q23.** En déduire l'expression de  $\mathbf{u}_s$  en fonction de  $\mathbf{R}_1$ ,  $\mathbf{R}_2$ ,  $\mathbf{U}_a$  et  $\mathbf{U}_r$ . Justifier le nom d'amplificateur de différence donné au montage. **(0.5 point)**

**Q24.**  $\mathbf{R}_2 = \mathbf{10 R}_1$ . Quelle est la valeur du coefficient d'amplification  $\mathbf{A}$  du montage ? **(0.5 point)**

**Q25.** La fréquence  $\mathbf{f}$  de la tension délivrée par l'onduleur est proportionnelle à  $\mathbf{u}_s$  :  $\mathbf{f} = \mathbf{3 u}_s$ .

Pour  $\mathbf{n} = \mathbf{580 tr.min}^{-1}$ , calculer  $\mathbf{U}_r$  et  $\mathbf{f}$  sachant que  $\mathbf{U}_a = \mathbf{6,83 V}$  et  $\mathbf{R}_2 = \mathbf{10 R}_1$ . **(0.5 point)**

**Q26.** La tension de consigne  $\mathbf{U}_a$  reste constante. A une légère variation de la fréquence  $\mathbf{n}$  de rotation du moteur, le système réagit. En se plaçant dans le cas où cette variation est une augmentation, dans quels sens évoluent respectivement  $\mathbf{U}_r$ ,  $\mathbf{u}_s$ ,  $\mathbf{f}$ ,  $\mathbf{n}_s$ , puis finalement  $\mathbf{n}$  ? A-t-on obtenu le résultat escompté ? **(0.5 point)**

### **Partie C: SOCIETE ET DEVELOPPEMENT DURABLE (03 points)**

Répondre aux questions ou choisir les bonnes réponses.

**Q27 :** Avec quelles sources d'énergie peut-on produire directement de l'électricité : le soleil, le vent ou l'eau ? **(0.5 point)**

**Q28 :** Citez au moins trois matières recyclables. **(0.5 point)**

**Q29** : Reliez les objets issus du recyclage avec les matériels de sport usagés: **(0.5 point)**

Robes         combinaisons en néoprène, chambres à air ou maillots de sports collectifs ;

Meubles        skis et snowboards ou à partir de parquet de basket-ball ;

Sacs         toiles de parapentes et parachutes ou plumes de volants de badminton ;

On désire alimenter le système par des cellules solaires. Si nous considérons que les deux moteurs ont une puissance de **3kW** chacun et un rendement **93 %**. La tension d'alimentation nominale est de **230V**. Sachant que chaque cellule élémentaire peut fournir une puissance **1W** avec une tension **2,875 V**:

**Q30.** Déterminer le nombre de cellules photovoltaïques à utiliser. **(0.5 point)**

**Q31.** Donner un schéma de branchement de ces cellules (nombre de cellules en série et nombre de cellules en parallèle) **(0.5 point)**

**Q32.** Si l'aire d'une cellule est de **5cm<sup>2</sup>**. Quel est l'aire totale en **m<sup>2</sup>** occupé par le panneau solaire. **(0.5 point)**

## DOCUMENT TECHNIQUE

### Temps de coupure $T_c$ maximal autorisé par la norme NFC15-100

Tension de contact présumée (Volt)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (seconde)	
	Courant alternatif	Courant continu
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

Durée maximal de maintien de la tension de contact présumée dans des conditions normales ( $U_L=25$  V)

Tension de contact Présumée (Volt)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (seconde)	
	Courant alternatif	Courant continu
<50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

Durée maximal de maintien de la tension de contact présumée dans des conditions normales ( $U_L=50$  V)

### Document constructeur

**2**  
pôles  
3000 min<sup>-1</sup>

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

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 <sup>-1</sup>	$I_n$ (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	$\eta$ 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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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

1. Moteur à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).

**4**  
pôles  
1500 min<sup>-1</sup>

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

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 <sup>-1</sup>	$I_n$ (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	$\eta$ 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 <sup>1</sup>	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

1. Moteur à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).

**6**  
pôles  
1000 min<sup>-1</sup>

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

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 <sup>-1</sup>	$I_n$ (230 V) A	$\cos \varphi$ 100 %	$\eta$ 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





**Tâche 3 : Etude du moteur d'inclinaison :**

Q12:.....  
.....  
.....

Q13:.....  
.....  
.....

Q14:.....  
.....  
.....

Q15:.....  
.....  
.....

Q16:.....  
.....  
.....

**PARTIE B : REGULATION DE LA VITESSE DU MOTEUR ASYNCHRONE**

Q17:.....  
.....  
.....

Q18:.....  
.....  
.....

Q19:.....  
.....  
.....

Q20.....  
.....  
.....

Q21.....  
.....  
.....

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

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

Q22.....  
.....  
.....

Q23.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Q24.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Q25.....  
.....  
.....

Q26.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Partie C: SOCIETE ET DEVELOPPEMENT DURABLE**

Q27 :.....  
.....  
.....

Q28 :  
.....  
.....  
.....

**Q29** : Reliez les objets issus du recyclage avec les matériels de sport usagés :

Robes         combinaisons en néoprène, chambres à air ou maillots de sports collectifs ;

Meubles        skis et snowboards ou à partir de parquet de basket-ball ;

Sacs         toiles de parapentes et parachutes ou plumes de volants de badminton

**Q30**.....  
.....  
.....  
.....

**Q31**.....  
.....  
.....  
.....

**Q32**.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....