

Le sujet comporte 5 parties indépendantes.

Partie I : Etude d'un système électromécanique

L'objet de cette partie est l'étude de la motorisation d'un scooter électrique. La chaîne électrique de conversion d'énergie utilisée dans cette application est schématisée par la figure 1.

Les données techniques sont :

Diamètre utile des roues : $D=0.41\text{m}$

Masse totale du scooter (sans passager) : $M_s=45\text{kg}$

Masse normalisée du passager : $M_p=70\text{kg}$

Vitesse maximale : 35 km/h

Tension batterie : $U=36\text{V}$

Comme illustré sur la figure 2, la transmission de puissance mécanique entre la machine électrique et l'axe de la roue arrière est réalisée par une chaîne. Le nombre de dents des pignons roue et moteur impose un rapport de réduction égale à $1/3$ (ce qui signifie que le moteur tourne 3 fois plus vite que la roue)

On supposera que, à vitesse stabilisée, l'effort résistant à la roue arrière s'exprime par :

$$F_r = \lambda \cdot M \cdot g + \beta \cdot V^2 + M \cdot g \cdot \sin(\gamma) \quad (1)$$

Avec :

g : accélération de la pesanteur : $g=10\text{ m/s}^2$

γ : angle de la pente

M : masse totale

V : vitesse de translation du scooter en m/s

Question I.1 : Faire correspondre les 3 termes de l'expression (1) aux significations proposées :

1 ^{er} terme : $\lambda \cdot M \cdot g$		Résistance à l'avancement dans l'air
2 ^{ème} terme : $\beta \cdot V^2$		Résistance à l'avancement dû aux frottements roues-sol
3 ^{ème} terme : $M \cdot g \cdot \sin(\gamma)$		Effet de la pente

On adoptera les valeurs suivantes : $\lambda=0.02$ et $\beta=0.3$

Par ailleurs, la transmission mécanique est supposée sans pertes.

La machine électrique est alimentée par deux convertisseurs statiques selon le schéma ci-dessous.

Question I.2 : De quelle machine s'agit-il ? La machine comporte deux bobinages, indice i et indice e. Dénommer les deux bobinages ainsi alimenté.

Question I.3 : Dans ce schéma, la mesure du courant du bobinage i est réalisée par une sonde à effet Hall. Expliquer en quelques mots le principe physique de cette sonde.

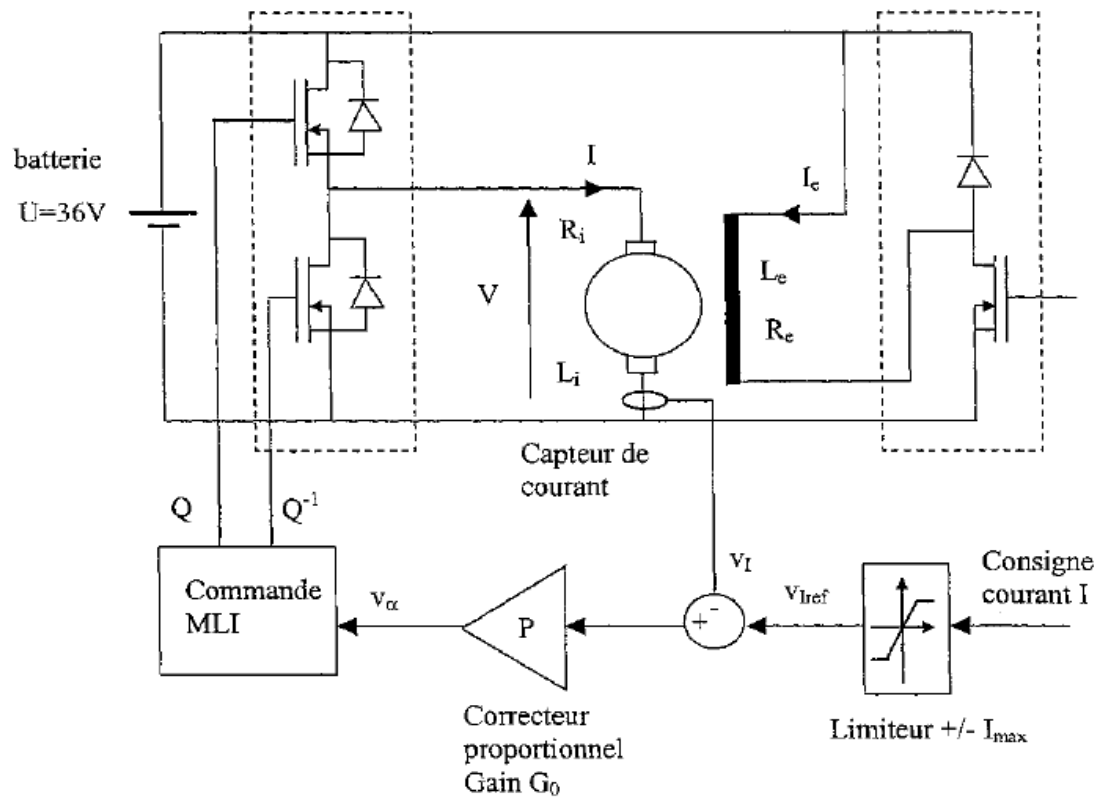


Figure 1

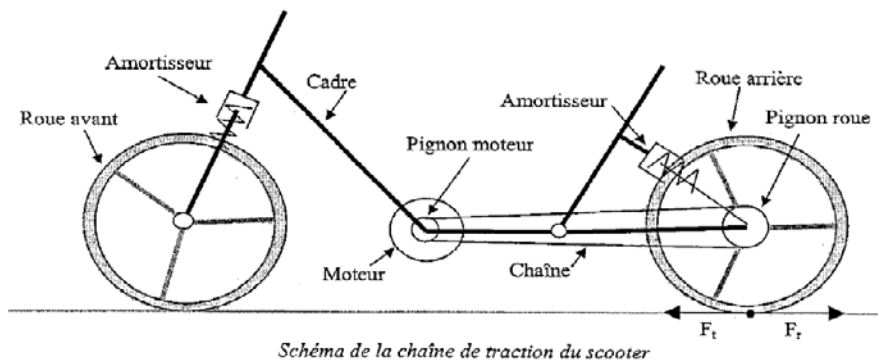


Figure 2

Question I.4 : Préciser et justifier les cycles de fonctionnement que cette structure de conversion permet dans les quadrants couple-Vitesse et Courant-Tension. Quel est son intérêt ? Cette structure permet-elle un fonctionnement en marche arrière motorisée ?

Question I.5 : Quel est le rôle du limiteur de la consigne de courant ? Quel est le type des interrupteurs de puissance utilisé ici ? Pourquoi les deux interrupteurs de puissance sont commandés en complémentaires ?

Le hacheur alimentant le bobinage i fonctionne à une fréquence de découpage de $f_d=20$ kHz, il est commandé à rapport cyclique variable au travers la tension de commande V_α (commande MLI)

Question I.6 : Que signifie le terme MLI ? Quel est ce terme en langue anglaise ?

Question I.7 : Dans un convertisseur électronique de puissance à découpage, quelles sont les deux types de pertes ?

Question I.8 : Dans un tel convertisseur, quel est l'intérêt d'augmenter la fréquence de découpage ainsi que les limites d'une telle augmentation ?

Question I.9 : Compte tenu du fait que la constante électrique du circuit est très supérieure à la période de découpage ($T_d=1/f_d$), tracer la forme d'onde, sur au moins une période de découpage et pour un rapport cyclique de 0.25, des grandeurs suivantes :

- le courant I parcourant le bobinage i
- la tension V aux bornes du bobinage i
- le courant en sortie de la batterie I_{bat}

Question I.10 : Donner l'expression de la valeur moyenne V_{moy} de la tension V en fonction de α et de U . Indiquer la relation liant V_{moy} , la FEM E et le courant moyen I_{moy} .

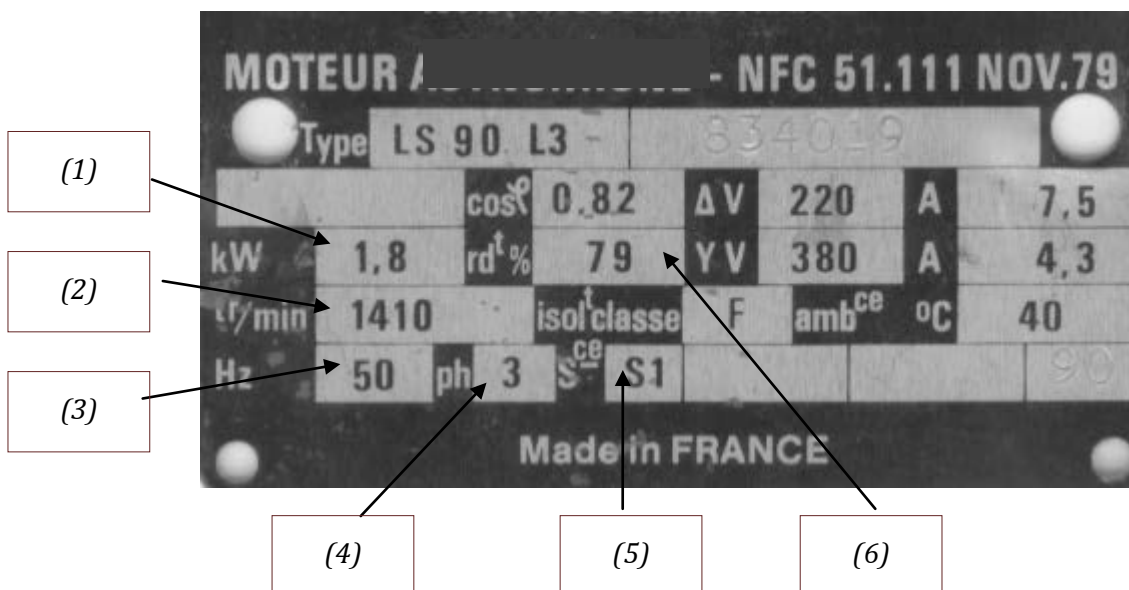
La FEM E en Volt de la machine est donnée par : $E=k.I_e.\Omega_m$ où Ω_m représente la vitesse de rotation de la machine en rd/s.

Question I.11 : Rappeler l'expression du couple électromagnétique C_{em} de la machine.

Question I.12 : Pour un courant moyen $I_{moy}=6.4A$, $I_e=1A$ et $k=0.55$ V/A/rd/s, calculer le couple électromagnétique développé par la machine.

Partie II : Machine à courant alternatif

Soit la plaque signalétique d'une machine à courant alternatif donnée par la figure ci-dessous.



Question II.1 : Donner la signification précise des diverses valeurs indiquées 1 à 6 sur la plaque signalétique (il sera pris en compte la précision de vos réponses).

Question II.2 : De quel type de machine s'agit-il (synchrone ou asynchrone)?

Question II.3 : Déterminer le nombre de paires de poles de la machine

Question II.3 : Calculer le couple nominal de cette machine

Question II.4 : Calculer la puissance électrique active absorbée par la machine. En déduire ses pertes totales en fonctionnement nominal.

Question II.5 : Déterminer la puissance apparente nominale de l'alimentation de ce moteur

Partie III : capteurs

Question III.1 : Expliquer la différence de fonctionnement entre les capteurs passifs et actifs.

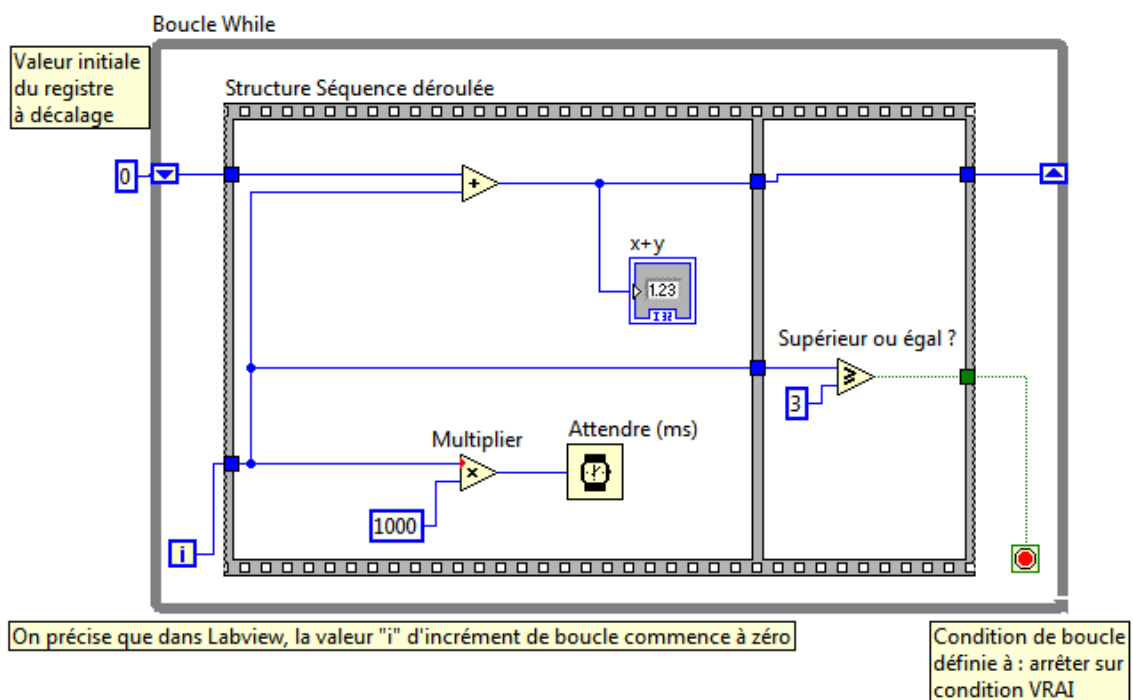
Question III.2 : Expliquer les trois principes physiques suivants utilisés dans les capteurs actifs et donner un exemple d'application de capteur associé à chaque principe.

- a. Effet thermoélectrique :
→ Capteur :
- b. Effet piézo-électrique :
→ Capteur :
- c. Effet d'Induction électromagnétique :
→ Capteur :

Question III.3 : Donner quatre caractéristiques métrologiques d'un capteur.

Question III.4 : Quelle est la fonction d'un conditionneur ?

Partie IV : labview



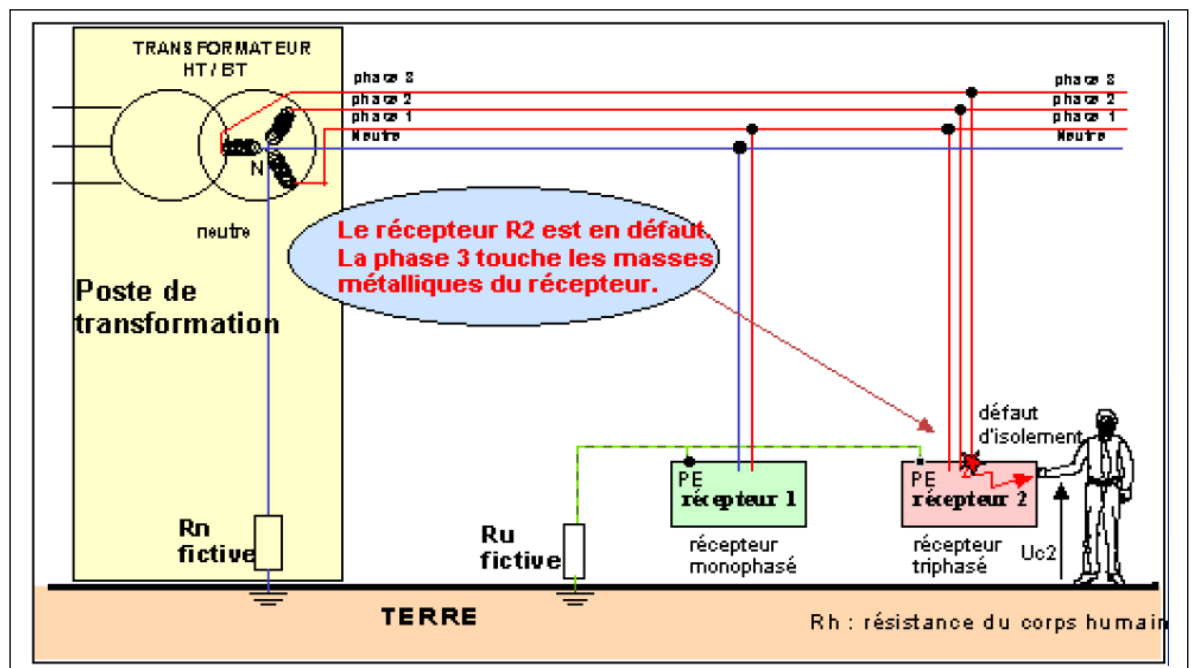
Soit le diagramme du programme Labview de la page précédente :

Question IV.1 : Quelle sera la valeur de l'indicateur (x+y) à la fin de l'exécution de ce programme ?
Expliquer votre réponse

Question IV.2 : Combien de temps durera approximativement cette exécution ? Justifier votre réponse

Partie V : sécurité électrique

On considère l'installation électrique (230V/400V) représentée par la figure ci-dessous :



Question V.1 : De quel type de régime de neutre s'agit-il ? Que symbolisent les 2 lettres en majuscule dans l'expression : « régime IT » ?

Question V.2 : Donner le schéma électrique équivalent de la boucle de défaut. (on négligera les résistances des conducteurs).

Question V.3 : Le local est sec ; la résistance du neutre $R_n = 20 \Omega$, la résistance de terre $R_u = 100 \Omega$; on considère que la résistance R_h du corps humain est égale à 1000Ω ; que valent le courant de défaut I_d et la tension de contact U_{c2} ? Cette dernière est-elle dangereuse pour l'utilisateur ? Expliquer.

Question V.4 : Proposer une solution pour protéger l'utilisateur et justifiez votre réponse.