

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2011

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et technologies industrielles

Spécialité : Génie électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

L'emploi de toutes les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186 du 16-11-1999).

Le sujet comporte 9 pages numérotées de 1 à 9 ; les documents-réponses pages 8 et 9 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de cinq parties qui peuvent être traitées de façon indépendante.

<p>Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements, entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.</p>
--

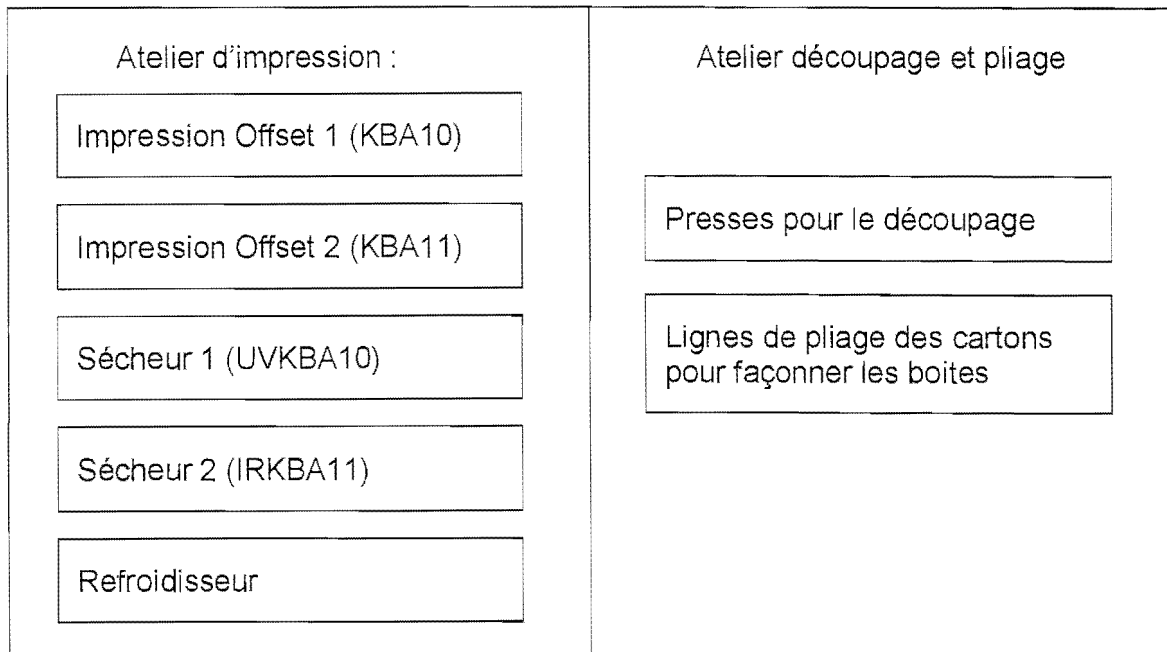
Etude d'un atelier de fabrication d'emballages de médicaments

Une entreprise fabrique des emballages de médicaments pour l'industrie pharmaceutique.

Au cours de l'élaboration de ces emballages, des cartons sont d'abord imprimés ; puis, découpés, pliés et collés pour façonner les boîtes.

La partie fabrication de l'entreprise comporte, entre autres, deux zones :

- une zone comportant des machines d'impression Offset, des sécheurs et un refroidisseur ;
- une zone comportant plusieurs lignes de découpage et de pliage.



Dans la partie A du sujet, on réalise un bilan de puissances d'une partie du sécheur 2 (IRKBA11).

Dans la partie B, on étudie le transformateur alimentant l'atelier d'impression.

Dans les parties C, D et E, on étudie l'entraînement d'une des lignes de pliage et collage des cartons.

Sur cette ligne, les cartons sont entraînés par un convoyeur. Au cours de leur progression, des guides permettent de plier les cartons pour former la boîte. En fin de processus, un pinceau dépose de la colle.

Le convoyeur est entraîné par un moteur asynchrone (MAS) alimenté par un variateur.

Partie C : Etude de deux convertisseurs présents dans le variateur ;

Partie D : Etude du MAS ;

Partie E : Etude du principe de la variation de vitesse du moteur.

Les 5 parties sont indépendantes.

Partie A : Bilan de puissances d'une partie du sécheur 2 (IRKBA11).

Dans cette partie, on suppose que la tension délivrée par le réseau, ainsi que tous les courants sont sinusoïdaux.

Après l'impression, les cartons doivent être empilés les uns sur les autres ; il est donc nécessaire de sécher les encres.

Le séchage est réalisé, entre autres, par un flux d'air chaud. Celui-ci est obtenu par 18 résistances et un ventilateur entraîné par un moteur asynchrone.

L'entreprise décide de revoir l'alimentation électrique des résistances et du moteur asynchrone. Pour cela, il est nécessaire de réaliser un bilan de puissances.

Le schéma de l'installation est représenté à la figure 1 :

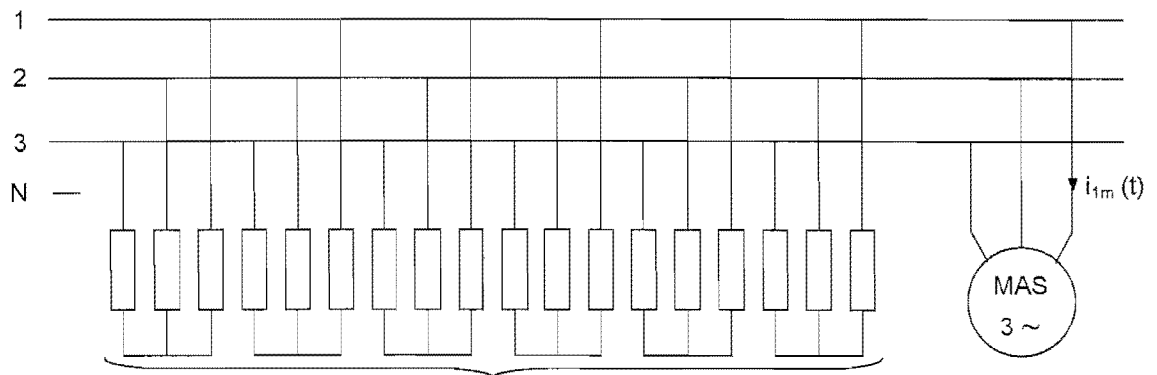


Figure 1 6 ensembles de 3 résistances R couplées en étoile.

L'atelier est alimenté par un réseau triphasé équilibré 400 V - 50 Hz.

On relève sur la plaque signalétique du moteur asynchrone les indications ci-dessous :

400 V / 690 V ; 4 kW ; $\eta = 86\%$; $\cos \varphi = 0,85$

Chaque résistance absorbe 2,4 kW.

Les calculs sont réalisés en considérant que le moteur fonctionne en régime nominal et que toutes les résistances sont alimentées.

A.1. Quel est le couplage du moteur ? Le justifier par un schéma en y indiquant les tensions utiles au raisonnement.

A.2. Calculer la puissance active P_{am} et la puissance réactive Q_{am} absorbées par le moteur.

A.3. Calculer la valeur efficace I_m de l'intensité du courant en ligne $i_{1m}(t)$ appelé par le moteur.

A.4. Calculer la valeur efficace de la tension V_r aux bornes d'une résistance. Calculer la valeur efficace du courant I_r appelé par une résistance R.

A.5. Calculer la puissance active P_T et la puissance réactive Q_T absorbées par l'installation étudiée.

A.6. En déduire, pour l'installation étudiée, la puissance apparente S_T et la valeur efficace I du courant de ligne.

A.7. Calculer le facteur de puissance de l'installation. Est-il nécessaire de le relever ?

A.8. Vérification expérimentale

On a visualisé sur la figure 2 ci-dessous, les évolutions au cours du temps de la tension simple $v_1(t)$ (sur la voie 1) et du courant $i_{1m}(t)$ (sur la voie 4) appelé par le moteur asynchrone. Pour cela, on a utilisé un oscilloscope muni d'une sonde différentielle de tension et d'une sonde de courant.

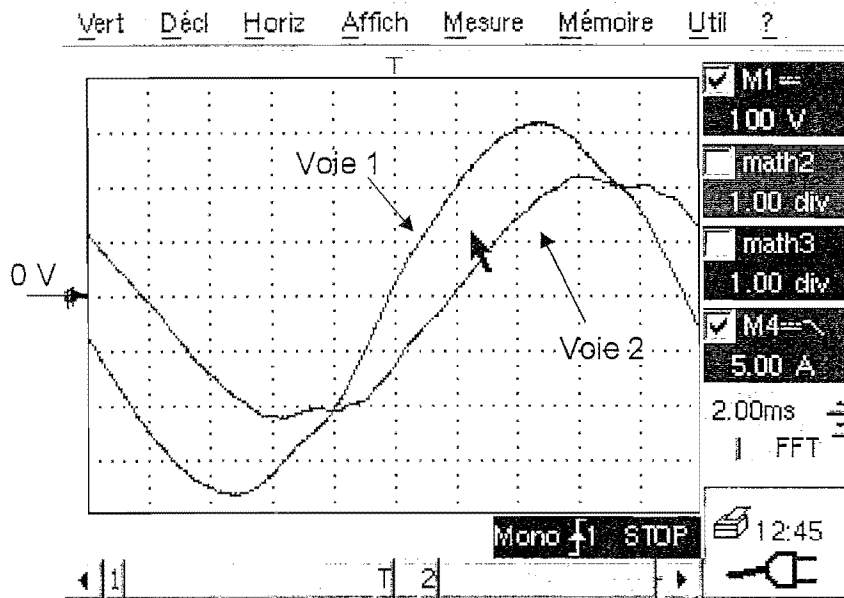


Figure 2

A.8.1. Représenter, sur le document-réponse 1 page 8, le schéma des branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser les évolutions au cours du temps de la tension simple $v_1(t)$ et du courant de ligne $i_{1m}(t)$.

A.8.2. L'oscilloscope a été réglé de manière à compenser les coefficients des sondes, les calibres permettent donc de lire directement les valeurs de $v_1(t)$ et de $i_{1m}(t)$. Relever, sur la figure 2, la valeur maximale V_{1max} de $v_1(t)$ et la valeur maximale I_{1max} de $i_{1m}(t)$.

A.8.3. En déduire la valeur efficace V_1 de $v_1(t)$ et la valeur efficace I_1 de $i_{1m}(t)$ en considérant que $i_{1m}(t)$ est sinusoïdal.

A.8.4. Relever, sur la figure 2, la période T . En déduire la valeur de la fréquence f .

A.8.5. Relever, sur la figure 2, le déphasage $\varphi = \varphi_{v_1} - \varphi_{i_1}$. Justifier son signe.

A.8.6. Calculer la puissance active P'_m du moteur à partir des relevés effectués sur l'écran de l'oscilloscope.

A.8.7. Le moteur a-t-il été bien choisi ? Justifier la réponse.

Partie B : Etude du transformateur alimentant l'atelier d'impression

L'atelier est alimenté par un transformateur triphasé que l'on peut considérer comme trois transformateurs monophasés dont les primaires et les secondaires sont couplés.

Dans cette partie, on étudie un de ces transformateurs monophasés dont les caractéristiques nominales sont les suivantes :

$$20 \text{ kV} / 360 \text{ V} - 50 \text{ Hz} - 333 \text{ kVA}$$

Le transformateur alimenté sous la tension primaire nominale débite dans une charge inductive de facteur de puissance $\cos \varphi_2 = 0,8$ et qui appelle un courant de valeur efficace $I_2 = 935 \text{ A}$.

Le schéma du modèle équivalent du transformateur vu du secondaire est rappelé à la figure 3 :

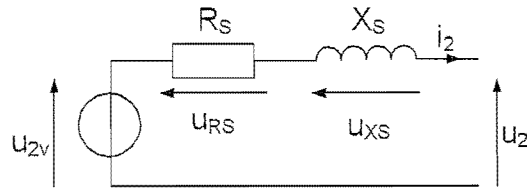


Figure 3

B.1. Expliquer ce que représente physiquement chacun des éléments R_S et X_S .

Pour la suite on prendra : $R_S = 8,3 \text{ m}\Omega$ et $X_S = 21 \text{ m}\Omega$.

B.2. Calculer la valeur de la chute de tension ΔU_2 au secondaire du transformateur, à l'aide de la formule approchée : $\Delta U_2 = R_S I_2 \cos\varphi_2 + X_S I_2 \sin\varphi_2$.

B.3. En déduire la valeur efficace U_2 de la tension au secondaire en charge.

Partie C : Etude de convertisseurs présents dans le variateur

C.1. Généralités

Le variateur réellement utilisé dans l'entreprise est un convertisseur triphasé alternatif/alternatif.

Pour en illustrer le principe, on étudie un variateur monophasé alimentant un enroulement du moteur asynchrone.

Le variateur peut alors être décrit par le schéma équivalent de la figure 4 comportant deux convertisseurs :

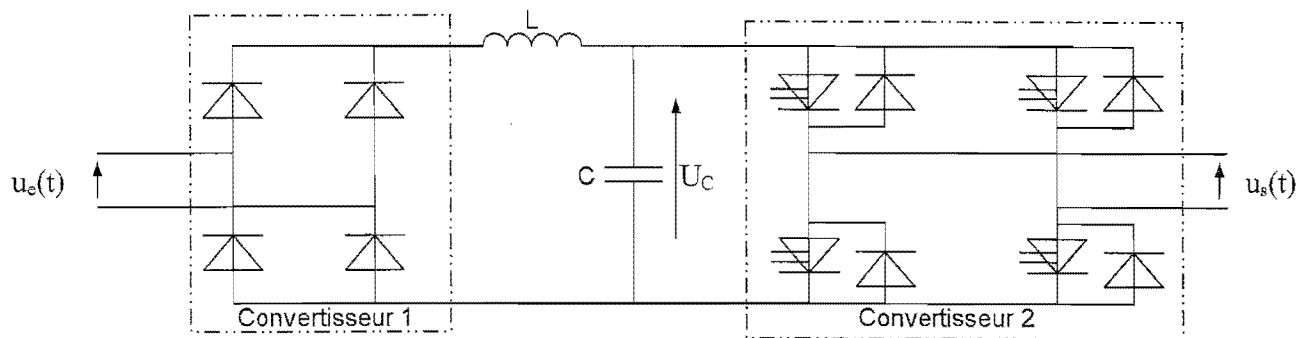


Figure 4

$u_e(t)$ est la tension sinusoïdale du réseau d'entrée : 360 V – 50 Hz

$u_s(t)$ est la tension alternative monophasée de sortie.

Les diodes et les interrupteurs électroniques commandés sont supposés parfaits :

- courant nul lorsqu'ils sont bloqués ;
- tension nulle lorsqu'ils sont passants.

C.1.1. Quel est le nom du convertisseur 1 ? Quel type de conversion réalise-t-il ?

C.1.2. Quel est le rôle du condensateur du filtre LC ?

C.1.3. Quel est le nom du convertisseur 2 ? Quel type de conversion réalise-t-il ?

C.2. Etude du convertisseur 2

Aucune connaissance spécifique à l'onduleur à quatre interrupteurs n'est nécessaire pour traiter cette partie.

On donne à la figure 5, le schéma et les notations du convertisseur 2.

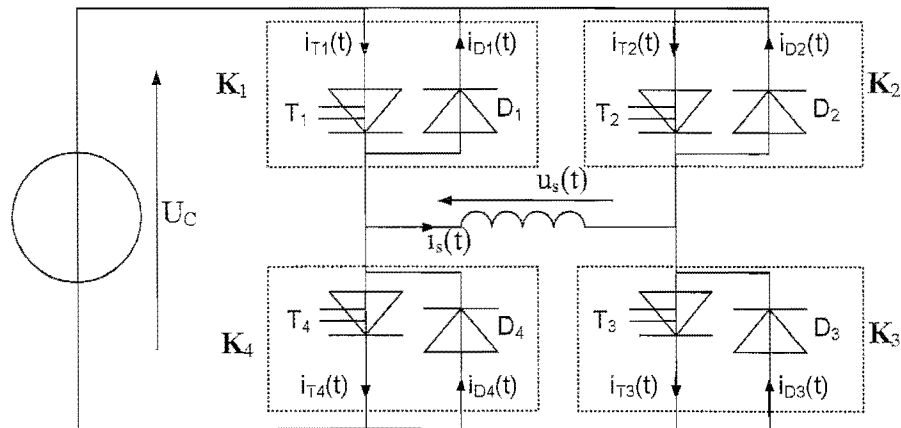


Figure 5 : Convertisseur 2 seul

La tension U_C est une tension continue valant 325 V. La charge est globalement inductive.

On donne, sur le document-réponse 2 page 8, les chronogrammes de $u_s(t)$ et $i_s(t)$ ainsi que les intervalles pendant lesquels les interrupteurs K_1 , K_2 , K_3 et K_4 sont commandés à la fermeture pendant la durée d'une période de fonctionnement.

Sur les chronogrammes du document-réponse 2, on peut remarquer que, sur l'intervalle $[0 ; T/2]$ où K_1 est commandé à la fermeture, $i_s(t)$ change de signe.

C.2.1. Lorsque K_1 est commandé à la fermeture et que $i_s(t)$ est positif, qui de T_1 ou D_1 est passant ?

Lorsque K_1 est commandé à la fermeture et que $i_s(t)$ est négatif, qui de T_1 ou D_1 est passant ?

C.2.2. Tracer sur le document-réponse 2 les courants $i_{T1}(t)$ et $i_{D1}(t)$.

C.2.3. Tracer $u_s^2(t)$ sur la copie, puis calculer la valeur efficace U_s de la tension $u_s(t)$ grâce à ce graphique.

C.2.4. Préciser l'appareil (ampèremètre ou voltmètre), son type (RMS ou non) et son réglage (en position DC, AC ou AC+DC) qui permette de mesurer la valeur efficace U_s .

Partie D : Etude du moteur

Les grandeurs caractéristiques du moteur asynchrone qui entraîne la machine de pliage sont les suivantes :

230 V / 400 V ; $I_n = 40,7$ A ; $\cos \varphi_n = 0,84$; $n_N = 1470$ tr/min lorsque $f = 50$ Hz.

Dans cette partie, le moteur est alimenté par un réseau triphasé 230 V / 400 V – 50 Hz.

De plus, on suppose que toutes les pertes sont négligées sauf les pertes par effet Joule au rotor.

D.1. Déterminer la fréquence de rotation synchrone n_s et le nombre de pôles.

D.2. Exprimer puis calculer le glissement nominal g_N .

D.3. Exprimer puis calculer, pour le fonctionnement nominal :

- D.3.1. la puissance absorbée P_{aN} par le moteur ;
- D.3.2. la puissance transmise P_{tN} au rotor ;
- D.3.3. les pertes par effet Joule au rotor $P_{JR N}$;
- D.3.4. la puissance utile P_{uN} ;
- D.3.5. le couple utile T_{uN} ;
- D.3.6. le rendement η .

Partie E : Etude du principe de la variation de vitesse du moteur

Les différentes boîtes réalisées sur la machine ont des dimensions différentes. Entre chaque série de fabrication, il est nécessaire de procéder à des réglages de la machine. Ces réglages sont réalisés avec des vitesses très lentes. On doit donc pouvoir faire varier la vitesse du groupe.

Le moteur entraînant le convoyeur est alimenté par un variateur de vitesse maintenant le rapport U/f constant.

Lorsque le variateur délivre un système de tensions triphasées 400 V - 50 Hz, le couple utile du moteur est à sa valeur nominale $T_{uN} = 140$ N.m pour la fréquence de rotation $n_N = 1470$ tr/min.

On rappelle que la partie utile de la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ d'un moteur asynchrone est une droite.

La charge entraînée par le moteur impose un couple T_r constant et égal à 100 N.m.

E.1. Fonctionnement à $f_1 = 50$ Hz :

- E.1.1. Tracer, sur le document-réponse 3 page 9, la caractéristique mécanique de la charge $T_r = f(n)$.
- E.1.2. Donner la fréquence de synchronisme n_{s1} .
- E.1.3. Tracer, sur le document-réponse 3 page 9, la caractéristique $T_{u1} = f(n)$ à $f = 50$ Hz.
- E.1.4. Quelle est la valeur du couple utile et la fréquence de rotation du groupe en régime permanent ?

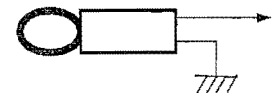
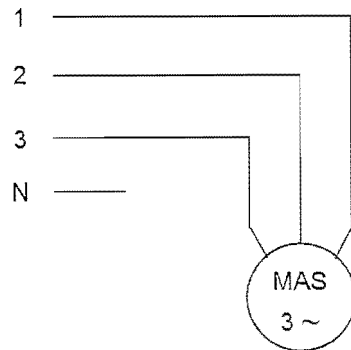
E.2. Fonctionnement à $f_2 = 40$ Hz :

- E.2.1. Quelle est la valeur efficace U_2 d'une tension composée délivrée par le variateur ?
- E.2.2. Calculer la fréquence de synchronisme n_{s2} .
- E.2.3. Tracer sur le document-réponse 3 page 9 la caractéristique $T_{u2} = f(n)$ à $f = 40$ Hz.
- E.2.4. Quelle est la valeur du couple utile et la vitesse de rotation du groupe en régime permanent ?

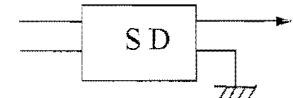
E.3. On désire obtenir une fréquence de rotation $n_3 = 1000$ tr/min :

- E.3.1. Placer le point de fonctionnement P_3 sur le document réponse 3 page 9.
- E.3.2. Tracer sur le document-réponse 3 page 9 la caractéristique $T_{u3} = f(n)$.
- E.3.3. Déterminer la fréquence de synchronisme n_{s3} .
- E.3.4. En déduire la fréquence f_3 et la valeur efficace U_3 d'une tension composée délivrée par le variateur.

Document réponse 1 : Question A.8.1.

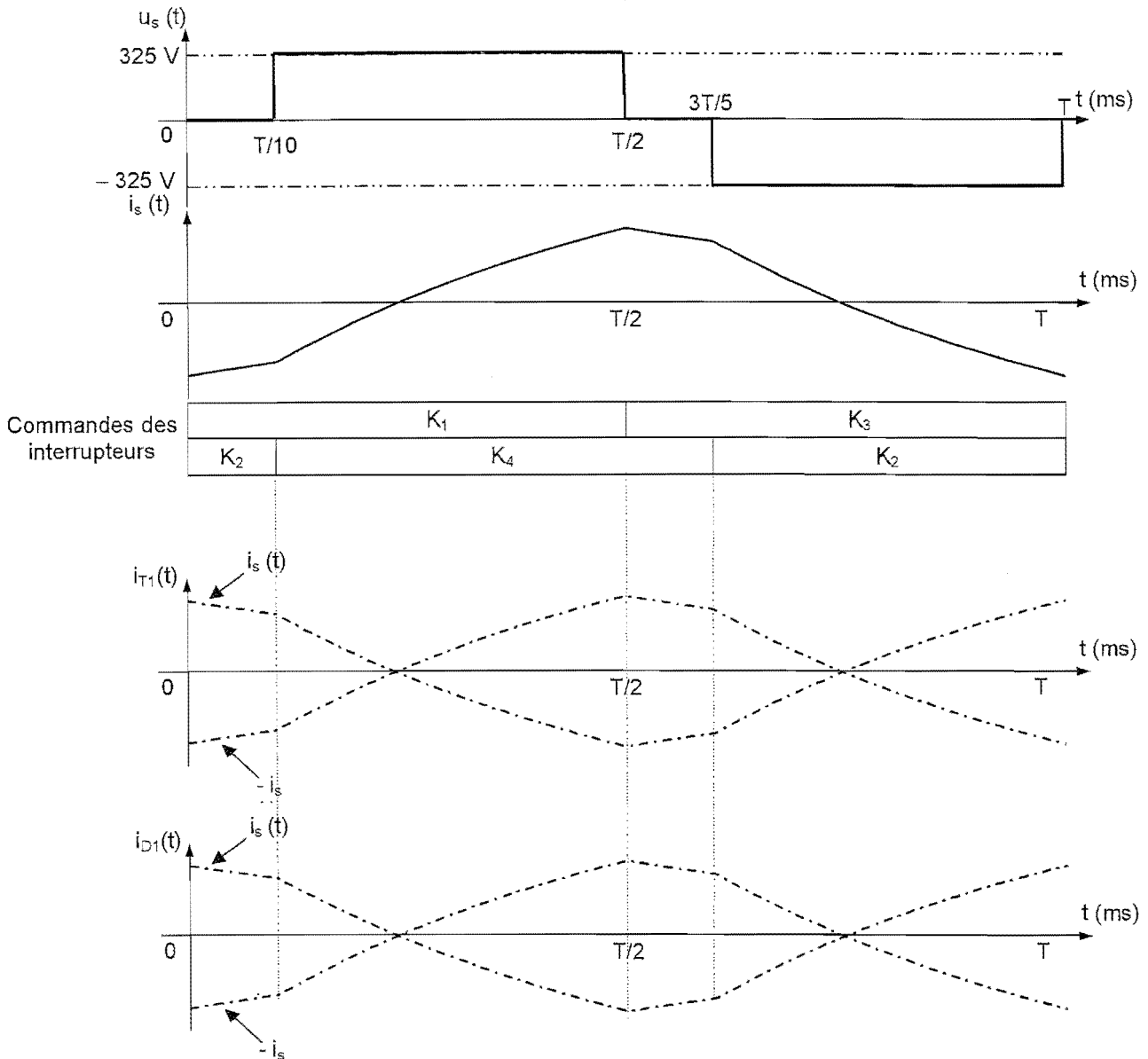


Symbole de la sonde de courant



Symbole de la sonde différentielle de tension

Document réponse 2



Document réponse 3 : Partie E

