Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2012, filière TSI

Technologies et sciences industrielles : génie électrique

Ce que traite le sujet

- Présentation
- Partie I - Analyse de la commande du moteur thermique
- Partie II - Dimensionnement du convertisseur DC/DC placé entre BAT8 et les onduleurs CV7 et CV9
- Partie III - Détermination de l'état de charge de la batterie

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2012/genie-electrique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

VEHICULE HYBRIDE

Présentation :

Dans le but d'économiser les énergies fossiles et réduire les émissions de gaz nocifs, le système de propulsion hybride constitue une alternative intéressante à la propulsion classique par moteur thermique seul car il permet de réduire la consommation.

Comme le montre la figure 1, la motorisation hybride, nommée ***HSD*** (***H**ybrid **S**ynergy **D**rive*) repose sur l'association, à bord d'un même véhicule, d'un *moteur électrique* et d'un *moteur à essence* ; ce qui permet de conserver un excellent niveau de performances dynamiques, tout en diminuant sensiblement la pollution en milieu urbain, grâce à une gestion énergétique optimisée.

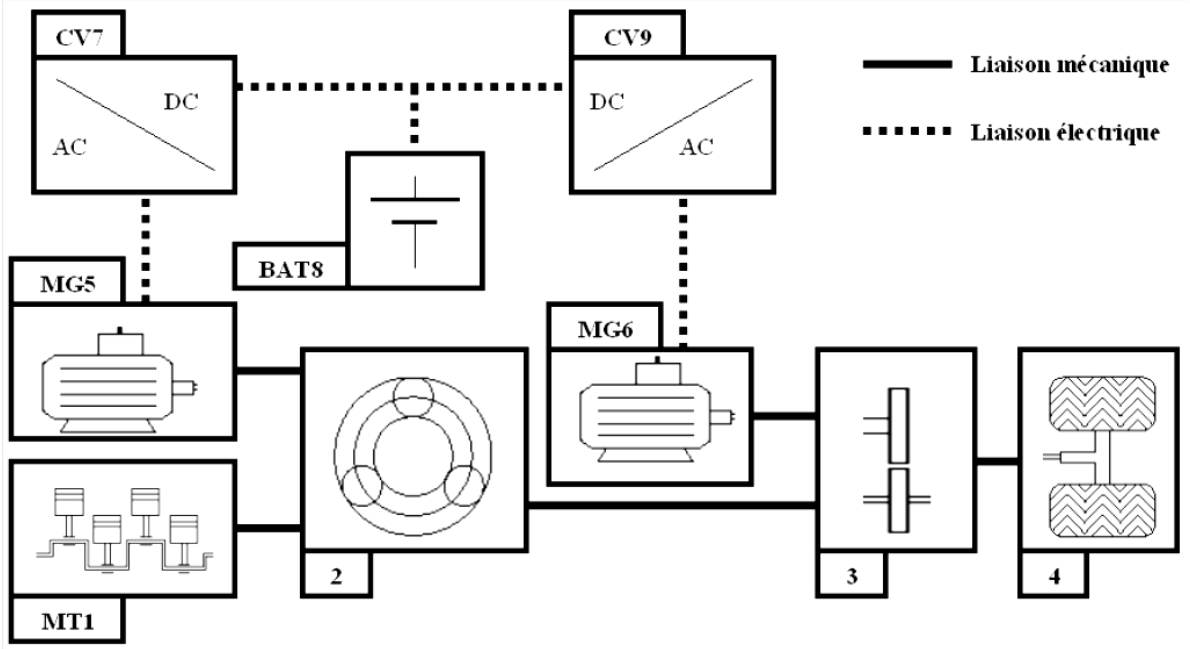


Figure 1 - Chaîne simplifiée de transmission des énergies.

Tableau 1 :

MT1	Moteur à essence, puissance utile de **57 KW 5000 tr/min**
2	Répartiteur de puissance (train épicycloïdal)
3	Réducteur + différentiel
4	Roues motrices directrices (train avant)
MG5	Machine électrique permettant le démarrage du moteur **MT1** et la recharge de la batterie **BAT8**. Puissance utile nominale **= 18 kW** (mode moteur)
MG6	Machine électrique permettant de fournir de l'énergie aux roues ou de recharger la batterie **BAT8**.
CV7	Convertisseur **AC/DC** réversible.
BAT8	Batterie d'accumulateurs Nickel-Métal hydrure. Tension Nominale **= 200V**.
CV9	Convertisseur **AC/DC** réversible.

Un calculateur sélectionne le meilleur mode opératoire en fonction de n'importe quelle situation. Il opte pour la propulsion électrique seule (moteur thermique arrêté) lorsque cela est possible ou pour une répartition entre propulsion électrique et thermique lorsque cela est nécessaire. La batterie se recharge automatiquement grâce au moteur essence mais aussi lors des décélérations ou du freinage.

Partie I - Analyse de la commande du moteur thermique :

Objectif:

Concevoir la loi combinatoire de mise en marche du moteur thermique et déterminer les paramètres de l'asservissement associé en mode hybride.

La gestion optimale des modes de fonctionnement du système hybride (paragraphe **I.B**) permet d'optimiser la consommation d'énergie chimique.

La vitesse du moteur thermique est asservie (par le biais d'un asservissement de la vitesse de la génératrice) à des valeurs optimales définies par le calculateur (paragraphe **I.C**). Le moteur est ainsi exploité à son rendement maximal.

I.A - Présentation des modes de fonctionnement :

Dans la suite les notations simplifiées **ME**, **MT** et **GE** désignent respectivement le moteur électrique, le moteur thermique, et la génératrice électrique.

Il existe quatre modes principaux de fonctionnement du véhicule hybride :

Tableau 2 :

Mode	Commentaires
Mode **1** : tout électrique	Le moteur électrique entraîne le véhicule en puisant l'énergie électrique dans la batterie. Le moteur thermique est généralement arrêté.
Mode **2** :hybride	Le moteur thermique entraîne le véhicule. La puissance du moteur thermique en fonctionnement se répartit dans le train épicycloïdal entre : • la puissance directement transmise aux roues ; • la puissance transmise à la génératrice qui alimente alors directement le moteur électrique.
Mode **3** : récupération d'énergie	Le moteur électrique, entraîné par le véhicule, récupère une partie de l'énergie cinétique et la convertit en énergie électrique qui recharge la batterie.
Mode **4** : mode mixte	Le moteur électrique et le moteur thermique entraînent le véhicule, lors de fortes accélérations. Dans ce mode, le moteur électrique est alimenté non seulement par l'énergie délivrée par la génératrice mais aussi par la batterie, ce qui correspond au cumul des deux modes **1** et **2**. Ce mode de fonctionnement ne sera pas étudié ici.

I.B - Détermination d'une loi simplifiée de mise en marche du moteur thermique :

Les **paramètres de contrôle** du système **HSD** sont :

- Les variables binaires d'entrée contrôlées par le conducteur :
  - la consigne, notée ***EV***, permettant au conducteur de privilégier un fonctionnement « Tout Électrique » jusqu'à une vitesse de **50Km/h**;
  - le Sélecteur de Marche Avant (***MA* = 1** si enclenché, **0** sinon), Arrière ou Point Mort ;
  - $\boldsymbol{P_{tot}}$, associée à la position de la pédale d'accélérateur qui traduit la valeur de la puissance motrice, à laquelle il faut rajouter la puissance demandée par les composants auxiliaires pour obtenir la puissance totale. $\boldsymbol{P_{tot}}$ **=1** signifie que la puissance demandée est supérieure à **6 KW**.
  - $\boldsymbol{F_r}$, associée à l'appui sur la pédale de frein ; $\boldsymbol{F_r}$ **= 1** indique un appui sur cette pédale.

- Les variables binaires de fonctionnement :
  * V_e, associée à la vitesse du véhicule ; $V_e = 1$ signifie que la vitesse est supérieure à **50Km/h**;
  * T_e, associée à la température de l'eau du moteur ; $T_e = 1$ correspond à une température de l'eau supérieure à **50°C** (Il faut environ **20** minutes à un moteur thermique pour se refroidir).

Les conditions de fonctionnement du moteur thermique sont :

- arrêt impératif à l'arrêt du véhicule et en marche arrière ;
- l'appui sur le bouton EV ($EV = 1$) interdit toute mise en route du moteur thermique si la vitesse du véhicule est inférieure à **50Km/h** ;
- si la puissance demandée totale dépasse **6 KW**, le moteur thermique doit se mettre en marche, sauf si $EV = 1$ **;**
- si la vitesse du véhicule est supérieure à **50Km/h**, le moteur thermique est en marche sauf si la pédale de frein est actionnée ;
- si la température de l'eau du moteur est inférieure à **50°C**, le moteur thermique doit se mettre en marche (pour conserver un bon rendement au redémarrage), sauf si $EV = 1$;
- l'appui sur la pédale de frein arrête le moteur thermique, sauf si la température de l'eau du moteur est inférieure à **50°C** ;
- la puissance demandée par les composants auxiliaires ne dépasse pas **4 KW** au maximum.

I.B.1) Compléter le tableau de Karnaugh (tableau **5** du document réponse) relatif aux quatre variables d'entrée P_{tot}, F_r, V_e et T_e en mettant en évidence les configurations d'entrée impossibles. En déduire une expression simplifiée de la mise en marche du moteur thermique, notée MT_1, en fonction des quatre variables précédentes.
I.B.2) Analyser les conditions de mise en marche avec les variables MA et EV et en déduire l'expression complète de MT en fonction des six variables d'entrée.
I.B.3) Identifier, sur la figure **9** du document réponse, les différents modes de fonctionnement du système **HSD** au cours du temps. On adoptera pour simplifier : $MA = 1$, $EV = 0$ et $T_e = 1$.

I.C - Contrôle de la vitesse du moteur thermique en fonctionnement hybride :

En mode hybride, la vitesse de rotation du moteur thermique est réglée afin de le faire fonctionner à son rendement maximum. Ce contrôle ne pouvant être réalisé au niveau du papillon des gaz, c'est un asservissement en vitesse de la génératrice qui permet de contrôler l'ensemble des autres vitesses de rotation.
La consommation du véhicule est directement liée aux qualités de cet asservissement. Cette partie s'intéresse à la justification et au dimensionnement d'un correcteur approprié.

Les performances attendues de cet asservissement sont les suivantes :

Tableau 3 :

Critères	Niveaux
Précision	Écart en régime permanent : • nul vis-à-vis d'une commande en échelon du type $\omega_{GE}^{c}(t) = \omega_0 u(t)$, ω_0 constante, et $u(t)$ la fonction échelon unité ; • nul vis-à-vis d'une perturbation constante du type $c_{MT}(t) = C_0 u(t)$, C_0 constante.
Rapidité	Pulsation de coupure à **0dB** de la $FTBO$: $\omega_{0dB} = 1,5$ rad/s
Stabilité	Marge de phase $M_\varphi > 45°$

Un asservissement (non étudié ici) régule le courant dans la génératrice. Ainsi, les comportements mécanique et électrique de la génératrice se modélisent par le schéma bloc de la figure **2** où $\boldsymbol{C_{MT}}$ est assimilé à une perturbation extérieure.

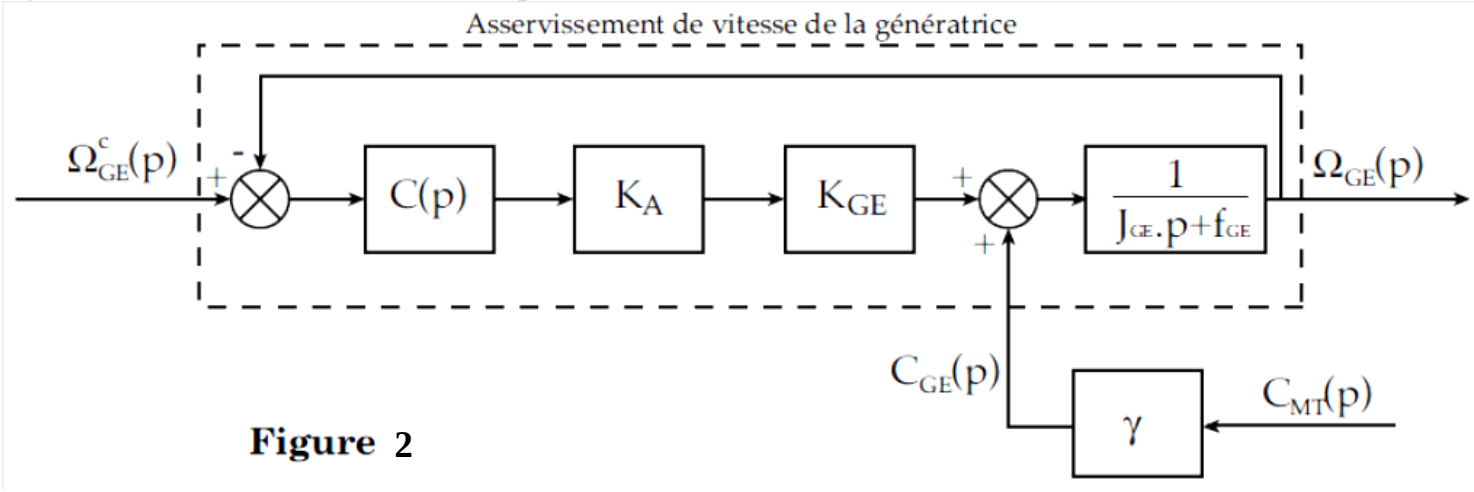


Figure 2

Avec : $\boldsymbol{K_{GE} = 2\ \text{N.m/A}\ ;\ K_A = 0,5\ \text{A/V};\ J_{GE} = 0,2\ \text{Kg.m}^2\ ;\ f_{GE} = 0,05\ \text{N.m.s}}$ **et** $\boldsymbol{\gamma = 0{,}28}$

I.C.1) Déterminer l'expression de $\boldsymbol{\Omega_{GE}(p)}$ en fonction de $\boldsymbol{\Omega^c_{GE}(p)}$ et de $\boldsymbol{C_{MT}(p)}$.
I.C.2) Expliquer pourquoi un asservissement avec correction unitaire $(\boldsymbol{C(p) = 1})$ne permet pas de satisfaire le cahier des charges (tableau **3**).

I.D - Correction intégrale :

Le premier correcteur envisagé est un correcteur intégral, tel que : $\boldsymbol{C(p) = C_1(p) = \frac{K_i}{p}}$

Le diagramme de Bode de la fonction : $\boldsymbol{R(p) = \frac{1}{p}\frac{K_A K_{GE}}{(J_{GE}.p+f_{GE})}}$ est fourni dans le document réponses figure **10**.

I.D.1) Justifier que ce correcteur ne permet pas de satisfaire l'ensemble des critères du cahier des charges (tableau **3**).

I.E - Correction Intégrale associée à une correction à avance de phase :

La fonction de transfert du second correcteur envisagé est notée :

$\boldsymbol{C(p) = \frac{K_i}{p}\frac{1+T.p}{1+\alpha.T.P} = C_1(p).C_2(p)}$ avec $\boldsymbol{\alpha < 1}$ et $\boldsymbol{C_1(p) = \frac{K_i}{p}}$ et $\boldsymbol{C_2(p) = \frac{1+T.p}{1+\alpha.T.P}}$

Le diagramme de Bode du correcteur $\boldsymbol{C_2(p)}$ est donné figure **3**.

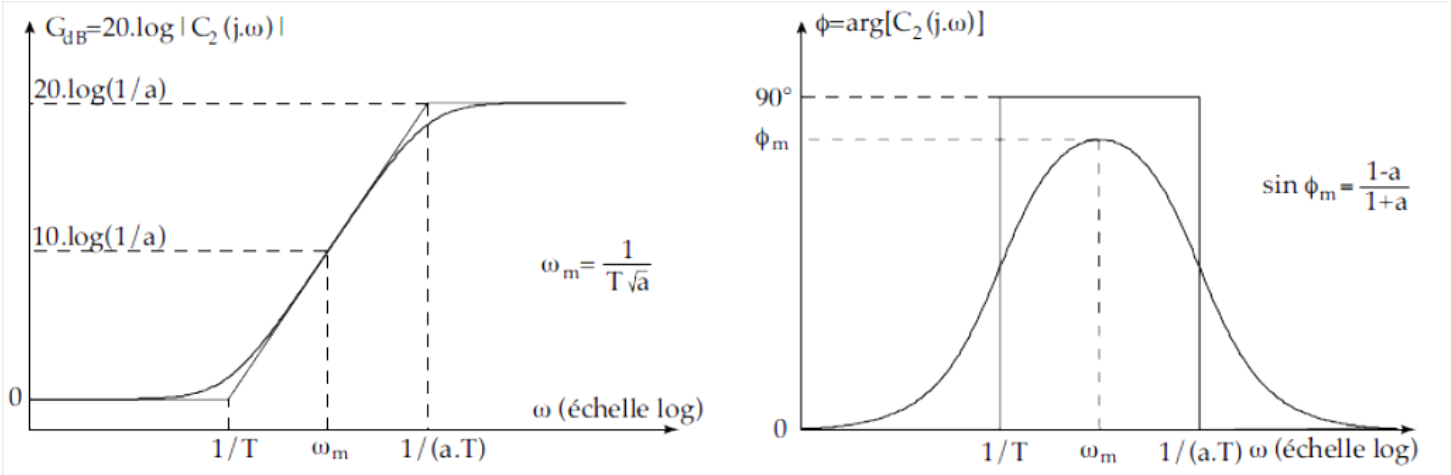


Figure 3

Afin d'apporter le maximum de marges de stabilité, on décide de placer ω_m en ω_{0dB}.

I.E.1) Déterminer φ_m pour que la marge de phase soit effectivement de **45°**. En déduire la valeur de α et de **T**. (On pourra se servir du diagramme de Bode de ***R*(p)** fourni dans le document réponses figure **10**).

I.E.2) Déterminer finalement K_i pour que la pulsation ω_{0dB} soit effectivement la pulsation de coupure à **0 dB**.

I.E.3) Que pensez-vous de la marge de gain du système ?

I.E.4) Conclure sur les capacités du correcteur à satisfaire l'ensemble des critères du cahier des charges (tableau **3**).

Partie II - Dimensionnement du convertisseur DC/DC placé entre *BAT8* et les onduleurs *CV7* et *CV9* :

Dans les premières versions de voitures hybrides, les convertisseurs ***CV7*** et ***CV9*** étaient directement reliés à la batterie (figure **1**). Dans les versions récentes, le constructeur a intercalé un convertisseur ***DC/DC*** entre la batterie et les convertisseurs ***CV7*** et ***CV9***.

*Objectif : déterminer les caractéristiques des interrupteurs utilisés pour réaliser le convertisseur **DC/DC**. Ce convertisseur permet d'obtenir une tension d'alimentation des onduleurs **CV7**et **CV9** de **500 V** à partir d'une tension aux bornes de la batterie **BAT8** comprise entre **150 V** et **260 V**.*

II.A - Choix de la structure du convertisseur :

II.A.1) Mettre en évidence l'intérêt de la présence du convertisseur ***DC/DC***. Quelles doivent être ses propriétés nécessaires de réversibilité ?

Le convertisseur, choisi, a la structure proposée sur la figure **4**.

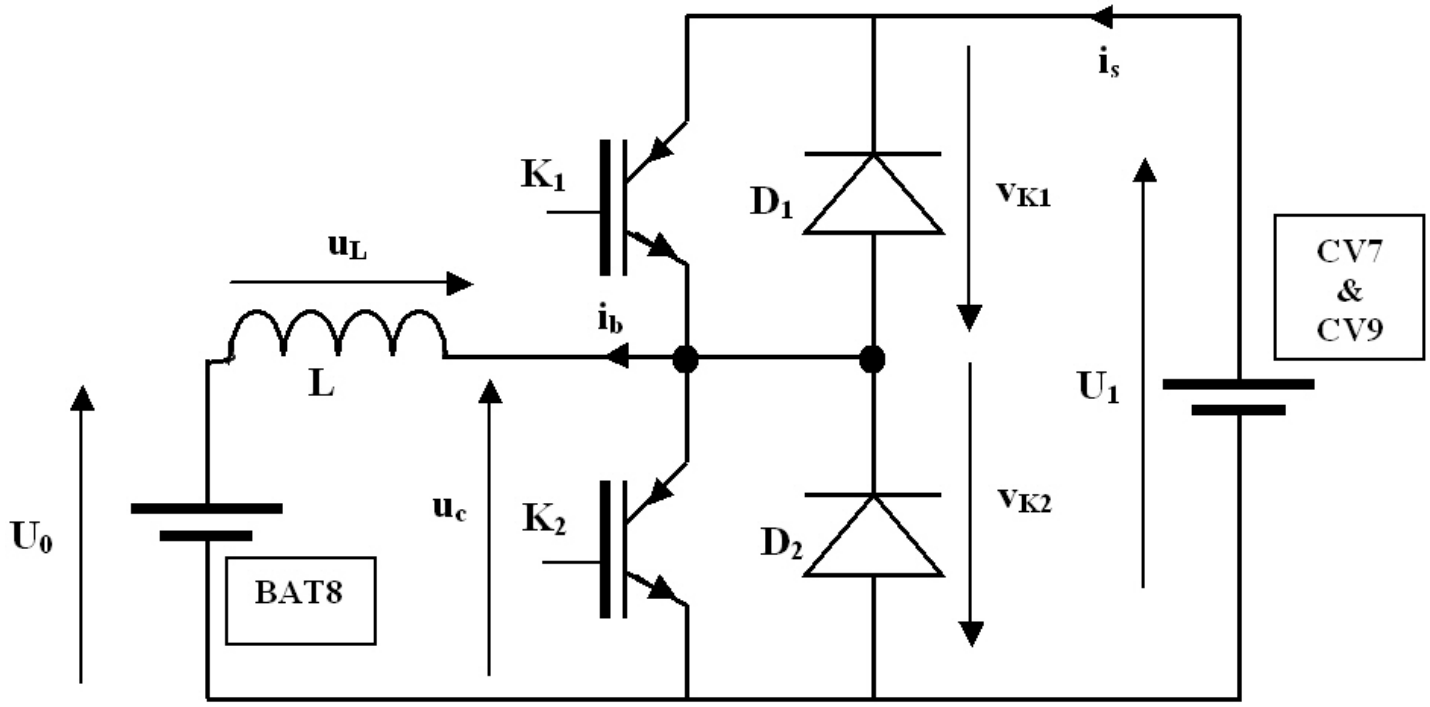


Figure 4 - Structure du convertisseur DC/DC

Les interrupteurs K_1 et K_2 sont des (**I**nsulated **G**ate **B**ipolar **T**ransistor : **IGBT**). La période du signal de commande des interrupteurs K_1 et K_2 est T_h **= 50µs.** L'interrupteur K_1 est commandé à la fermeture de l'instant **t = 0** à l'instant $t = \alpha.T_h$, puis à l'ouverture de l'instant $t = \alpha.T_h$ à l'instant $t = T_h$. La commande de l'interrupteur K_2 est complémentaire de la commande de l'interrupteur K_1.

Les caractéristiques des **IGBT** et des diodes sont données figure **5**.

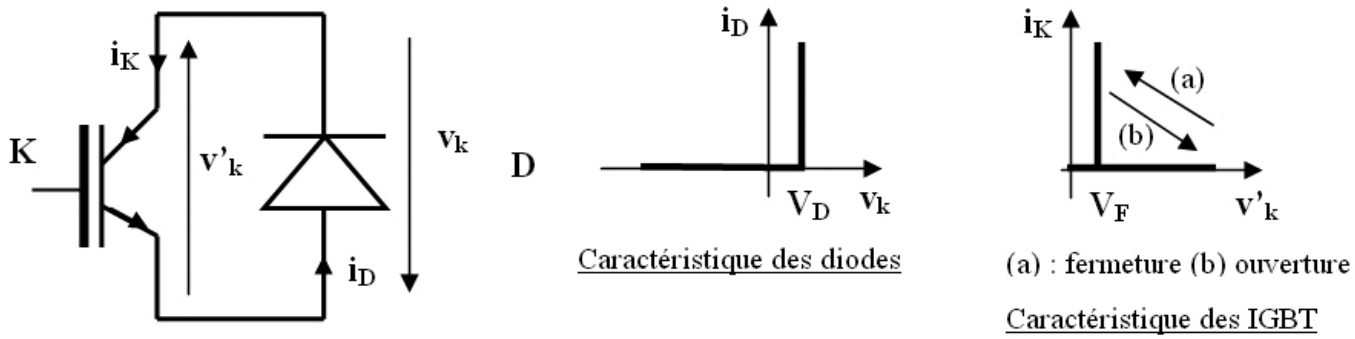


Figure 5 - Caractéristiques des diodes et des IGBT

Tous les interrupteurs sont considérés comme idéaux où $\mathbf{V_D = 0\ V}$ et $\mathbf{V_F = 0\ V}$.
La tension $\mathbf{U_1}$ est une tension continue constante de **500 V**. La tension $\mathbf{U_0}$ est la tension continue mesurée aux bornes de la batterie. Cette tension dépend de la température de la batterie, de la quantité d'électricité stockée dans la batterie et de la valeur moyenne du courant $\boldsymbol{i_b}$.
On donne **150 V < U0 < 260 V**.
On adopte l'hypothèse de la conduction continue dans ***BAT8***. De plus pendant une période de hachage, le courant $\boldsymbol{i_b}$ est soit strictement positif, soit strictement négatif.

II.B - Choix des interrupteurs : détermination des contraintes en tension :

Pour les questions **II.B.1** à **II.B.4**, on peut remplacer l'association (IGBT // Diode) par un interrupteur afin de faciliter l'étude ; distinguer clairement les cas $\boldsymbol{i_b > 0}$ et $\boldsymbol{i_b < 0}$.

II.B.1) Pour $\boldsymbol{0 \leq t \leq \alpha.T_h}$ donner les expressions des grandeurs $\boldsymbol{u_C(t)}$, $\boldsymbol{v_{K1}(t)}$, $\boldsymbol{v_{K2}(t)}$ et $\boldsymbol{u_L(t)}$ en fonction de $\mathbf{U_1}$ **et** $\mathbf{U_0}$**.**

II.B.2) Pour $\boldsymbol{\alpha.T_h \leq t \leq T_h}$ donner les expressions des grandeurs $\boldsymbol{u_C(t)}$, $\boldsymbol{v_{K1}(t)}$, $\boldsymbol{v_{K2}(t)}$ et $\boldsymbol{u_L(t)}$ en fonction de $\mathbf{U_1}$, $\mathbf{U_0}$**.**

II.B.3) Déterminer l'expression de $< \boldsymbol{u_C} >$ en fonction de $\boldsymbol{\alpha}$, $\mathbf{U_1}$.

II.B.4) Déterminer l'expression de $< \boldsymbol{u_C} >$ en fonction de $\mathbf{U_0}$. Exprimer alors $\boldsymbol{\alpha}$ en fonction de $\mathbf{U_0}$, $\mathbf{U_1}$.

II.B.5) Donner la plage de variation du rapport cyclique $\boldsymbol{\alpha}$ **(150 V < U0 < 260 V)**.

II.B.6) Compte-tenu des réponses précédentes, indiquer les valeurs numériques maximales des tensions qui participent au choix des composants $\mathbf{K_1}$, $\mathbf{D_1}$, $\mathbf{K_2}$ et $\mathbf{D_2}$.

II.C - Dimensionnement de la bobine de lissage :

On garde l'hypothèse d'interrupteurs idéaux, si bien que quelle que soit la valeur de $\boldsymbol{i_S}$, on a la relation $\mathbf{U_0 = \alpha.U_1}$. À $\mathbf{t = 0}$, $\boldsymbol{i_b = I_{b0}}$.

II.C.1) Pour $\boldsymbol{0 \leq t \leq \alpha.T_h}$ établir l'expression de $\boldsymbol{i_b}$**(t)** en fonction de $\mathbf{U_1}$, $\boldsymbol{\alpha}$, $\mathbf{I_{b0}}$ et **L**.

II.C.2) Établir l'expression de l'ondulation $\boldsymbol{\Delta I_b = (i_b)_{maxi} - (i_b)_{mini}}$ en fonction de $\mathbf{U_1}$, $\boldsymbol{\alpha}$, $\mathbf{T_h}$ et **L**.

II.C.3) Montrer que l'ondulation $\boldsymbol{\Delta I_b}$ est maximale pour une certaine valeur de $\boldsymbol{\alpha}$ notée $\boldsymbol{\alpha_1}$. Déterminer la valeur de $\boldsymbol{\alpha_1}$ et établir l'expression de $\boldsymbol{\Delta I_b(\alpha_1)}$.

La durée de vie et la quantité d'électricité que l'on peut stocker dans les batteries de type ***NiMH*** dépendent beaucoup de la valeur de l'ondulation du courant $\boldsymbol{i_b}$. Afin d'obtenir une durée de vie de la batterie d'environ **150 000 Km**, on souhaite limiter l'ondulation de ce courant à **2A** maximum, quel que soit le mode de fonctionnement de la batterie.

II.C.4) Calculer la valeur minimale de l'inductance **L** de la bobine de lissage.

II.D - Choix des interrupteurs : détermination des contraintes en courant :

Pour cette question, les hypothèses émises à la question **II.C** sont toujours valides. On néglige l'ondulation du courant i_b**(t)**. D'où $i_b = I_b$ avec $-200\ A \leq I_b \leq 80\ A$.

II.D.1) Pour $0 \leq t \leq T_h$ dessiner sur la figure **11** du document réponse $i_{D1}(t)$, $i_{K1}(t)$, $i_{K2}(t)$ et $i_{D2}(t)$ pour $\alpha = 0{,}45$. L'orientation des courants est indiquée figure **5** et figure **4**. Envisager les cas $I_b > 0$ puis $I_b < 0$.

II.D.2) À partir de la réponse à la question **II.D.1**, déterminer les valeurs efficaces et moyennes des courants $i_{D1}(t)$, $i_{K1}(t)$, $i_{K2}(t)$ et $i_{D2}(t)$ en fonction de α et de I_b.

II.D.3) Compte-tenu des réponses aux questions **II.B.5** et **II.D.2**, indiquer les valeurs numériques maximales des courants moyens qui participent au choix des composants K_1, D_1, K_2 et D_2.

II.E - Choix des interrupteurs : détermination des références :

Le constructeur de composants a développé des modules **IGBT** qui regroupent dans un même boîtier les composants K_1, D_1, K_2 et D_2.

Les caractéristiques principales des modules sont :

V_{CES}	tension collecteur-émetteur maximale
I_C	courant collecteur moyen maximal pour l'**IGBT**
I_E	courant direct moyen pour la diode
I_{CM}	courant crête maximal pour l' **IGBT**
I_{EM}	courant crête maximal pour la diode

Tableau 4 :

V_{CES} en V	I_C en A				
	100	150	200	300	400
600	----	CM 150 – DY12NF	CM 200 – DY12NF	CM 300 – DY12NF	CM 400 – DY12NF
1200	CM 100 – DY24NF	CM 150 – DY24NF	CM 200 – DY24NF	CM 300 – DY24NF	CM 400 – DY24NF

Pour tous les modules du tableau $I_E = I_C$ et $I_{EM} = I_{CM} = 2I_C$.

II.E.1) En prenant un coefficient de sécurité de **1,1** sur les tensions et de **1,2** sur les courants, choisir le module qui convient à l'application étudiée.

Partie III - Détermination de l'état de charge de la batterie :

Objectif : *mesurer les paramètres permettant de détecter l'état de charge de la batterie. Mettre en forme les signaux de mesure.*

L'état de charge de la batterie est un paramètre déterminant dans le choix du mode de fonctionnement de la motorisation hybride. Hélas, l'état de charge n'est pas lié directement de manière univoque a un paramètre mesurable, il est nécessaire de travailler avec trois grandeurs : la tension, la température, et le courant. La lecture de la tension, corrigée pour tenir compte de l'influence du courant de charge ou de décharge et de la température d'après des courbes types entrées dans la mémoire de l'unité de contrôle, permet de déterminer à quelques pour-cent près l'état de charge de la batterie.

III.A - Étude du capteur de température T (figure 6) :

Une thermistance (R_{th}) placée à l'intérieur de la batterie permet de mesurer la température. Un montage à base d'amplificateurs linéaires intégrés, supposés parfaits, permet d'obtenir une tension v_{th} quasi proportionnelle à la température. Les amplificateurs linéaires intégrés sont alimentés à partir d'une source de tension continue unipolaire $V_{CC} = +12\ V$.

Plage de mesure : $-10°C < T < 40°C$.

***Cahier des charges* : V_{th} = 0** pour T = - 10°C et V_{th} = 10 pour T = + 40°C.

Le signal v_{th} est ensuite transmis à l'unité de contrôle où il sera converti en une grandeur numérique.

$$R_{th} = 10^4 . e^{3380(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{25+273})}$$ R_{th} en **Ω** et T en **°C.**

Courant maximal : **0,4 mA** (T = 25 °C).

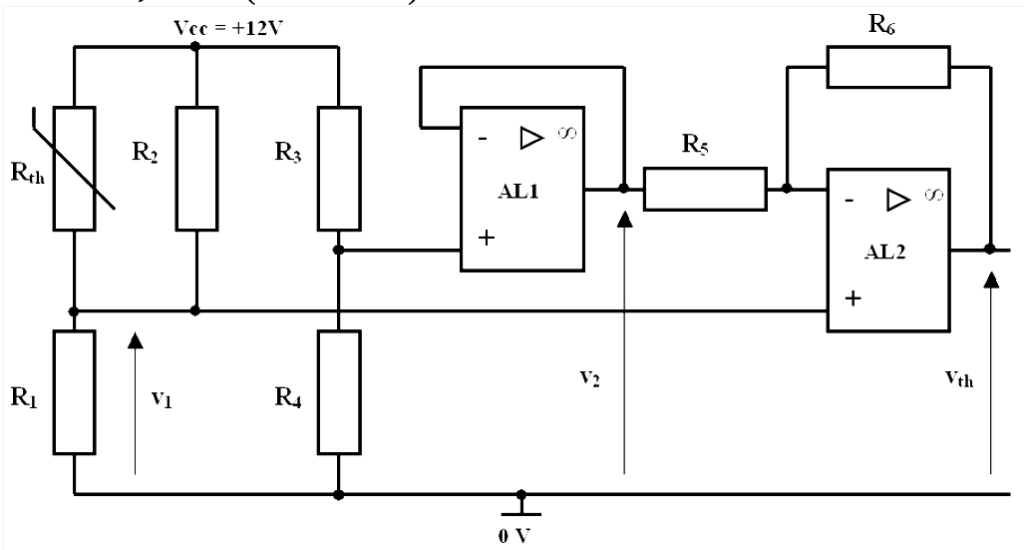


Figure 6 - Capteur de température.

R_1 = 22 KΩ ; R_2 = 18 KΩ ; R_4 = R_5 = 22 KΩ.

III.A.1) La thermistance est de type ***CTN***, indiquer la signification du terme ***CTN***.

III.A.2) On appelle **R** la résistance équivalente à l'association de **R2** et **Rth**.
Calculer R_{th} et **R** pour les valeurs suivantes de **T** : **-10 °C** ; **20 °C** ; **40 °C**. Tracer alors R_{th} et **R** en fonction de **T**. En déduire le rôle de la résistance R_2.

III.A.3) Exprimer v_1 en fonction de V_{CC}, R_1 et **R**.

III.A.4) Exprimer v_2 en fonction de R_3, R_4 et V_{CC}.
Quel est le rôle de l'amplificateur **AL1** ?

III.A.5) Exprimer v_{th} en fonction de V_{CC}, R_1, R_3, R_4, R_5, R_6 et **R**. Déterminer la valeur des résistances R_3 et R_6 qui permet de répondre au cahier des charges.

III.B - Amplification et filtrage du signal mesure du courant batterie :

Le capteur qui permet de mesurer l'intensité qui traverse la batterie est un capteur à effet Hall dont la caractéristique de sortie est donnée figure **7**.

Ce capteur délivre une tension v_{OUT} proportionnelle au courant i_b.

La grandeur i_b peut subir des variations brutales et de très faibles durées.

Pour déterminer l'état de charge de la batterie, il est nécessaire de s'affranchir de ces régimes transitoires à l'aide d'un filtre passe-bas.

III.B.1) Quels sont les avantages du capteur à effet Hall par rapport à un shunt (résistance de mesure) ?

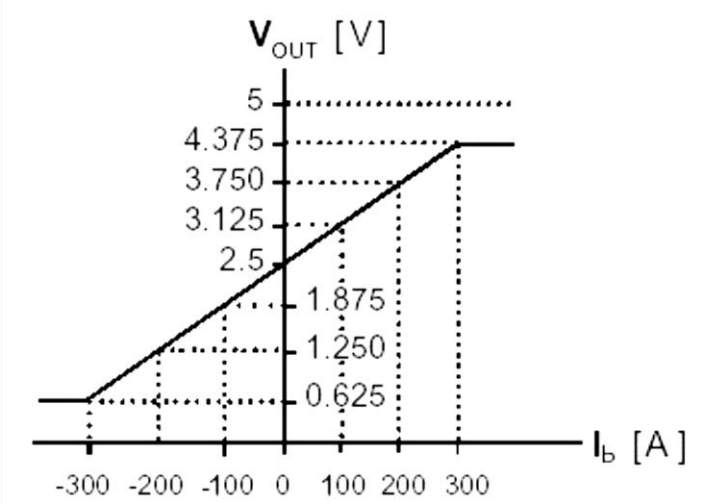


Figure 7 :Caractéristique de sortie du capteur

III.B.2) Pour un courant constant $\mathbf{I_b = 80\ A}$, la valeur du signal de sortie doit correspondre à $\mathbf{V_{ib} = 10\ V}$.

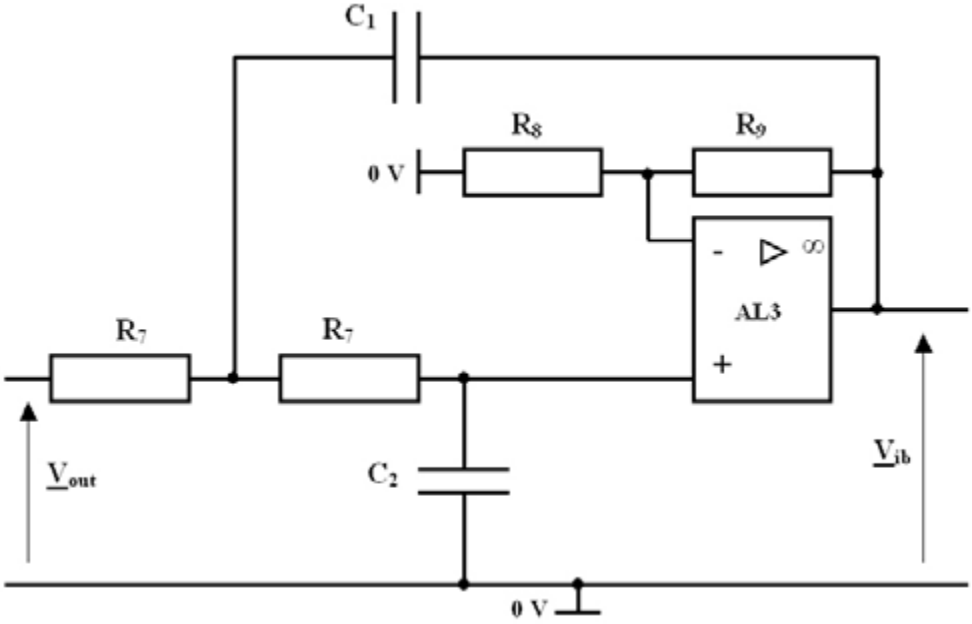


Figure 8 - Filtre passe-bas

Déterminer l'expression $\mathbf{H_{30}}$ du gain statique du montage en fonction de $\mathbf{R_8}$ et $\mathbf{R_9}$. Indiquer la valeur de $\mathbf{R_9}$ si $\mathbf{R_8 = 22\ K\Omega}$.

III.B.3) Indiquer la relation liant v_{ib} à I_b pour $\mathbf{-\ 200\ A < I_b < 80\ A}$.

III.B.4) Étude en régime sinusoïdal. Établir l'expression de la transmittance du filtre $\underline{H_3} = \frac{\underline{V_{ib}}}{\underline{V_{out}}}$ en fonction des éléments du montage.

III.B.5) Mettre la transmittance sous la forme $\underline{H_3} = \frac{H_{30}}{1+2m\frac{j\omega}{\omega_3}+(\frac{j\omega}{\omega_3})^2}$

et exprimer les grandeurs caractéristiques de $\underline{H_3}$ en fonction des éléments du montage.

III.B.6) On choisit $\mathbf{C_2 = 2{,}22.C_1}$.

Calculer **m** et déterminer une valeur qui convient pour les composants **C1**, **C2**, et **R7** si $\boldsymbol{\omega 3 = 10\ rad/s}$

Document réponse

Réponse à la question I.B.1 :

MT_1	0 0	0 1	1 1	1 0	V_e / T_e
0 0					
0 1					
1 1					
1 0					
P_{tot} F_r					

Tableau 5

Réponse à la question I.B.3 :

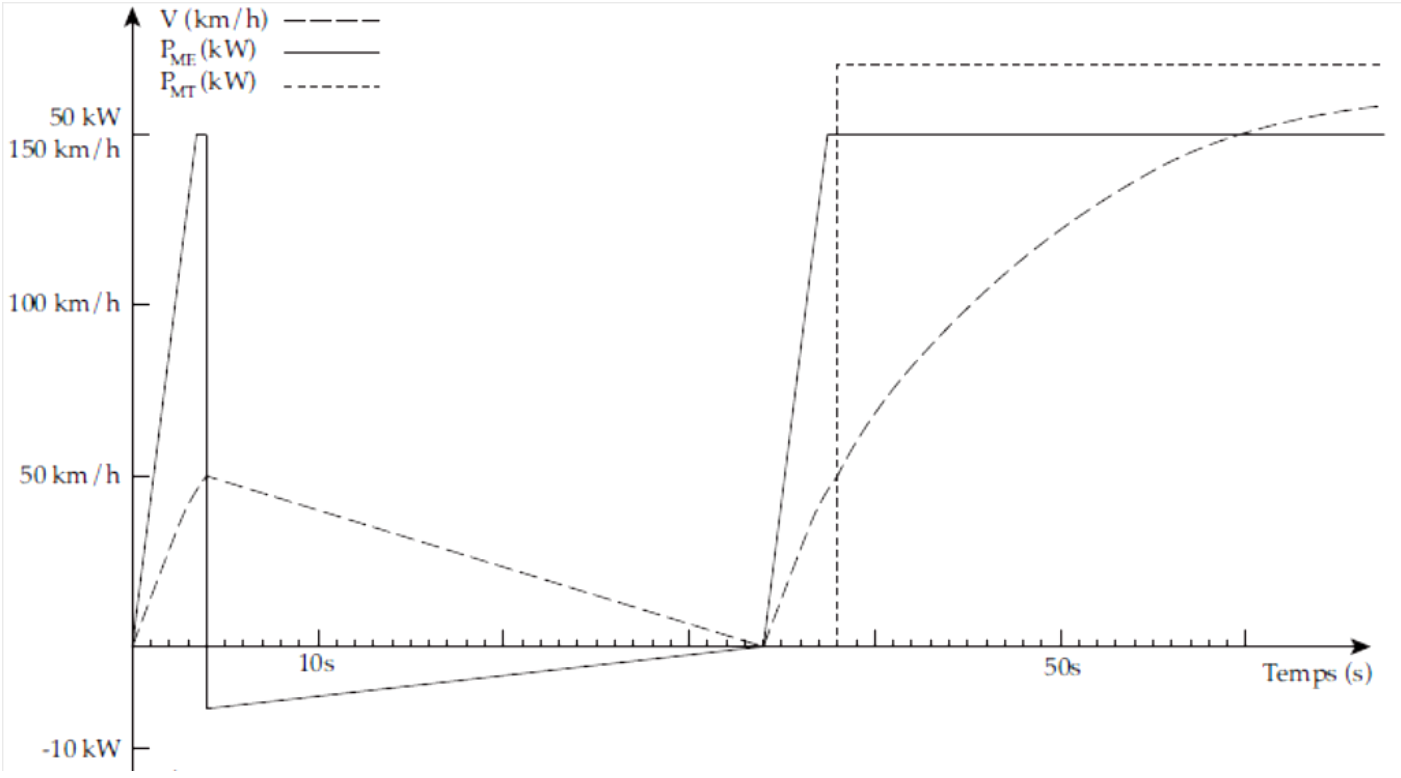


Figure 9

Évolutions temporelles de :

- la vitesse du véhicule **V** en **km/h**,
- la puissance électrique consommée ou générée par le moteur électrique $\mathbf{P_{ME}}$ en **kW**,
- la puissance mécanique fournie par le moteur thermique $\mathbf{P_{MT}}$ en **kW**.

Document réponse

Réponses aux questions I.D.1 et I.E.1

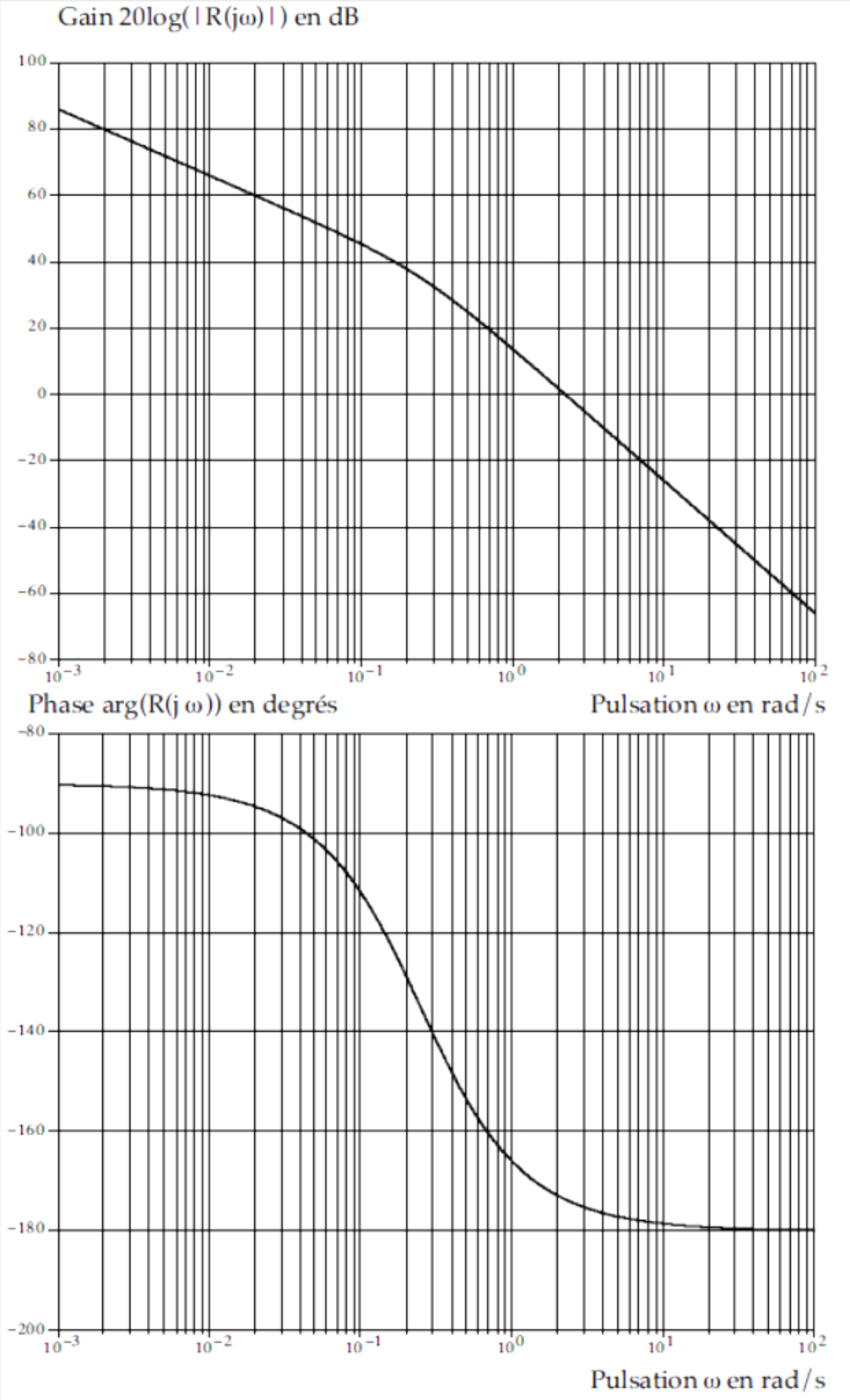


Figure 10

Document réponse

Réponses à la question II.D.1

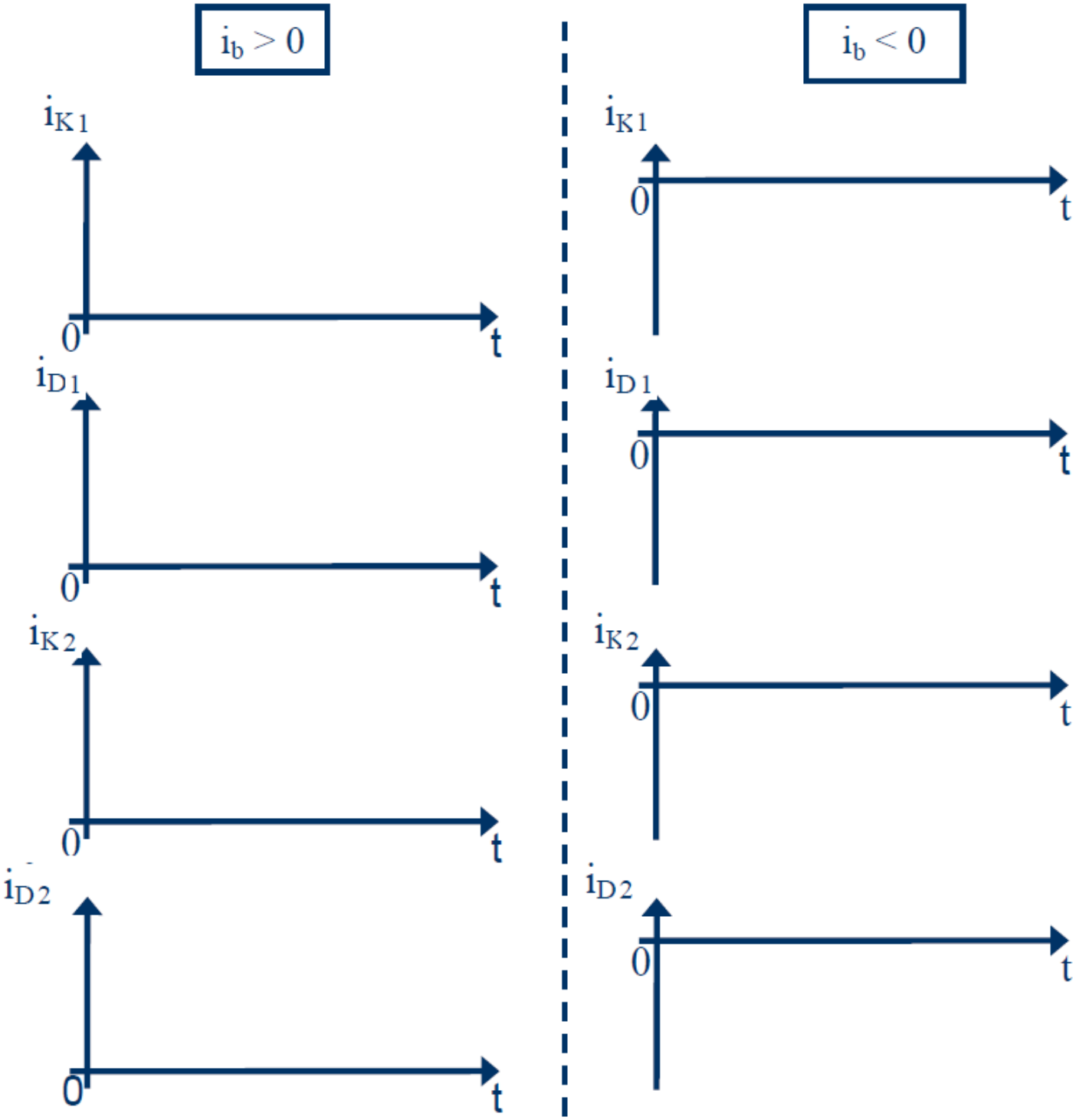


Figure 11

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Alimentation en énergie et stockage de l'énergie
- Correction d'un système asservi et correcteur numérique
- Performances d'un système asservi
- Conversion continu-continu : les hacheurs
- Amplificateur linéaire intégré
- Filtrage linéaire

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi