Concours Centrale-Supélec, France

Session 2006, filière TSI

Sciences industrielles 2

Ce que traite le sujet

- Partie I : étude qualitative des modes de fonctionnement
- Partie II : dimensionnement du moteur électrique et

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2006/si2

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

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR II

Présentation de la Toyota Prius

Le constructeur automobile japonais Toyota commercialise un véhicule de tourisme à motorisation hybride, la Toyota Prius. Cette motorisation repose sur la combinaison d'un moteur électrique et d'un moteur à essence. L'idée d'associer à bord d'un même véhicule, un moteur électrique et un moteur thermique permet de conserver un excellent niveau de performances dynamiques, tout en diminuant sensiblement la pollution en milieu urbain, grâce à une gestion énergétique optimisée.

En technologie hybride, 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.

Les émissions de CO_2 sont de $104\ \mathrm{g \cdot km^{-1}}$, soit un niveau qui lui permet de rivaliser avec les voitures diesel citadines, les émissions d'oxyde d'azote et d'hydrates de carbone sont plus faibles que pour n'importe quelle voiture à moteur thermique existante. Quant aux émissions de particules, inconvénient important des moteurs diesel, elles sont réduites à zéro.



Figure 1 - La Toyota Prius

Filière TSI

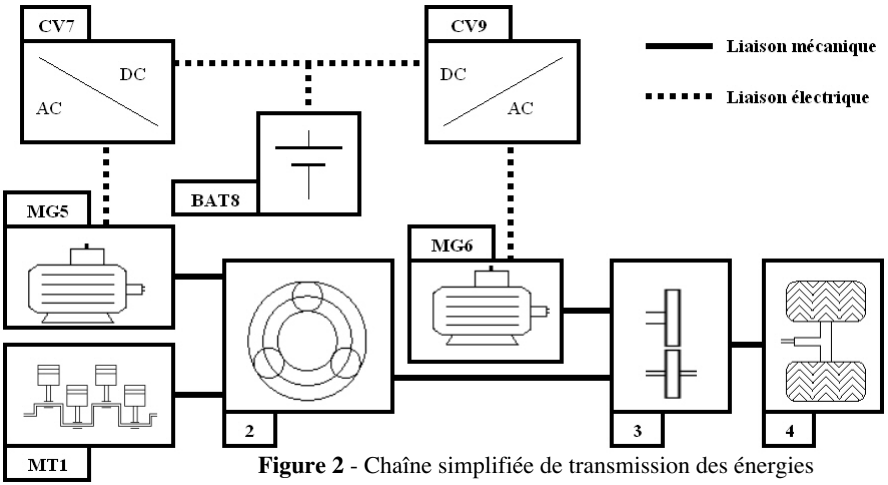


Figure 2 - Chaîne simplifiée de transmission des énergies

$MT1$	Moteur à essence, puissance utile de 57 kW à 5000 tr · min^{-1}
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 = 202 V .
$CV9$	Convertisseur AC/DC réversible

Les principaux modes de fonctionnement de la Toyota Prius

Les flèches indiquent le sens du transfert de l'énergie. **Mode 1** ($Mod1$) : Démarrage et vitesse lente. La batterie $BAT8$ fournit toute l'énergie nécessaire au déplacement de la voiture.

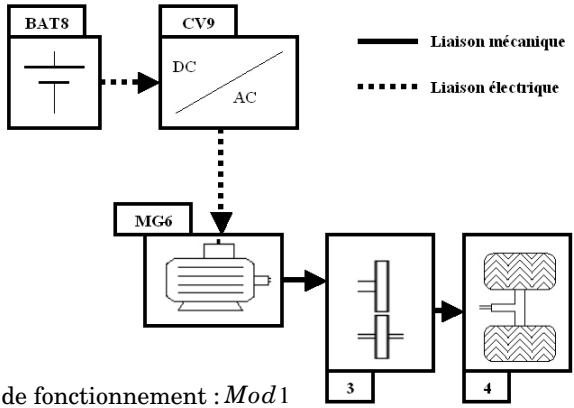


Figure 3 - Mode de fonctionnement : $Mod1$

Mode 2 ($Mod2$) : Le moteur thermique $MT1$ entraîne les roues et le générateur $MG5$, le générateur $MG5$ alimentant alors le moteur $MG6$. La répartition de l'énergie fournie entre le moteur thermique et le moteur électrique est contrôlée par le calculateur afin d'assurer un rendement optimum.

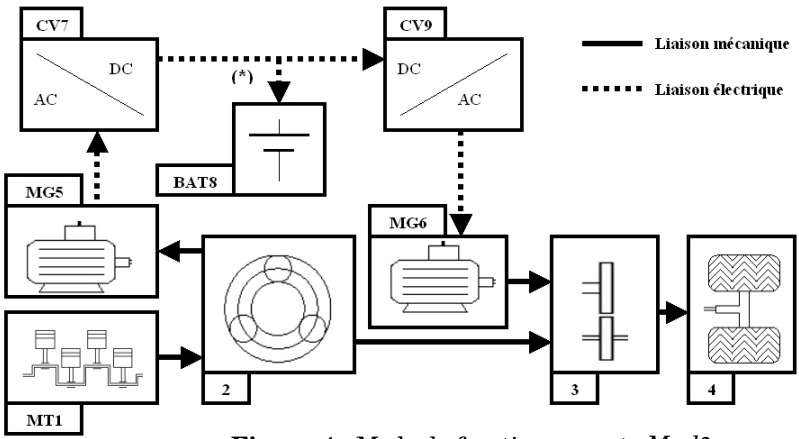


Figure 4 - Mode de fonctionnement : $Mod2$

(*) Si le niveau de charge de la batterie est trop faible, le générateur $MG5$ peut également fournir l'énergie nécessaire à la charge de la batterie.

Mode 3 ($Mod3$) : Le moteur thermique $MT1$ entraîne les roues et le générateur $MG5$. Le moteur électrique $MG6$ est alimenté par le générateur et la batterie $BAT8$.

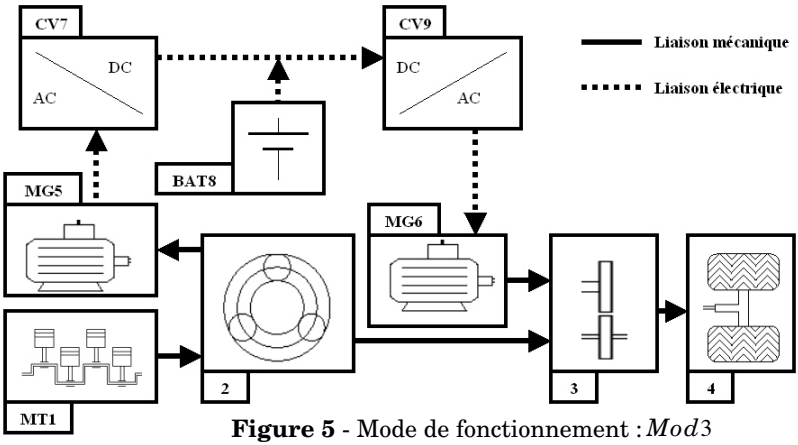


Figure 5 - Mode de fonctionnement : $Mod3$

Mode 4 ($Mod4$) : Mode permettant le freinage de la voiture. La machine électrique $MG6$ fonctionne en générateur et permet de charger la batterie.

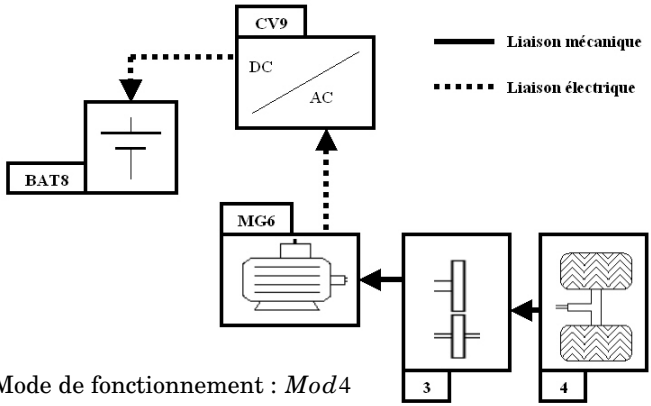


Figure 6 - Mode de fonctionnement : $Mod4$

Notations utilisées

- lettre minuscule : valeur électrique instantanée,

- lettre majuscule soulignée : grandeur complexe (tension, courant, impédance),

- lettre majuscule : valeur constante ou valeur efficace ou module d'une grandeur complexe $(V = |\underline{V}|)$,

- la notation $\langle x \rangle$: désigne la valeur moyenne de la variable x (temporelle, efficace ou crête) sur une période.

Objet de l'étude :

L'étude comporte cinq parties indépendantes.

Partie I : Objectif : montrer les possibilités offertes par la motorisation hybride en fonction des circonstances de circulation rencontrées.

Partie II : Objectif : déterminer, en fonction du cahier des charges fonctionnel, les caractéristiques du moteur $MG6$ et de la batterie $BAT8$.

Partie III : 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 $500\ \text{V}$ à partir d'une tension aux bornes de la batterie $BAT8$ comprise entre $150\ \text{V}$ et $260\ \text{V}$.

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

Partie : V : Objectif : convertir les signaux analogiques de mesure en signaux numériques. Informer le conducteur de l'état de charge de la batterie.

Partie I - Étude qualitative des différents modes de fonctionnement

Objectif : montrer les possibilités offertes par la motorisation hybride en fonction des circonstances de circulation rencontrées.

I.A - Indiquer, en justifiant votre choix, le mode qui convient aux deux situations suivantes :

- La voiture progresse à une vitesse stabilisée $90\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$ sur terrain plat.
- La voiture entame le dépassement du véhicule qui la précède sur un terrain en légère montée.

I.B - Le mode $Mod4$ permet de récupérer de l'énergie mécanique et de la transformer en énergie électrique. Il peut arriver que la quantité d'énergie stockée dans la batterie soit à sa valeur maximale. Il n'est donc pas possible dans ce cas d'utiliser le mode $Mod4$. Proposer au moins deux solutions qui permettront de ralentir le véhicule. Développer les avantages de chacune des solutions et indiquer le choix probable effectué par le constructeur.

I.C - La voiture est arrêtée à un feu rouge, décrire le mode de fonctionnement (non envisagé dans la présentation) qui vous paraît le plus approprié à cette situation. Envisagez les deux possibilité suivantes.

- Batterie $BAT8$ nécessitant d'être rechargée.
- Batterie $BAT8$ ne nécessitant pas d'être rechargée.

I.D - Indiquer, en justifiant votre réponse, le type de parcours sur lequel la Toyota Prius présente des avantages particulièrement intéressants par rapport à un véhicule automobile classique.

Partie II - Dimensionnement du moteur **MG6** *et de la batterie* **BAT8**. *Détermination des performances du mode* **Mod1**

Objectif : déterminer, en fonction du cahier des charges fonctionnel, les caractéristiques du moteur $MG6$ et de la batterie $BAT8$.

Le mode de fonctionnement $Mod1$ est le mode principal de fonctionnement qui permet de dimensionner le moteur $MG6$ et la batterie $BAT8$. En effet dans ce mode, $MG6$ doit assurer seul le mouvement du véhicule, $BAT8$ étant alors la seule source d'énergie disponible.

Caractéristiques principales du véhicule et notations :

M	Masse totale autorisée en charge	1725 kg
R	Rayon extérieur en charge des pneumatiques	0, 287 m
C_{RR}	Coefficient de résistance au roulement	10^{-2}
Sf	Section frontale du véhicule	1, 8 m^2
C_x	Coefficient de pénétration dans l'air	0, 26
N_{MG6}	Fréquence de rotation de $MG6$, exprimée en $tr \cdot min^{-1}$	
N_{Roue}	Fréquence de rotation des pneumatiques, exprimée en $tr \cdot min^{-1}$	
k	Rapport de réduction du réducteur $N_{Roue} = k \cdot N_{MG6}$. Le différentiel est supposé inopérant, les deux roues tournent à la même vitesse	0, 256
η	Rendement du réducteur	0, 95
V_{Max}	Vitesse maximale du véhicule sur circuit	170 $km \cdot h^{-1}$
V	Vitesse du véhicule exprimée en $m \cdot s^{-1}$	
γ	Accélération linéaire du véhicule exprimée en $m \cdot s^{-2}$	
p	Pente de la route	
g	Accélération de la pesanteur	9, 81$m \cdot s^{-2}$
ρ	Masse volumique de l'air	1, 28 $kg \cdot m^{-3}$

La force nécessaire pour assurer le déplacement de la voiture est :

$$F = C_{RR} \cdot M \cdot g + \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot C_x \cdot S_f + M \cdot g \cdot p + M \cdot \gamma \qquad (1)$$

II.A - Relations entre vitesse et fréquence de rotation.

II.A.1) Établir la relation entre N_{Roue} et V.

II.A.2) Établir la relation entre N_{MG6} et V.

II.B - Détermination des grandeurs mécaniques caractéristiques de $MG6$.

- Le couple utile nominal de $MG6$ doit permettre au véhicule de passer de 0 à $33 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ sur terrain plat, à accélération constante, en $3,3 \text{ s}$.
- Lorsque $MG6$ tourne à sa fréquence de rotation nominale (notée N_{nom}), le véhicule doit se déplacer à une vitesse stabilisée de $33 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

II.B.1) Montrer que pendant la phase d'accélération prévue, le terme $(\rho \cdot V^2/2) \cdot C_x \cdot S_f$ de la relation (1) est négligeable. Calculer la force F_{33} nécessaire pour produire cette accélération.

II.B.2) Calculer la puissance P_{33} nécessaire en fin de phase d'accélération.

II.B.3) Déterminer P_{unom}, la puissance utile nominale de $MG6$.

II.B.4) Déterminer N_{nom}, la fréquence de rotation nominale de $MG6$.

II.B.5) Déterminer C_{nom}, le couple utile nominal de $MG6$.

II.B.6) La fréquence de rotation maximale N_{maxi} est obtenue pour une vitesse stabilisée de $170 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (vitesse atteinte sur circuit). Déterminer N_{maxi}.

II.C - Synthèse

$MG6$ doit pouvoir fournir son couple utile nominal pour N_{MG6} comprise entre 0 et N_{nom}. Il doit pouvoir fournir sa puissance nominale pour N_{MG6} comprise entre N_{nom} et N_{maxi}.

.

II.C.1) Représenter les courbes $P_u = f_1(N_{MG6})$ et $C_u = f_2(N_{MG6})$ pour N_{MG6} comprise entre 0 et N_{maxi}. Indiquer les valeurs remarquables. P_u : puissance utile maximale disponible. C_u : couple utile maximal disponible.

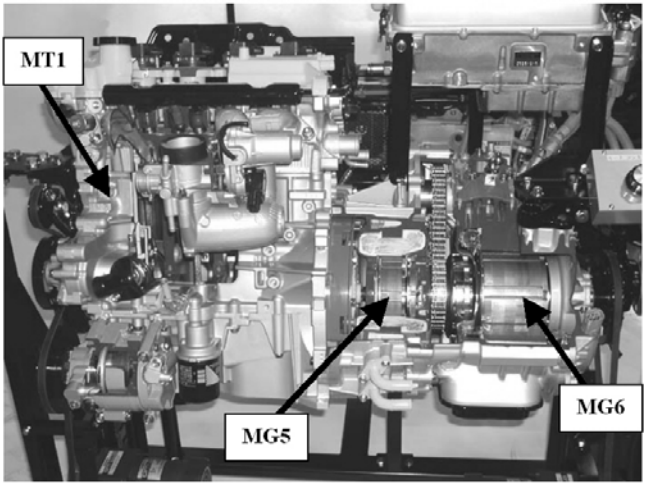


Figure 7 - Vue éclatée du bloc de propulsion

II.C.2) Le constructeur indique que le moteur $MG6$ peut également tourner dans le sens négatif jusqu'à une fréquence de $-1000\ \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$. Quel est l'intérêt procuré par cette possibilité d'inversion du sens de rotation ?

II.C.3) Toyota a développé une solution basée sur une machine à courant alternatif associée à un variateur de fréquence. Dessiner le schéma de puissance d'un convertisseur continu-continu, qui associé à une machine à courant continu permettrait de répondre au cahier des charges. Vous préciserez la nature des interrupteurs utilisés. Quels sont les avantages de la solution choisie par Toyota ?

II.D - Détermination des caractéristiques de la batterie *BAT8*

Le cahier des charges fonctionnel prévoit que la quantité d'énergie contenue dans la batterie permette à la Prius de passer trente fois de 0 à $33\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ sur terrain plat sans l'assistance du moteur $MT1$ (modélisation d'un trajet urbain encombré), le temps de chaque démarrage étant de $3,3\ \text{s}$. L'accélération est supposée constante, l'hypothèse prise à la question II.B.1 est valide. On négligera les pertes du convertisseur $CV9$ ainsi que celles du moteur $MG6$. La tension U_0 aux bornes de la batterie est constante. $U_0 = 207\ \text{V}$.

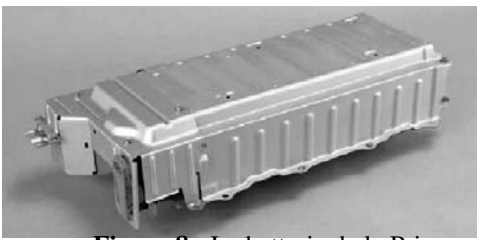


Figure 8 - La batterie de la Prius

II.D.1) Déterminer l'intensité maximale du courant fourni par la batterie lors d'un démarrage.

II.D.2) Déterminer en $\mathrm{kW \cdot h}$ l'énergie fournie par la batterie pour effectuer les trente démarrages.

II.D.3) On doit disposer en permanence d'une réserve d'énergie égale à $1,1\ \mathrm{kW \cdot h}$ afin d'assurer le bon fonctionnement des équipements électriques de la voiture. Déterminer l'énergie que devra être capable de stocker la batterie.

II.D.4) Actuellement pour ce type de batteries on arrive à obtenir une énergie massique de $46\ \mathrm{W \cdot h \cdot kg^{-1}}$ et une puissance maximale massique de $1250\ \mathrm{W \cdot kg^{-1}}$. Déterminer la masse m de la batterie.

II.D.5) Pratiquement, on préfère utiliser la quantité d'électricité plutôt que l'énergie pour quantifier les possibilités de la batterie. Donner en $\mathrm{A \cdot h}$ la quantité d'électricité disponible dans la batterie lorsqu'elle est complètement chargée.

II.E - Détermination de l'autonomie de la voiture en *Mod*1

Déterminer en km l'autonomie de la voiture sur un trajet présentant une pente montante de 3% à la vitesse stabilisée de $33\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$.

II.F - Conclusion.

À la lumière des réponses aux questions de la partie II, expliquer pourquoi l'utilisation du véhicule automobile à propulsion électrique ne s'est jamais vraiment développée. Quelles sont les avancées technologiques qui pourraient dans l'avenir permettre l'essor d'un véhicule à motorisation électrique ?

Partie III - Dimensionnement du convertisseur DC/DC placé entre BAT8 et les onduleurs CV7 et CV9

Dans la première version de la Prius (année 2000) les convertisseurs $CV7$ et $CV9$ étaient directement reliés à la batterie $BAT8$ (figure 2). Dans la seconde version de la Prius (année 2004), 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 $500\ \mathrm{V}$ à partir d'une tension aux bornes de la batterie $BAT8$ comprise entre $150\ \mathrm{V}$ et $260\ \mathrm{V}$.

III.A - Choix de la structure du convertisseur *DC/DC*

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 9.

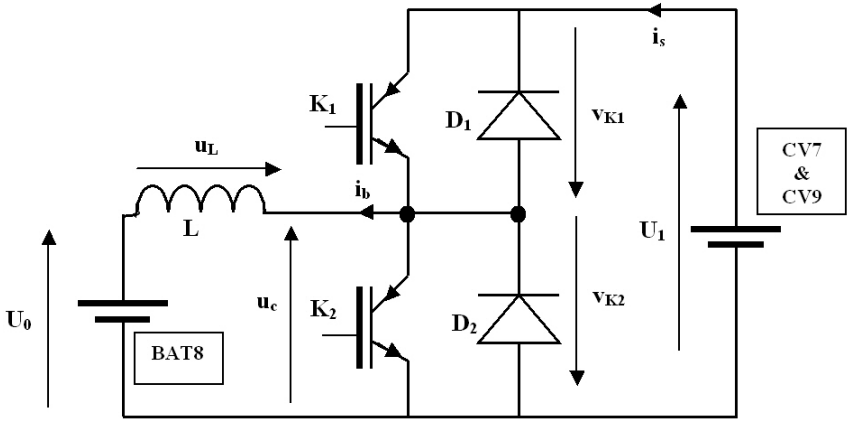


Figure 9 - Structure du convertisseur DC/DC

Les interrupteurs K_1 et K_2 sont des $IGBT$ (Insulated Gate Bipolar Transistor). La période du signal de commande des interrupteurs K_1 et K_2 est $T_h = 50\ \mu s$. 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 10.

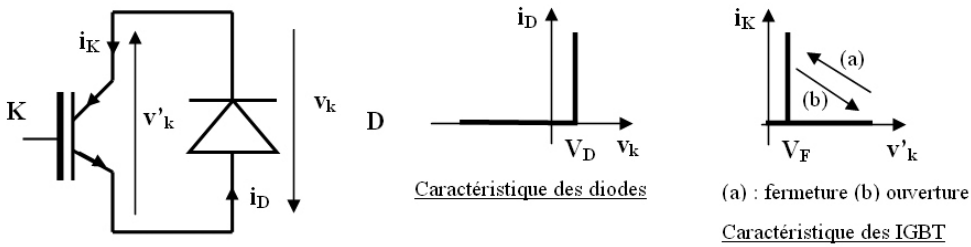


Figure 10 - Caractéristiques des diodes et des IGBT

Les composants seront choisis dans une famille où $V_D = 1,5\ V$ et $V_F = 1,8\ V$. La tension U_1 est une tension continue constante de $500\ V$. La tension U_0 est la tension continue mesurée aux bornes de la batterie. Cette tension U_0 dépend

de la température de la batterie, de la quantité d'électricité stockée dans la batterie et de la valeur moyenne du courant i_b. On donne $150\ \text{V} < U_0 < 260\ \text{V}$.

On adopte l'hypothèse de la conduction continue dans $BAT8$. De plus pendant une période de hachage, le courant i_b est soit strictement positif, soit strictement négatif.

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

Pour les questions III.B.1 à III.B.4, **distinguer clairement les cas $i_b > 0$ et $i_b < 0$.**

III.B.1) Pour $0 \le t \le \alpha T_h$ donner les expressions des grandeurs $u_c(t)$, $v_{K1}(t)$, $v_{K2}(t)$ et $u_L(t)$ en fonction de U_1, U_0, V_D et V_F.

III.B.2) Pour $\alpha T_h \le t \le T_h$ donner les expressions des grandeurs $u_c(t)$, $v_{K1}(t)$, $v_{K2}(t)$ et $u_L(t)$ en fonction de U_1, U_0, V_D et V_F.

III.B.3) Déterminer l'expression de $\langle u_c \rangle$ en fonction de α, U_1, V_D et V_F.

III.B.4) Déterminer l'expression de $\langle u_c \rangle$ en fonction de U_0. Exprimer alors α en fonction de U_0, U_1, V_D et V_F.

III.B.5) Donner la plage de variation du rapport cyclique α.

III.B.6) Compte-tenu des réponses précédentes, indiquer les valeurs numériques maximales des tensions qui participent au choix des composants K_1, D_1, K_2 et D_2.

III.C - Dimensionnement de la bobine de lissage L

Pour cette question, on néglige les chutes de tension V_D et V_F, si bien que quelle que soit la valeur de i_s, on a la relation $U_0 = \alpha U_1$. À $t = 0$, $i_b = I_{b0}$.

III.C.1) Pour $0 \le t \le \alpha T_h$ établir l'expression de $i_b(t)$ en fonction de U_1, α, I_{b0} et L.

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

III.C.3) Montrer que l'ondulation ΔI_b est maximale pour une certaine valeur de α notée α_1. Déterminer la valeur de α_1 et établir l'expression de $\Delta I_b(\alpha_1)$.

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 i_b. Afin d'obtenir une durée de vie de la batterie d'environ $150\ 000\ \text{km}$, on souhaite limiter l'ondulation de ce courant à $2\ \text{A}$ maximum, quel que soit le mode de fonctionnement de la batterie.

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

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

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

III.D.1) Pour $0 \leq t \leq T_h$ dessiner $i_{D1}(t)$, $i_{K1}(t)$, $i_{K2}(t)$, $i_{D2}(t)$ et $i_s(t)$ pour $\alpha = 0,45$. L'orientation des courants est indiquée figure 10 et figure 9. Envisager les cas $I_b > 0$ puis $I_b < 0$.

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



Figure 11
Convertisseur DC/DC + Onduleurs $CV7$ et $CV9$

III.D.3) Compte-tenu des réponses aux questions III.B.5 et III.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.

III.E - Choix des interrupteurs : détermination des références

Le constructeur de composants Mitsubishi 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'$IGTB$
I_E	courant direct moyen pour la diode
I_{CM}	courant crête maximal pour l'$IGTB$
I_{EM}	courant crête maximal pour la diode

V_{CES} en V	I_C en A				
	100	150	200	300	400
600		$CM150$ - $DY12NF$	$CM200$ - $DY12NF$	$CM300$ - $DY12NF$	$CM400$ - $DY12NF$
1200	$CM100$ - $DY24NF$	$CM150$ - $DY24NF$	$CM200$ - $DY24NF$	$CM300$ - $DY24NF$	$CM400$ - $DY24NF$

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

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 IV - 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 et calibrer les signaux de mesure.

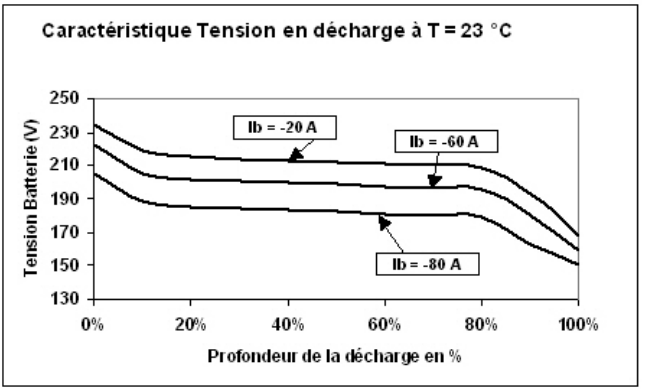
La batterie $BAT8$ est de type nickel-hydrure métallique $(Ni-MH)$. L'électrode positive est réalisée sur un support en mousse de nickel, tandis que l'électrode négative (MH) utilise une réaction réversible d'incorporation d'hydrogène dans un alliage métallique. L'électrolyte est composée d'hydroxyde de potassium (KOH) et d'eau. Ces batteries présentent une densité d'énergie ($46\ \mathrm{Wh \cdot kg^{-1}}$ pour la batterie de la Prius) pouvant atteindre le double de celle obtenue avec des accumulateurs au plomb. Il est fondamental de connaître l'état de charge de la batterie, en effet la batterie ne tolère pas un dépassement supérieur à 20% de la quantité d'énergie stockée par rapport à la quantité nominale. De même, il n'est pas conseillé de décharger la batterie en deçà de 20% de sa quantité d'énergie stockée nominale, sous peine de diminuer fortement sa durée de vie.

L'état de charge de la batterie sera donc 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.

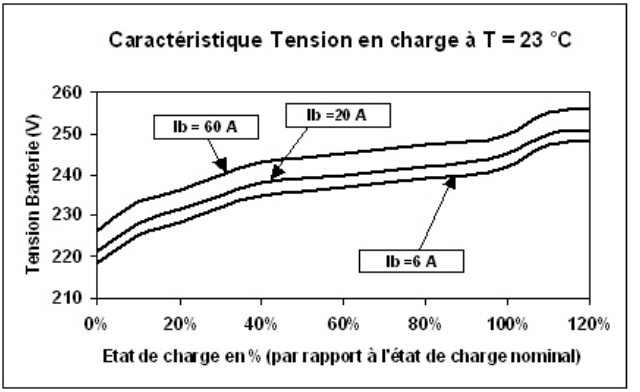
IV.A - Utilisation des courbes caractéristiques (voir page 8/10)

IV.A.1) Évaluer en $\%$ l'état de charge de la batterie pour les valeurs mesurées suivantes : $U_0 = 210\ \mathrm{V}$; $I_b = -60\ \mathrm{A}$; $T = 23^\circ\mathrm{C}$. Pour l'état de charge précédent, indiquer le sens d'évolution de U_0 lorsque la température augmente. La convention du signe pour I_b est indiquée figure 9.

Ci-dessous : courbes caractéristiques de la batterie :

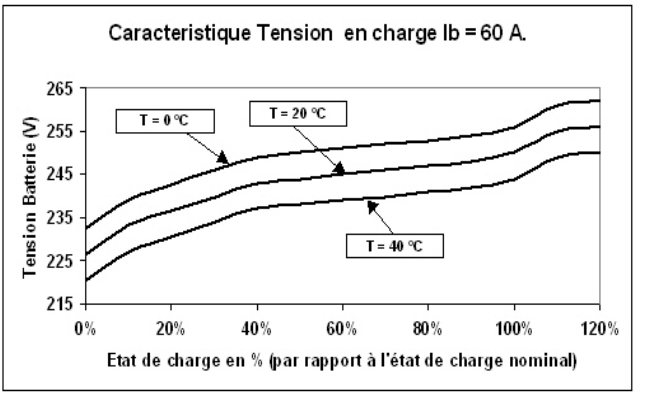


IV.A.2) Il est impératif de ne pas dépasser la valeur 120% pour la capacité de charge, sous peine de destruction de la batterie. Il existe des chargeurs de batterie qui permettent de recharger ce type d'accumulateurs à courant constant, montrer qu'il est alors possible de détecter la fin de charge indépendamment des valeurs du courant I_b, de la tension U_0 et de la température T. Pourquoi cette méthode de détection de la fin de charge n'est-elle pas utilisable dans notre application ?



IV.B - Étude du capteur de température *T* (figure 12)

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 $Vcc = +12\text{V}$.



Plage de mesure : $-10°\,\mathrm{C} < T < 40°\,\mathrm{C}$.

Cahier des charges : $V_{th} = 0\ \mathrm{V}$ pour $T = -10°\,\mathrm{C}$ et $V_{th} = 10\ \mathrm{V}$ pour $T = +40°\,\mathrm{C}$.

Le signal v_{th} est ensuite transmis à l'unité de contrôle où il sera converti en une grandeur numérique. Référence de R_{th} : Murata $NTSA0XH103_E1B0$.

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

Courant maximal : $0,4\ \mathrm{mA}(T = 25°\,\mathrm{C})$.

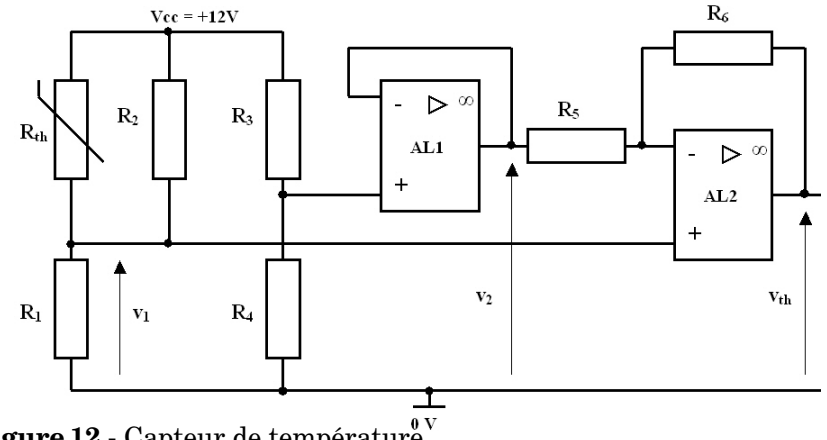


Figure 12 - Capteur de température

$R_1 = 22\ \mathrm{k}\Omega$; $R_2 = 18\ \mathrm{k}\Omega$; $R_4 = R_5 = 22\ \mathrm{k}\Omega$.

IV.B.1) La thermistance est de type CTN, indiquer la signification du terme CTN.

IV.B.2) On appelle R la résistance équivalente à l'association de R_2 et R_{th}. Calculer R_{th} et R pour les valeurs suivantes de T : $-10°\,\mathrm{C}$; $20°\,\mathrm{C}$; $40°\,\mathrm{C}$. Tracer alors R_{th} et R en fonction de T. En déduire le rôle de la résistance R_2.

IV.B.3) Exprimer v_1 en fonction de V_{CC}, R_1 et R.

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

IV.B.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.

IV.C - Amplification et filtrage du signal mesure du courant batterie i_b

Le capteur qui permet de mesurer l'intensité qui traverse la batterie est un capteur à effet Hall de marque LEM et de référence $LAS\ 100-TP$.

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.

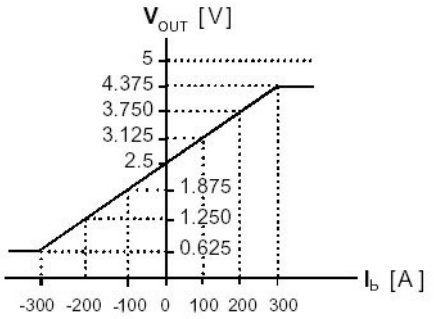


Figure 13
Caractéristique de sortie du capteur $LAS\,100-TP$

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

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

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

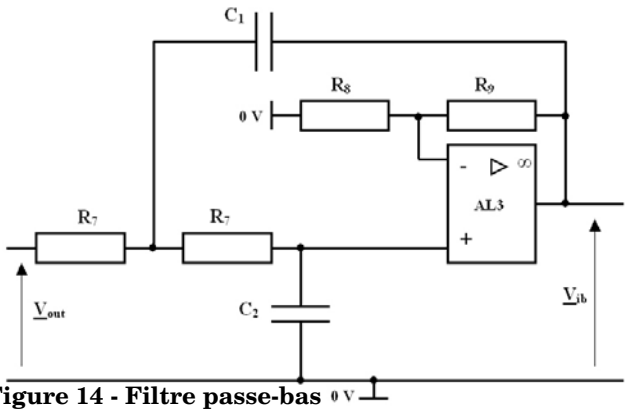


Figure 14 - Filtre passe-bas

IV.C.3) Indiquer la relation liant Vib à I_b pour $-200\ \text{A} < Ib < 80\ \text{A}$.

IV.C.4) Étude en régime sinusoïdal. Établir l'expression de la transmittance du filtre $\underline{H}_3 = \dfrac{\underline{V}_{ib}}{\underline{V}_{out}}$ en fonction des éléments du montage.

IV.C.5) Mettre la transmittance sous la forme

$$\underline{H}_3 = \frac{H_{30}}{1 + 2\,\text{m}\dfrac{j\omega}{\omega_3} + \left(\dfrac{j\omega}{\omega_3}\right)^2}$$

et exprimer les grandeurs caractéristiques de $\underline{H}_3$ en fonction des éléments du montage.

IV.C.6) On choisit $C_2 = 2,22C_1$.
Calculer m et déterminer une valeur qui convient pour les composants C_1, C_2 et R_7 si $\omega_3 = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

IV.D - Calibrage du signal V_{U0}, mesure de la tension U_0

La mesure de la tension aux bornes de la batterie et le conditionnement du signal issu du capteur de tension posent des problèmes analogues à ceux rencontrés pour la mesure du courant. Il n'est donc pas nécessaire de refaire une étude complète. Le signal analogique V_{U0} envoyé à l'unité de contrôle doit être compris entre 0 et 10 V. Le signal $V_{U0} = a \cdot U_0 + b$ où a et b sont des constantes positives. En fonction des courbes caractéristiques de la batterie, proposer un couple de valeurs a et b qui permet de répondre au cahier des charges.

Les signaux de mesure obtenus sont des signaux analogiques, leur traitement sera effectué par une unité de contrôle numérique. Il est donc nécessaire de réaliser une conversion analogique numérique, ce sera l'objectif de la partie V.

Partie V - Conversion analogique numérique des signaux de mesure

Objectif : convertir les signaux analogiques de mesure en signaux numériques. Informer le conducteur de l'état de charge de la batterie.

V.A - Les signaux V_{th}, V_{ib}, V_{U0} doivent être numérisés avant d'être exploités par l'unité de contrôle de la batterie. La partie V est consacrée à l'étude de la conversion analogique numérique de ces signaux. La valeur de chacun de trois signaux est comprise entre 0 V et 10 V.

V.A.1) Proposer une solution technique permettant d'utiliser le même convertisseur pour numériser les trois signaux. Le signal $e(t)$ correspond à un des trois signaux devant être converti. Le principe de la conversion est illustré par la figure 15.

L'interrupteur K est commandé périodiquement. Temps de fermeture : $0,5$ ms. Temps d'ouverture : $0,5$ ms.

V.B - Étude de l'étage d'entrée

V.B.1) Quel est le rôle de l'association des composants K et C_3 ?

V.B.2) La résistance de sortie du montage qui délivre la tension e est $R_s = 500\Omega$. L'amplificateur AL_4 a une impédance d'entrée $R_e = 50\ \mathrm{M}\Omega$. Déterminer, en justifiant votre choix, une valeur de C_3 qui permette au montage de fonctionner correctement. Dans quelles circonstances l'intensité du courant de charge de C_3 sera t-elle maximale ? Calculer cette valeur maximale.

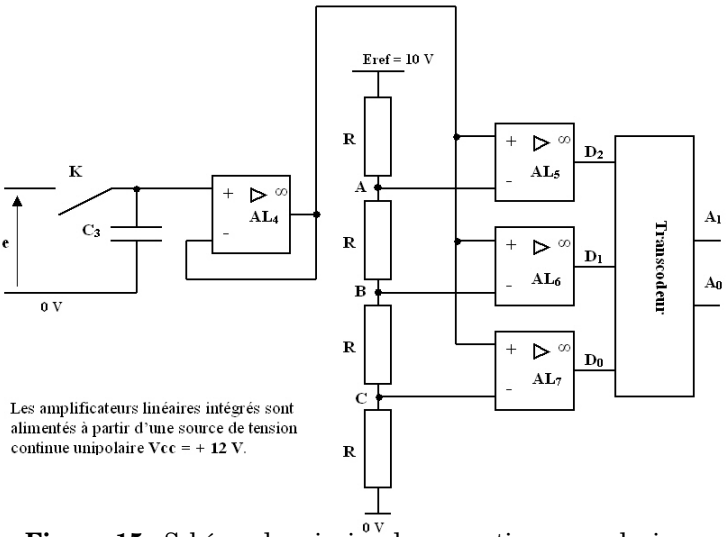


Figure 15 - Schéma de principe du convertisseur analogique numérique

V.C - Étude de la conversion numérique analogique

Afin d'étudier le principe de conversion utilisé, on raisonne sur un convertisseur 2 bits. Le résultat de la conversion est stocké en binaire naturel dans le mot A_1A_0. A_0 étant le bit de poids faible. La valeur 00 correspond à la valeur la plus faible de la tension e avec $0\ \mathrm{V} \leq e \leq 10\ \mathrm{V}$.

V.C.1) Calculer le potentiel des points A, B et C.

V.C.2) Écrire la table de vérité du transcodeur.

V.C.3) Donner les équations des sorties A_1 et A_0 en fonction des entrées D_2, D_1, D_0.

V.C.4) Quelle est la valeur du quantum de conversion ?

V.D - Conversion du signal mesure de température

Plage de mesure : $-10°\ \mathrm{C} < T < 40°\ \mathrm{C}$.

Cahier des charges : $e = 0V$ pour $T = -10°\ \mathrm{C}$ et $e = 10V$ pour $T = +40°\ \mathrm{C}$, e varie linéairement en fonction de T.

V.D.1) Choisir le nombre n de bits du mot binaire contenant le résultat de la conversion si l'on souhaite obtenir une précision de mesure de $2°\,C$ par bit ?

V.D.2) Quel est, exprimé en V/bit, le quantum de conversion ?

V.D.3) Combien de comparateurs ce convertisseur comporte-t-il ?

V.D.4) Quel nombre binaire correspond à une température de $20°\,C$?

V.E - Affiche de l'état de charge de la batterie

Le conducteur de la voiture dispose d'un écran (figure 17) lui indiquant notamment l'état de charge de la batterie et le mode de fonctionnement du véhicule.

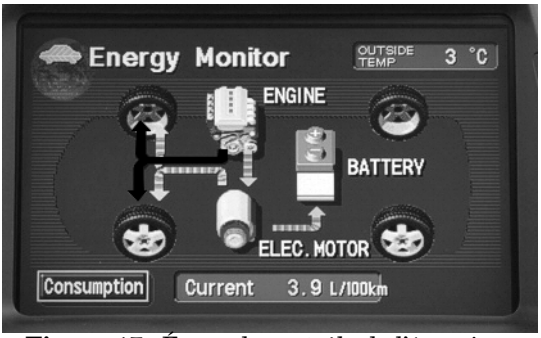


Figure 17 : Écran de contrôle de l'énergie

Le niveau de charge de la batterie est représenté par le nombre de segments allumés (DEL) dans le témoin : BATTERY. La figure 18 représente l'indicateur pour trois niveaux de charge. Il y a toujours au moins un segment d'allumé.

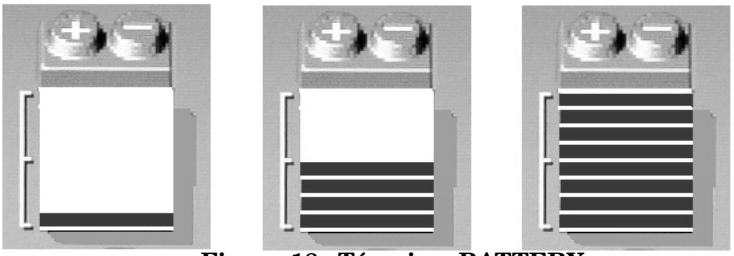


Figure 18 : Témoin : BATTERY

V.E.1) Indiquer l'état de charge de la batterie pour chacun des exemples de la figure 18.

••• FIN •••

En France l'automobile et les transports représentent un tiers des émissions de CO_2. Dans le monde, le parc automobile aujourd'hui de 700 millions de véhicules devrait passer à $1,2$ milliards en 2020. La motorisation hybride n'est certainement pas la solution miracle à cet épineux problème, mais elle constitue une des pistes pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Travailler les chapitres de ce su

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

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bou

et structurelle : chaînes

nce

prepahelp.com/#essai

néorème de l'énergie

Une question sur le concours ou sur

le solides : principe

écrire sur WhatsApp

olement, équilibrage

- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Régimes transitoires

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

- Filtrage linéaire
- Amplificateur linéaire intégré, stabilité et rétroaction
- Circuits électriques dans l'ARQS