

Calculateur HDI

Dossier questionnaire avec documents réponses : DR

Le candidat compose uniquement sur le présent document à rendre en intégralité en fin d'épreuve

Note à lire très attentivement

Le Concours Général des Lycées porte sur l'ensemble des compétences du programme de terminale Sciences et Techniques Industrielles option Génie Electronique.

Le questionnaire proposé aborde donc de très nombreux aspects du fonctionnement du calculateur HDI.

Le sujet comporte 5 parties indépendantes.

- Problématique A : acquisition de la volonté du conducteur.
- Problématique B : communication du microcontrôleur avec ses périphériques.
- Problématique C : commande des injecteurs.
- Problématique D : commande des groupes moto-ventilateur.
- Problématique E : dépollution des émissions nocives.

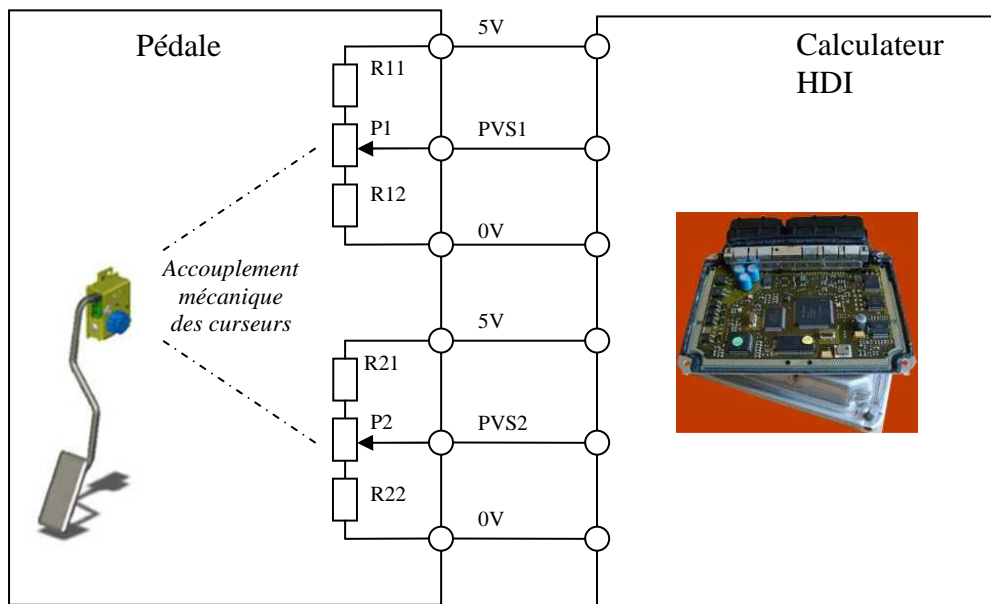
Concours Général des Lycées 2010	Calculateur HDI
Dossier questionnaire avec documents réponses : DR	Page DR1 sur 44

Problématique A.

Acquisition de la volonté du conducteur : pédale d'accélération.

Le but de cette partie est d'analyser et de justifier les solutions techniques mises en oeuvre par le constructeur pour acquérir la position de la pédale d'accélération en s'affranchissant de certains défauts (problèmes de casse mécanique, de parasitage électrique et mécanique, de liaison filaire, de microcontrôleur...).

Le capteur de pédale d'accélérateur est constitué, pour des raisons de sécurité, de 2 potentiomètres sans contact alimentés par le calculateur et accouplés mécaniquement l'un à l'autre :



A1. Analyse fonctionnelle.

QA1 Indiquer sur quels paramètres agit le calculateur pour moduler la puissance moteur en fonction de la volonté conducteur.

QA2 Indiquer le nom du fichier stocké en mémoire permettant de calculer, en fonction de la pédale et de l'état du moteur, les instants d'injection.

A2. Dimensionnement des composants de la pédale d'accélération.

Les signaux issus de la pédale d'accélération doivent être calibrés de la manière suivante :

signal PVS1 : tension de 0,4V (pédale relâchée) à 4V (pédale appuyée),
signal PVS2 : tension proportionnelle à KV1 : $V_{PVS2} = V_{PVS1} / 2$.

Validation du signal PVS1.

QA3 Valider la plage de variation de V_{PVS1} .
(On donne : $R11 = 500 \text{ ohms}$, $P1 = 1,8k \text{ ohms}$, $R12 = 200 \text{ ohms}$).

Génération du signal PVS2.

QA4 Proposer des valeurs numériques de R21 et R22 permettant de générer le signal PVS2 conformément au cahier des charges ci-dessus.
Pour des raisons de fabrication, on prendra $P2=P1$.

Evolution technologique de la pédale d'accélération.

Aujourd'hui la technologie du capteur intégré dans la pédale d'accélération utilise de moins en moins des potentiomètres et s'oriente vers des capteurs à effet Hall.

QA5 Justifier cette évolution en présentant le gros avantage de ce type de capteur pour l'application. Quel en est l'inconvénient principal ?

A3. Chaîne d'acquisition de la tension issue de la pédale.

A31 Conversion analogique / numérique de la tension Pédale.

A311 Fonction de transfert du convertisseur.

Les tensions V_{PVS1} et V_{PVS2} sont converties en numérique par le convertisseur analogique / numérique intégré au μ Contrôleur Infineon. Ce convertisseur possède une résolution de 10 bits et une tension de référence de 5V.

QA6 Compléter dans le tableau ci-dessous les valeurs numériques :

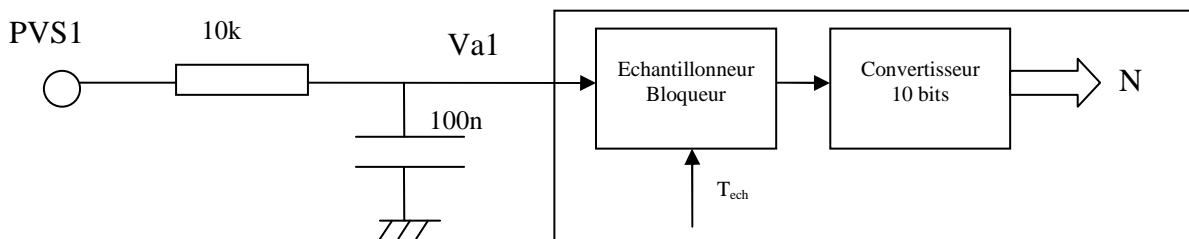
- des tensions V_{PVS1} , V_{PVS2} issues des potentiomètres,
- des nombres N_{PVS1} , N_{PVS2} issus des conversions A/N de ces tensions,

pour les trois positions indiquées de la pédale.

	V_{PVS1}	N_{PVS1}	V_{PVS2}	N_{PVS2}
Pédale relâchée				
Pédale au milieu				
Pédale enfoncée				

A312 Validation des conditions de triangulation.

Le système de numérisation interne au microcontrôleur possède un échantillonneur/bloqueur et un convertisseur analogique/numérique selon le schéma fonctionnel suivant :



Les caractéristiques techniques du convertisseur analogique/numérique sont données DT2 :

QA7 Identifier sur la documentation technique la durée correspondant :

- à l'échantillonnage de la tension,
- à la conversion de la tension (après échantillonnage).

QA8 En déduire le temps nécessaire à la conversion d'une voie.

QA9 Expliquer le rôle de l'échantillonneur bloqueur.

Pour assurer une conversion sans erreur de l'échantillon, il faut s'assurer que la tension d'entrée n'a pas varié de plus d'un quantum pendant le temps d'échantillonnage T_{ech} .

$$\Delta V_e < \text{quantum} \text{ pendant } T_{ech} \quad (1)$$

Pour cela on assimile la tension d'entrée à une tension sinusoïdale $V_e(t)$ parcourant la plage d'entrée du convertisseur (0 à 5V) et l'on détermine la pulsation $\omega_{maximale}$ permettant de satisfaire à cette condition.

$$\left[\frac{dV_e(t)}{dt} \right]_{\max i} \times T_{ech} < \text{quantum} \quad (2)$$

QA10 Déterminer l'équation temporelle de la tension $V_e(t)$ sinusoïdale 0/5V.

QA11 Exprimer l'expression de sa dérivée $\frac{dV_e(t)}{dt}$ et $\left[\frac{dV_e(t)}{dt} \right]_{\max i}$.

QA12 En déduire la pulsation maximale admissible à l'entrée du convertisseur.

QA13 Montrer en quoi les composants externes au microcontrôleur assurent cette limitation.

Les questions suivantes sont indépendantes de cette partie.

Concours Général des Lycées 2010	Calculateur HDI
Dossier questionnaire avec documents réponses : DR	Page DR5 sur 44

A32 – Filtrage numérique des acquisitions.

La tension issue de la pédale n'est pas parfaitement continue : des parasites dus aux vibrations mécaniques du moteur peuvent apparaître.

Compte tenu de ces parasites, la tension issue de la pédale sera assimilée à une tension de la forme : $PVS_2(t) = A_0 + A_1 \times \sin(\omega t)$

QA14 Expliquer à quels phénomènes physiques correspondent les grandeurs A_0 , A_1 et ω .

QA15 Sachant que la vitesse du moteur peut varier entre 500 et 6000 tours/min, indiquer la plage de variation de ω (rad/s).

QA16 Montrer que le filtre analogique R-C d'entrée du convertisseur ne permet pas de filtrer ces parasites.

Pour éliminer la composante due aux vibrations, on utilise un filtre numérique utilisant une technique de "moyennage" selon la méthode suivante :

- 1 - acquisition de n échantillons $PVS_{(i=0 \text{ à } n)}$ à une fréquence F_{ech} ,
- 2 - calcul de la moyenne des échantillons selon la formule :

$$PVS_{\text{moyen}} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} PVS(i)}{n}$$

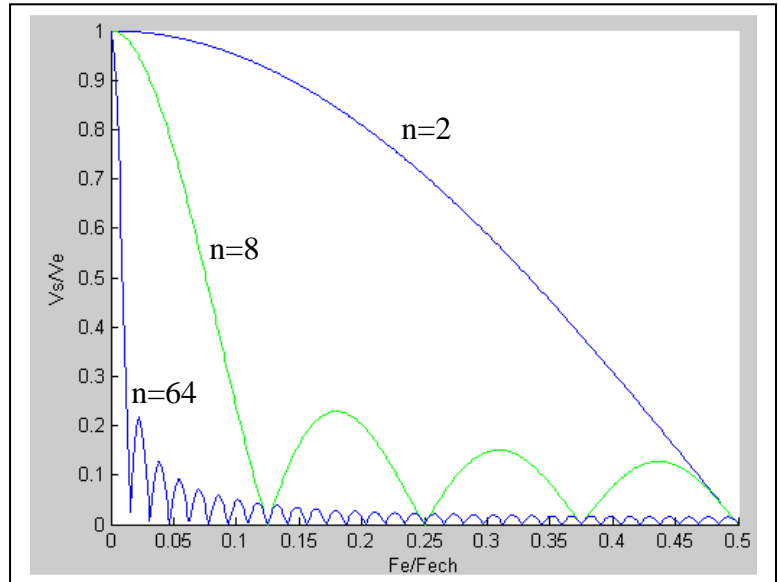
Concours Général des Lycées 2010	Calculateur HDI
Dossier questionnaire avec documents réponses : DR	Page DR6 sur 44

QA17 Donner l'équation de PVS_{moyen} pour 2 puis 6 échantillons.

Formule pour $n=2$:	Formule pour $n=6$:

La réponse fréquentielle du filtre numérique dépend du rapport $\frac{\text{Fréquence du signal d'entrée}}{\text{Fréquence d'échantillonnage}}$ et du nombre d'échantillons

La courbe ci-contre montre l'atténuation du filtrage numérique en fonction de F_e/F_{ech} pour différentes valeurs de n .



QA18 Quel est le type du filtre ainsi réalisé ?

Le constructeur estime qu'une division par 20 des amplitudes de la composante alternative du signal PVS due aux vibrations du moteur est suffisante.

QA19 En se référant aux 3 courbes présentées, identifier le nombre d'échantillons nécessaires à l'acquisition. (Justifier votre réponse)

--

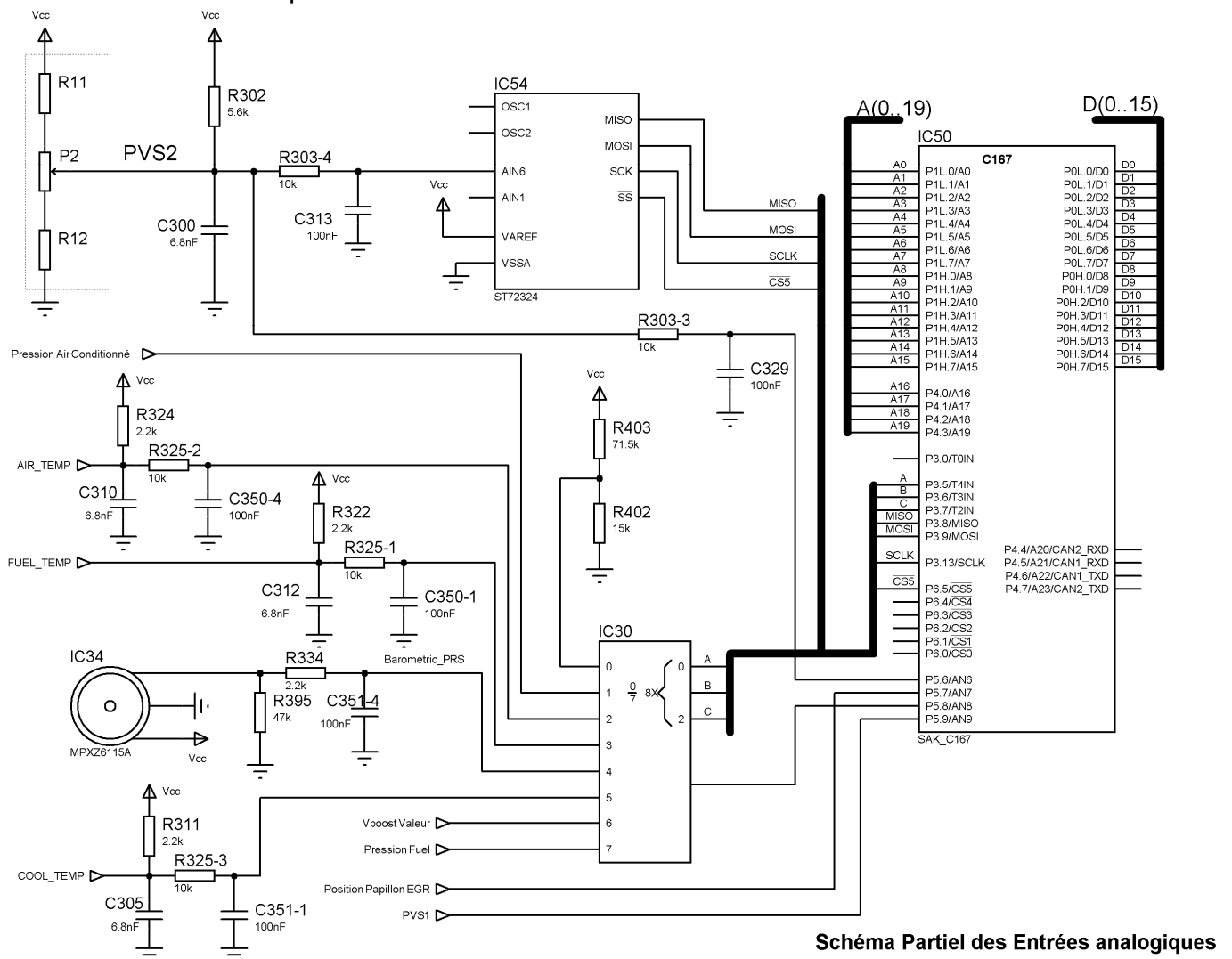
QA20 Sachant que la vitesse de rotation du moteur pourra varier de 500 à 6000 tr/min, quelle devra être la fréquence d'échantillonnage du signal de la pédale ?

--

A4. Détection d'un défaut.

Compte tenu de l'importance de l'information véhiculée par la pédale d'accélération, plusieurs niveaux de sécurité sont mis en œuvre pour détecter un dysfonctionnement.

Le schéma ci-dessous permet de les mettre en évidence :



A41 – Sécurité par rapport à un défaut des connexions.

QA21 Evaluer pour chacun des défauts énumérés ci-dessous la tension V_{PVS2} .

Situation	Valeur de V_{PVS2}
Court – circuit de PVS2 avec 0V	$V_{PVS2} =$
Court – circuit de PVS2 avec 5V	$V_{PVS2} =$
Fil PVS2 coupé	$V_{PVS2} =$
Fil 5V coupé	$V_{PVS2} =$
Fil 0V coupé	$V_{PVS2} =$

QA22 Comment le microcontrôleur détecte t-il un problème de liaison filaire ?

A42 – Sécurité par rapport à un défaut de la pédale.

L'entraînement des potentiomètres est réalisé par deux systèmes mécaniques indépendants.

QA23 Indiquer comment le μ Contrôleur détecte la rupture de l'un des deux systèmes mécanique d'entraînement des curseurs de la pédale.

A43 – Sécurité par rapport à un défaut de fonctionnement de l'ADC du microcontrôleur.

Pour s'assurer du bon fonctionnement du convertisseur du microcontrôleur principal IC50, la conversion du signal PVS2 est systématiquement doublée par le microcontrôleur IC54.

La communication entre les deux processeurs est réalisée au travers du bus constitué des fils MISO, MOSI, SCLK et /CS5.

QA24 Indiquer sur quelle entrée du processeur de surveillance IC54 est connectée l'information "pédale".

QA25 En vous référant à la documentation du composant IC54 DT 11 et 12, indiquer la valeur à mettre dans le registre ADCSR.

QA26 Proposer une méthode de calcul afin d'obtenir la valeur Npvs2 sur 10 bits à partir de ADCDRH et ADCDRL.

QA27 Proposer un algorithme du sous-programme qui gère l'acquisition de Pvs2. Celui-ci lancera l'acquisition, lira les registres et fera le calcul de Npvs2.

Problématique B.

Communication du microcontrôleur avec ses périphériques.

*Le microcontrôleur 80C167 gère l'ensemble du fonctionnement du calculateur.
Il possède 4 ports 8 bits et 4 ports 16 bits dans un boîtier P-MQFP de 144 broches.
Pour des raisons de complexité et de sécurité, il lui a été adjoint des périphériques.*

Le but de cette partie est :

- *d'analyser les solutions techniques qui permettent de mémoriser le programme, la cartographie spécifique à chaque type de moteur et les paramètres propres à chaque moteur.*
- *de justifier le type de communication entre le μC principal (SAB C167 CS) et ses périphériques.*

B1 Microcontrôleur IC50. (Voir DT2 et DT3)

QB1 Indiquer le type et la capacité des mémoires internes du 80C167.

--

Le μC dispose d'un bus d'adresses de 24 bits et d'un bus de données de 16 bits.

QB2 Donner son espace adressable en décimal et l'adresse maximum en hexadécimal.

--

B2 Mémoire Programme IC52. (Voir DT4 et DT5)

QB3 Préciser le type de mémoire utilisée et indiquer l'avantage d'avoir placé le programme dans ce type de mémoire plutôt qu'en EPROM.

--

QB4 Indiquer la capacité de la mémoire (en bit), puis son organisation d'après le schéma page suivante.

--

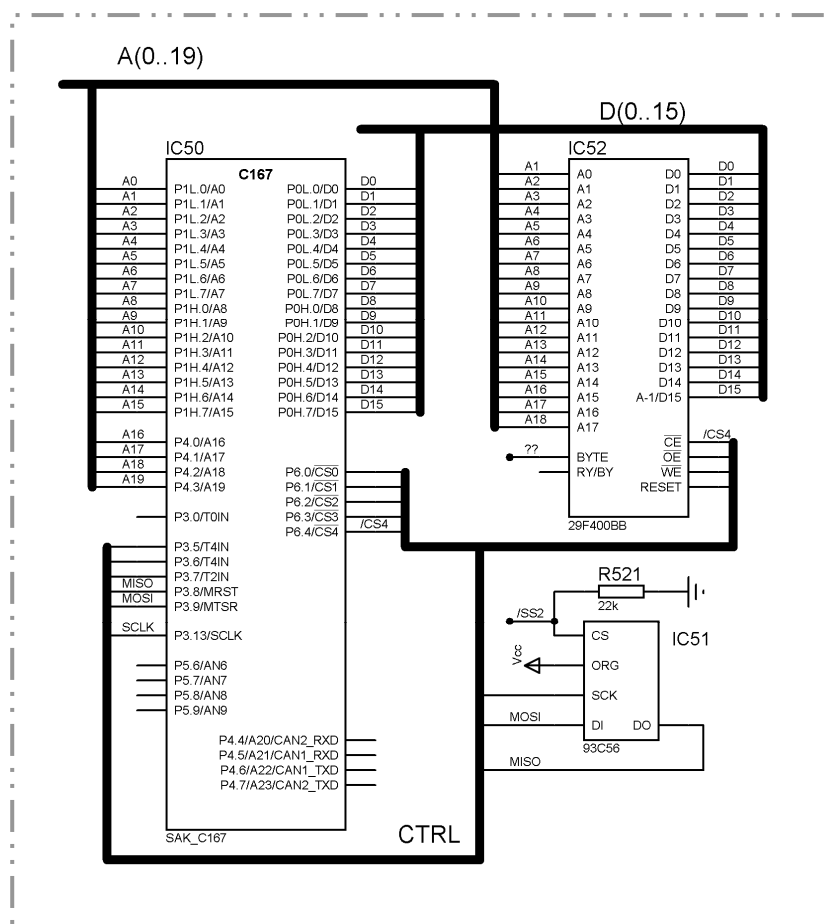
QB5 Calculer l'adresse maximum de la mémoire en binaire, en hexadécimal et en décimal.

QB6 Donner le rôle et l'activité de la broche /WE.

QB7 Préciser l'état logique à appliquer sur "BYTE" (voir schéma ci-dessous).

QB8 Donner la taille du 1^{er} secteur SA0.

Schéma réduit à la partie à étudier.



B3 Association Microcontrôleur / Mémoire.

QB9 A partir du schéma structurel, indiquer le mode d'adressage étendu (external memory access mode) utilisé. Préciser la valeur à mettre dans le registre BTYP (voir DT2).

QB10 Indiquer le type de transmission entre le μ C et la mémoire IC52.

Le programme complet est constitué de plusieurs parties. La partie "gestion normale" est stockée du secteur SA5 à SA8 compris. La cartographie est mémorisée en SA9.

QB11 Indiquer la plage d'adresse mémoire en hexadécimal correspondant à la partie "gestion normale".

QB12 En déduire la plage d'adresse pour le microcontrôleur (voir schéma page précédente).

Afin de sélectionner un seul périphérique, le μ C possède un générateur interne de Chip Select dont les sorties sont sur le port P6 (voir DT3).

QB13 Indiquer la valeur à mettre dans ADDRSEL4 afin de sélectionner IC52.

B4 Mémoire IC51

QB14 Indiquer le type de transmission entre le μ C et la mémoire IC51.

QB15 Préciser le type de mémoire utilisée et le type d'information qu'elle contient.

QB16 Justifier le format des données de 16bits et préciser la capacité.

La communication entre le microcontrôleur IC50 et la mémoire IC51 est réalisée au travers du bus constitué des fils MISO, MOSI, SCLK et /SS2.

QB17 Indiquer le nom usuel de ce bus et préciser le rôle de ses signaux constitutifs :

Nom du type de bus :

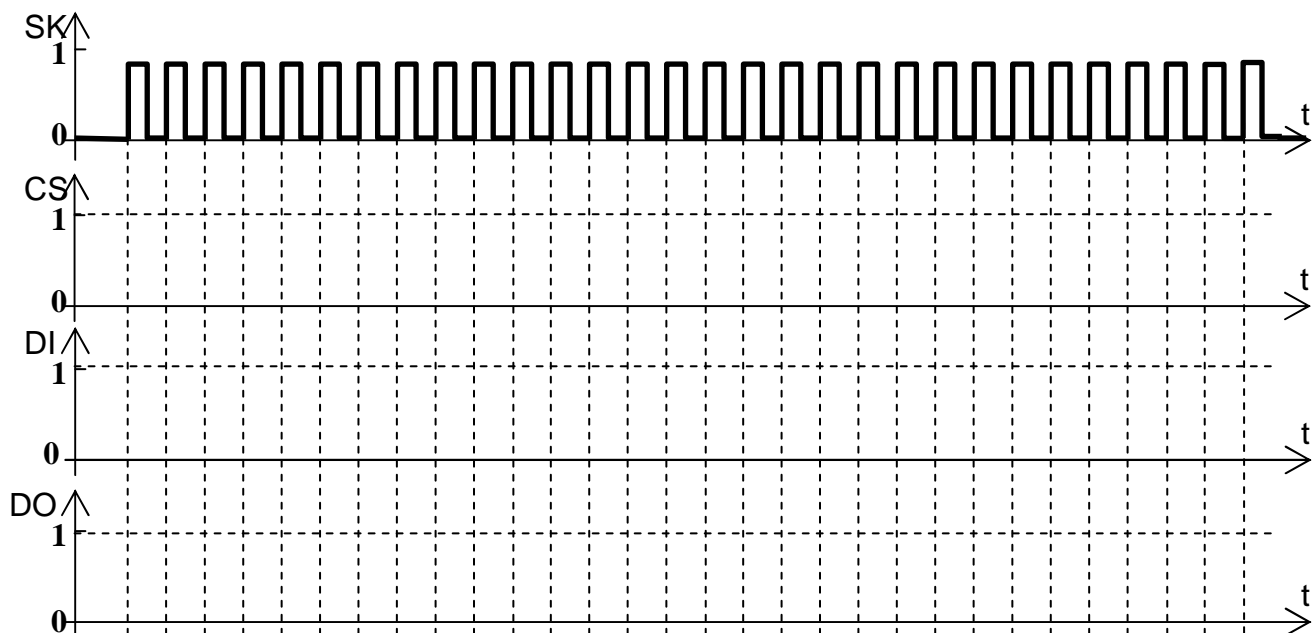
Rôle de SCLK :

Rôle de MISO :

Rôle de MOSI :

Rôle de /SS2 :

QB18 Tracer les chronogrammes lorsque le μ C demande le contenu de la case mémoire d'adresse décimale 100 et obtient la valeur : \$ 01C7.



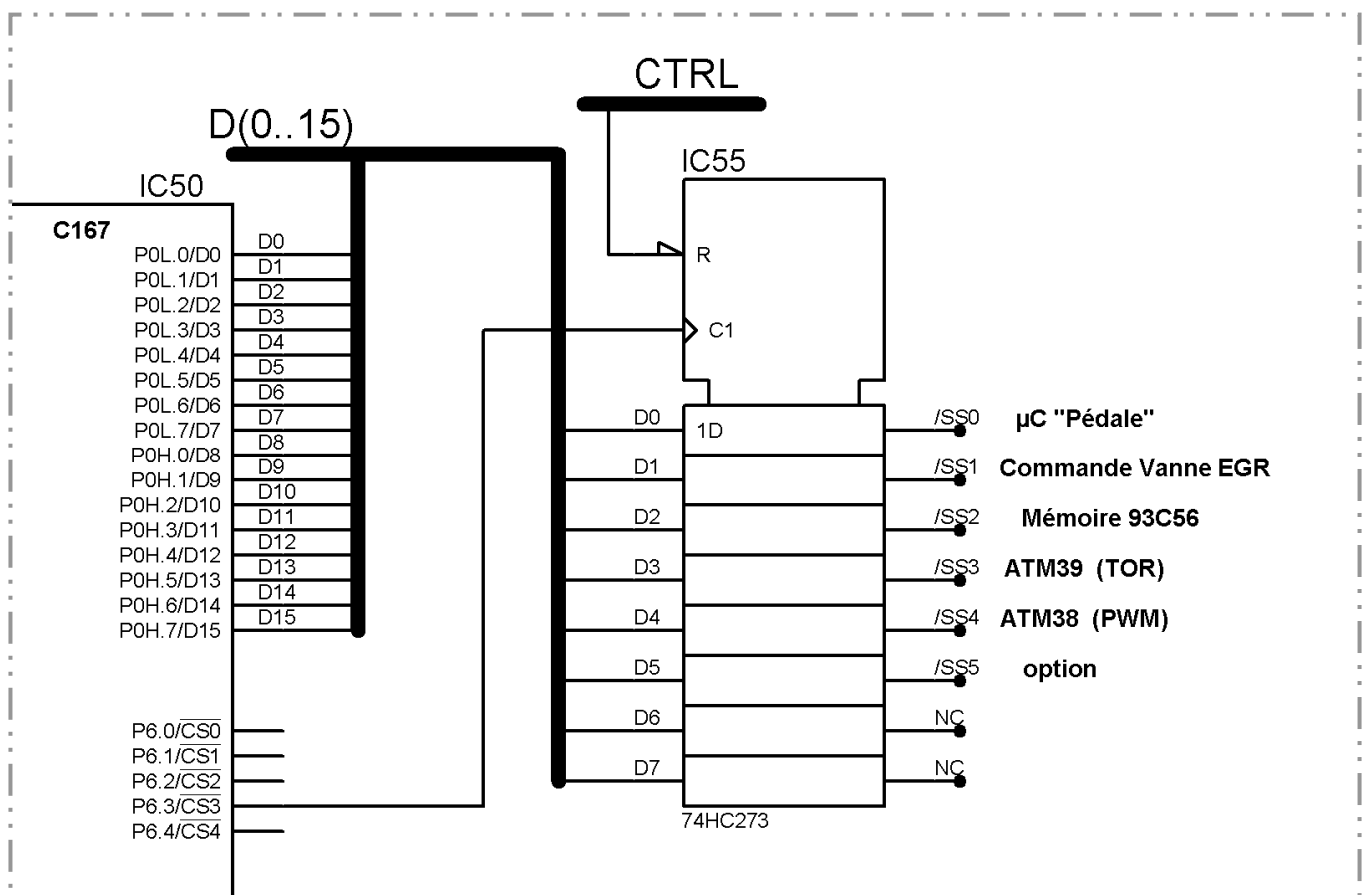
B5 Décodage des périphériques.

Les possibilités du générateur interne de Chip Select du μC sont limitées à 5 signaux de sélection.

Les besoins du calculateur fixent à 11 le nombre de périphériques, dont 6 sont connectés sur le bus étudié (IC51, IC54, IC61, IC64,...).


Leur décodage s'effectuera à l'aide de IC55 qui est une octuple bascule D (voir DT18).

Schéma réduit à la partie à étudier.



QB19 Proposer en quelques lignes, un principe de fonctionnement permettant la sélection de IC51. Préciser la valeur sur le bus de données.

Les composants autres que IC51 ont un /SS actif à "0".



B6 Communication par bus CAN. (Voir DT16 et 17)

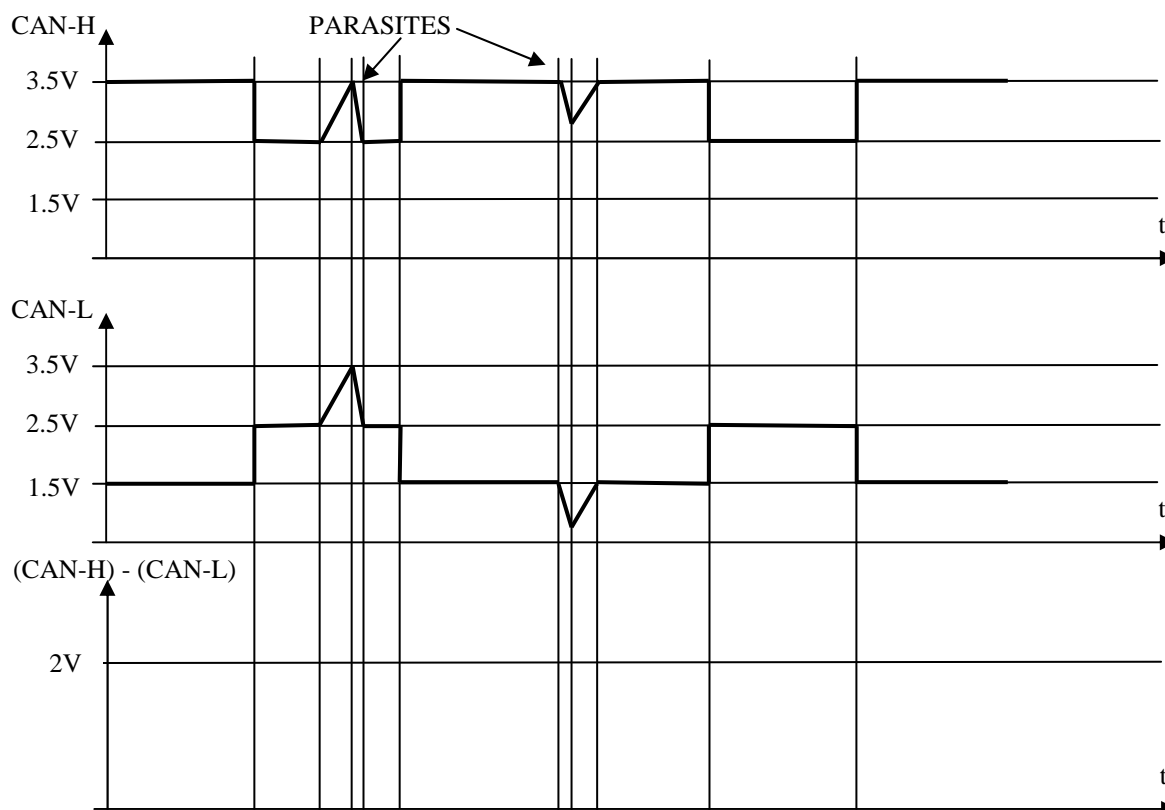
Le calculateur d'injection communique avec les autres calculateurs équipant le véhicule. Les informations transportées sont indispensables pour la sécurité.

La communication s'effectue au travers d'un bus CAN (Control Area Network).

Le but de cette partie est de mettre en évidence les protections mises en œuvre afin d'insensibiliser la communication aux parasites et d'analyser une trame.

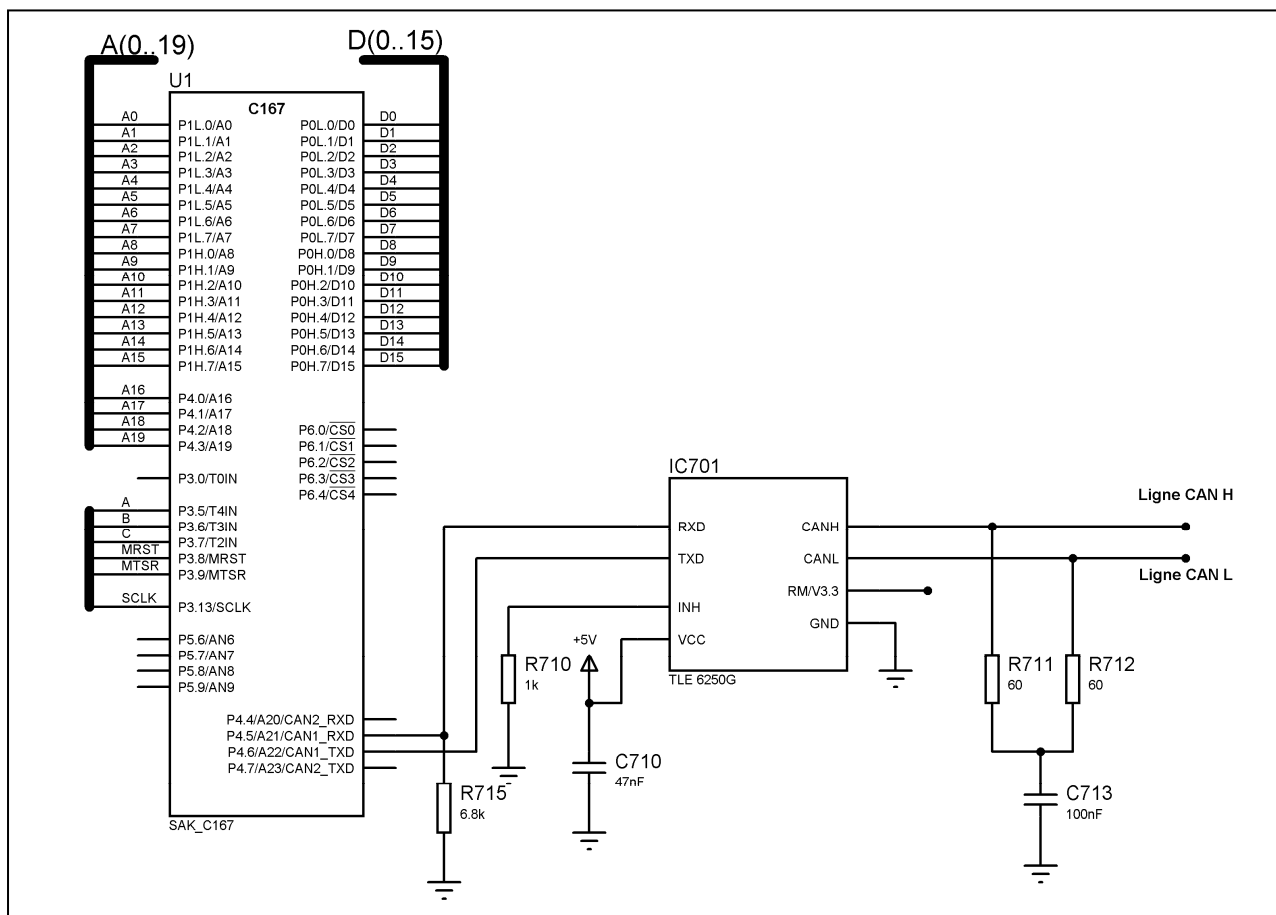
Les formes d'ondes ci-dessous montrent l'évolution des lignes CAN-H et CAN-L lors de l'échange de messages entre des équipements.

QB20 Tracer la forme d'onde de (CAN-H)-(CAN-L) en dessous des deux autres.



QB21 Conclure sur l'action des parasites sur le signal différentiel obtenu.

La communication entre le microcontrôleur et le bus CAN s'effectue par un circuit dédié d'interface TLE6250G de référence IC701 (voir DT14).

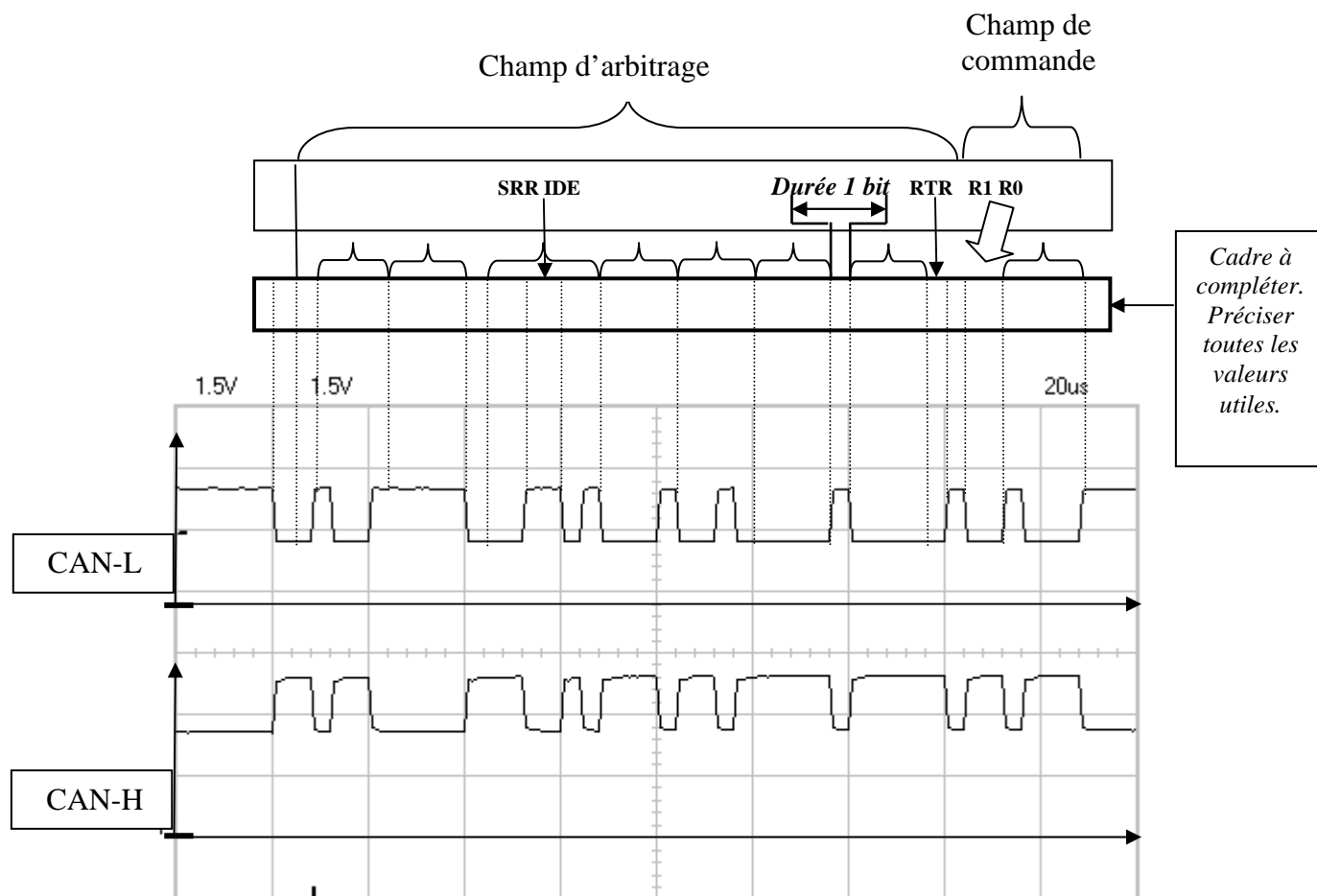


QB22 Donner et justifier le niveau logique sur la broche « RM » (voir DT14 et le « Block Diagram » du composant).

QB23 Déterminer le mode de fonctionnement du circuit TLE6250G (stand-by, receive-only ou normal).

QB24 Justifier le rôle des deux résistances R711 et R712 (C713 sera négligé).

Visualisation d'une trame émise par le calculateur (Base de temps = 20µs).
Première partie de la trame (voir DT16 DT17).



QB25 Compléter le cadre au dessus des chronogrammes en précisant l'état des différents bits et le réécrire ci-dessous.

QB26 Donner la durée d'un bit.

QB27 Quel est le débit de la transmission ?

QB28 Donner en le justifiant le type de format (standard ou étendu).

QB29 Donner l'identificateur contenu dans cette trame en binaire et hexadécimal.

--

QB30 Quel est le nombre d'octets de données ?

--

B7 Comparaison des différents types de communication.

QB31 Indiquer les avantages et inconvénients des trois types de bus étudiés.

--

Problématique C.

Commande des injecteurs.

Le micro processeur envoie une commande logique $INJx$ vers chaque injecteur :

- $INJx = "1"$: commande d'ouverture de l'injecteur n°x.
- $INJx = "0"$: commande de fermeture de l'injecteur n°x.

Pour avoir le meilleur rendement du moteur et pour réduire la pollution, plusieurs injections sont faites pendant un cycle moteur. Le mouvement de l'aiguille de l'injecteur doit être quasiment synchrone avec sa commande.

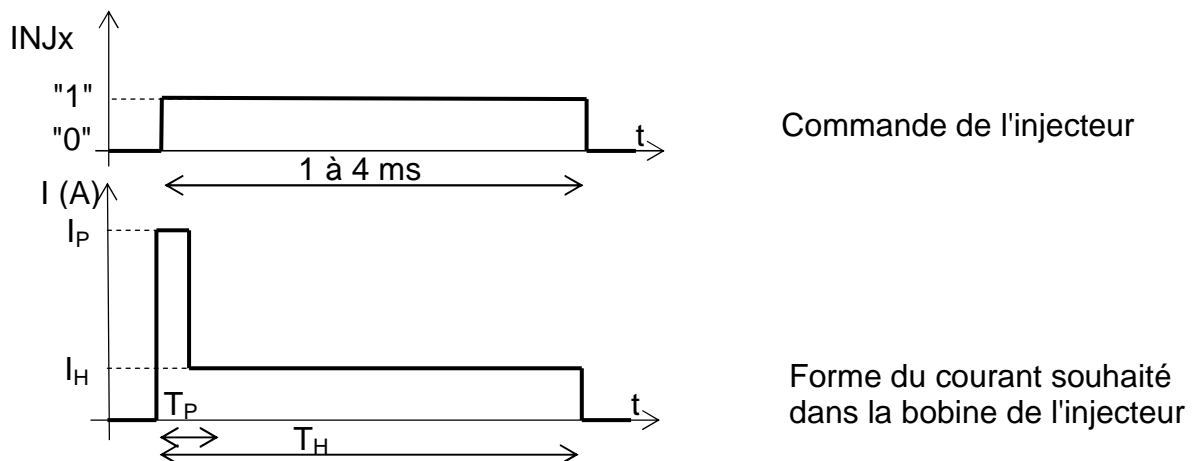
Une structure électronique spécifique permet d'optimiser la vitesse d'ouverture de l'injecteur.

Les injecteurs sont de type inductif : ils sont constitués d'une bobine avec un noyau mobile qui entraîne le déplacement de l'aiguille de l'injecteur.

Le but de l'étude est de :

- Vérifier que la structure permet d'appliquer un courant dans l'injecteur conforme à celui demandé par le constructeur d'injecteur.
- Valider le choix des composants de puissance.

Allure du courant injecteur souhaité par le fabricant d'injecteur.



Le gabarit souhaité du courant est composé de 3 parties :

- Une phase d'appel à forte intensité $I_P = 12A$ et de durée brève $T_P = 300\mu s$.
- Une phase de maintien d'intensité moyenne $I_H = 3A$ de durée variable T_H de 1 à 4 ms suivant la quantité de carburant à injecter.
- Une phase d'arrêt ($I = 0A$) quand l'injecteur est fermé.

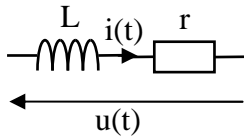
Pour la phase d'appel, le courant sera considéré comme **valide** s'il atteint son maximum en un temps inférieur à la moitié du temps T_P .

QC1 Indiquer le rôle de la surintensité de la phase d'appel.

C1 Étude de l'évolution du courant dans l'injecteur.

Le but est de valider que le courant d'appel est conforme au gabarit demandé.

Sur un plan électrique, l'injecteur peut être modélisé selon le schéma ci-dessous :



r : résistance de la bobine = $2\ \Omega$.

L : inductance de la bobine qui commande l'injecteur (cette valeur dépend de la position du noyau de commande).

L'étude portera uniquement sur la phase d'appel.

Pendant cette phase, l'injecteur est soumis à une tension constante : $U = V_{\text{BOOST}} = 75\text{ V}$.

Le but est d'établir l'expression du courant et d'en tracer son chronogramme.

QC2 Exprimer $u(t)$ en fonction de L , r et $i(t)$.

Hypothèse valable pour les questions Q22 à Q28 :

L'influence de la résistance r est négligeable.

QC3 Donner l'expression littérale simplifiée de di/dt pour la phase d'appel.

QC4 Montrer que le courant $i(t)$ évolue selon la relation $i(t) = k \cdot t + C$

QC5 Déterminer les constantes k et C (considérer $I = 0\text{ A}$ à $t = 0\text{ s}$).

L'injecteur est initialement fermé. Le noyau de commande est en position de repos.

La valeur de l'inductance de la bobine de l'injecteur est $L_1 = 1\text{ mH}$.

Lorsque le courant atteint 7 A , le noyau et l'aiguille commencent à se déplacer.

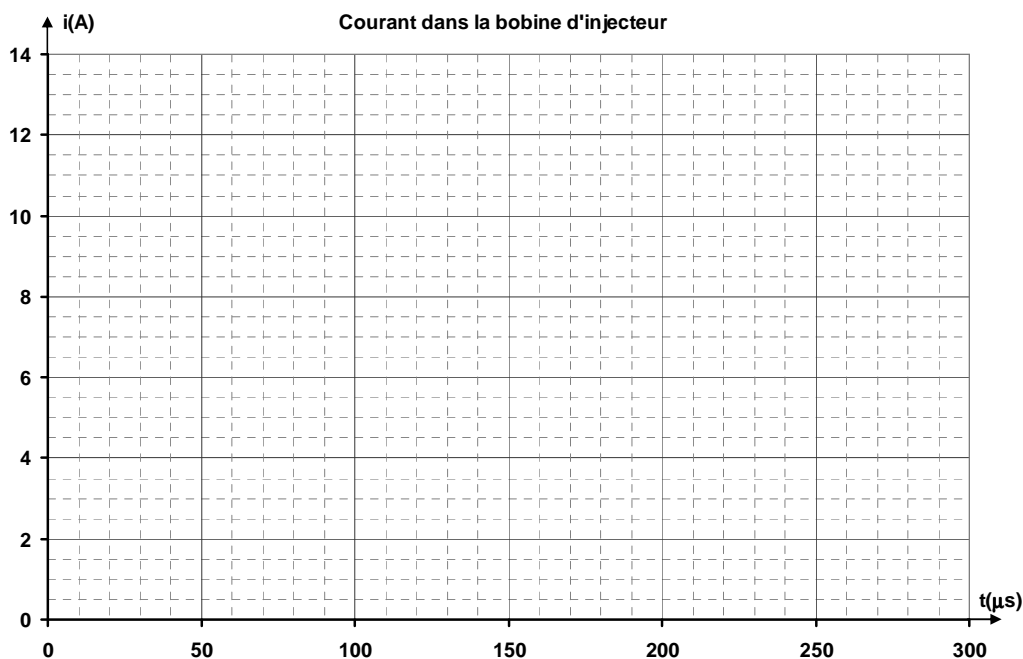
QC6 Calculer la durée t_1 correspondant au début du mouvement.

Lorsque le noyau a commencé à bouger la valeur de l'inductance de la bobine est quasiment constante $L_2 = 0,25$ mH.

QC7 Donner l'expression littérale de $i(t)$.

QC8 Déterminer la valeur de l'instant t_2 correspondant à la valeur maximale du courant.

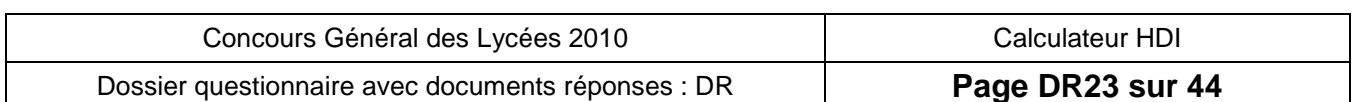
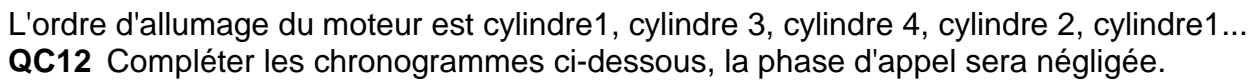
QC9 Représenter l'allure du courant $i(t)$ dans la bobine d'injecteur jusqu'à l'instant t_2 .



QC10 Le gabarit est-il respecté ?

QC11 Justifier l'hypothèse faite avant la question QC3.

Schéma complet :



QC13 Justifier l'association 1-4 et 2-3 des injecteurs.

QC14 Compléter le tableau ci-dessous pour l'injecteur 1 uniquement (voir schéma simplifié page suivante).

Pour les transistors : utiliser S (saturé) B (bloqué).

Pour les diodes P (passante) B (bloquée).

En déduire la valeur de la tension aux bornes de l'injecteur.

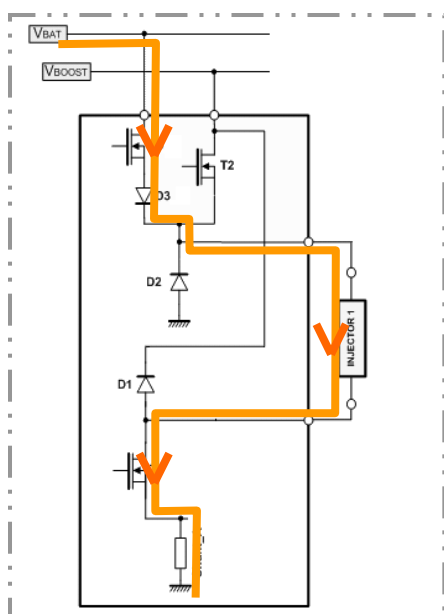
Rappel $V_{boost} = 75V$ et $V_{bat} = 14V$. Les composants seront supposés parfaits.

Composant Phase	T1	T2	T3	D1	D2	D3	Vinj
Maintien Alimenté	S						
Maintien Désalimenté	S						
Appel Alimenté	S						
Appel Désalimenté Mode1	S						
Appel Désalimenté Mode 2	B	B					

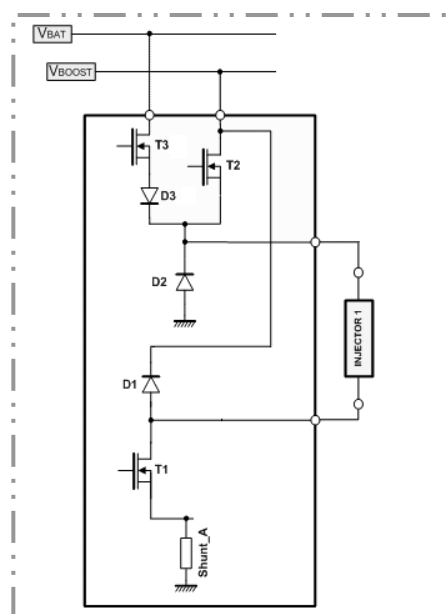
QC15 Tracer la circulation du courant injecteur pour les différentes phases de fonctionnement (cf. exemple ci dessous).

Phase de Maintien

Alimenté

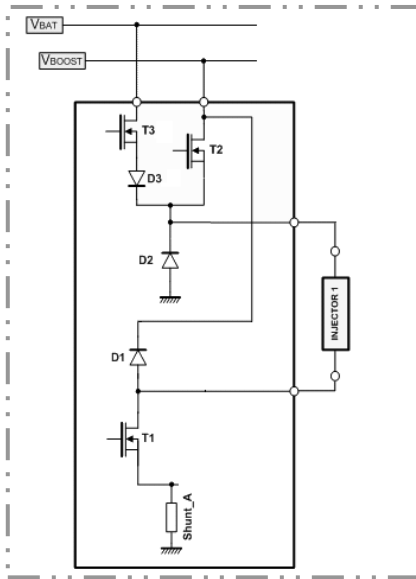


Désalimenté

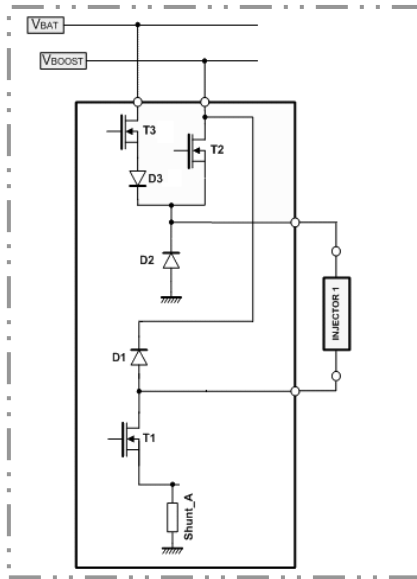


Phase d'Appel

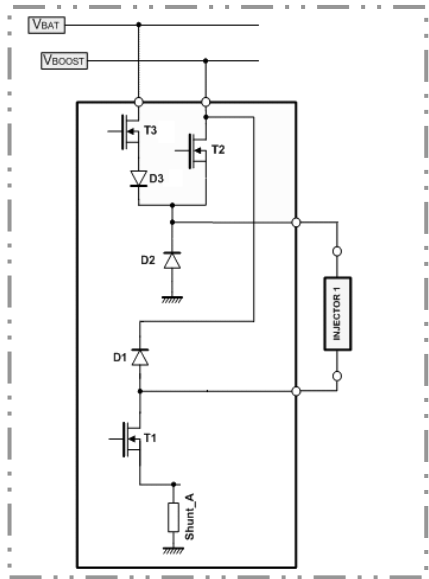
Alimenté



Désalimenté mode 1



Désalimenté mode 2



QC16 Préciser le rôle des diodes D1 et D2.

QC17 Quel est le rôle de D3 ?

QC18 Indiquer le mode de désalimentation qui est le plus adapté en fin de phase d'appel.

Validation du transistor.

QC19 Valider le choix du transistor T1 (voir DT10).

QC20 Vérifier la saturation du transistor T1.

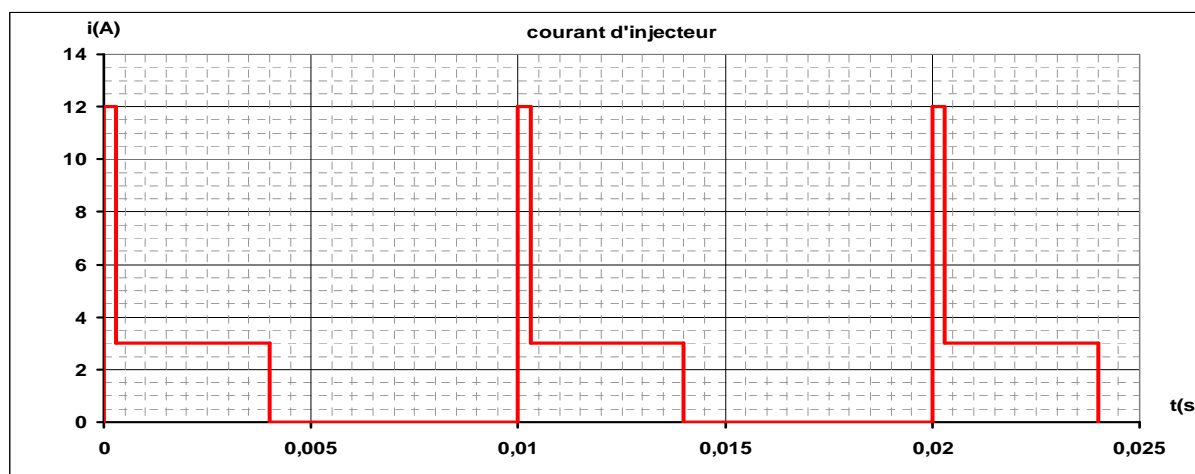
Donner l'expression littérale de la condition de saturation.

Préciser le nom et la valeur des paramètres extraits de la documentation.

Dissipation thermique.

L'encombrement du transistor T1 doit être le plus réduit possible, le choix s'est porté sur le package D²PAK, il serait souhaitable de ne pas avoir à y adjoindre un radiateur.

L'allure du courant d'injecteur peut être représentée de façon simplifiée selon le graphe ci-dessous :



QC21 Donner la formule de la puissance dissipée par le transistor. Préciser pour le courant le type de valeur (moyenne, efficace; maximum, ...) à utiliser.

QC22 Calculer par la méthode de votre choix (graphique ou calcul intégral), la valeur du courant d'injecteur.

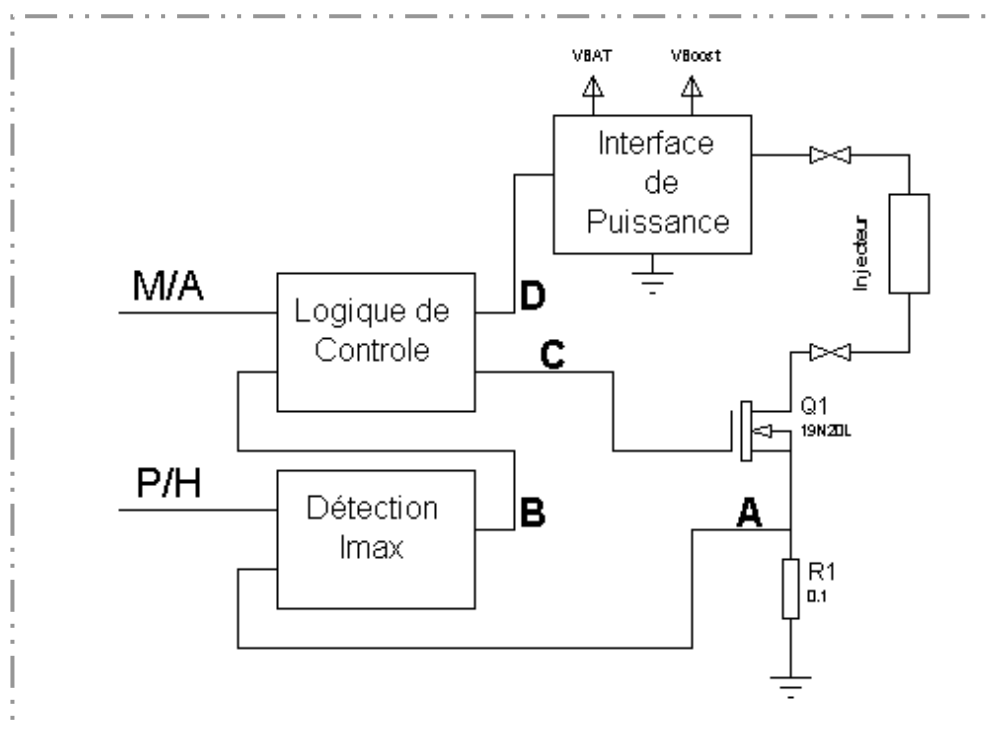
QC23 Calculer la température de jonction sachant que la température interne du calculateur peut varier de -25 à +90°.

QC24 Commenter l'utilité d'un radiateur.

QC25 Indiquer le nom et la valeur des paramètres de choix de la diode D2.

C3 Structure de gestion du courant moteur.

Schéma de principe :



Les signaux M/A (marche arrêt) et P/H (Peak / Hold) sont actifs à "1" (+5v).

L'étude sera faite en considérant les composants parfaits.

Les signaux B, C, D sont de type logique 0/5v.

Concours Général des Lycées 2010	Calculateur HDI
Dossier questionnaire avec documents réponses : DR	Page DR27 sur 44

QC26 Justifier la valeur de la résistance R1.

QC27 En déduire les valeurs de tensions VA_H et VA_P . (H : hold = maintien; P : peak = appel)

QC28 Choisir en le justifiant sa puissance parmi les valeurs suivantes : 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 5W, 10W, 15W.

Synthèse de la fonction "Détecter".

La sortie B de cette fonction passe à "1" lorsque VA est supérieure à la tension de référence interne sélectionnée par P/H.

QC29 Dessiner une structure permettant d'obtenir une tension de référence Vref de valeur VA_P ou VA_H suivant le signal P/H (dans la colonne gauche ci-dessous).

QC30 Dessiner le LM2901 dans la colonne de droite ci-dessus (préciser les points A et B, bien faire apparaître le + et – des entrées du LM2901) (voir DT13).

QC31 Calculer les valeurs numériques des composants.

QC32 Indiquer la particularité de la sortie du LM2901. En déduire le composant à rajouter. Justifier son rôle. Le dessiner dans la colonne de droite de la question Q29.

QC33 Proposer en le justifiant une valeur normalisée pour le composant à rajouter. Donner une expression littérale avant de passer au calcul numérique. Préciser le nom et la valeur des paramètres extraits de la documentation.

QC34 Quelle information donne le paramètre VCM ? Ce paramètre est-il validé ? Justifier.

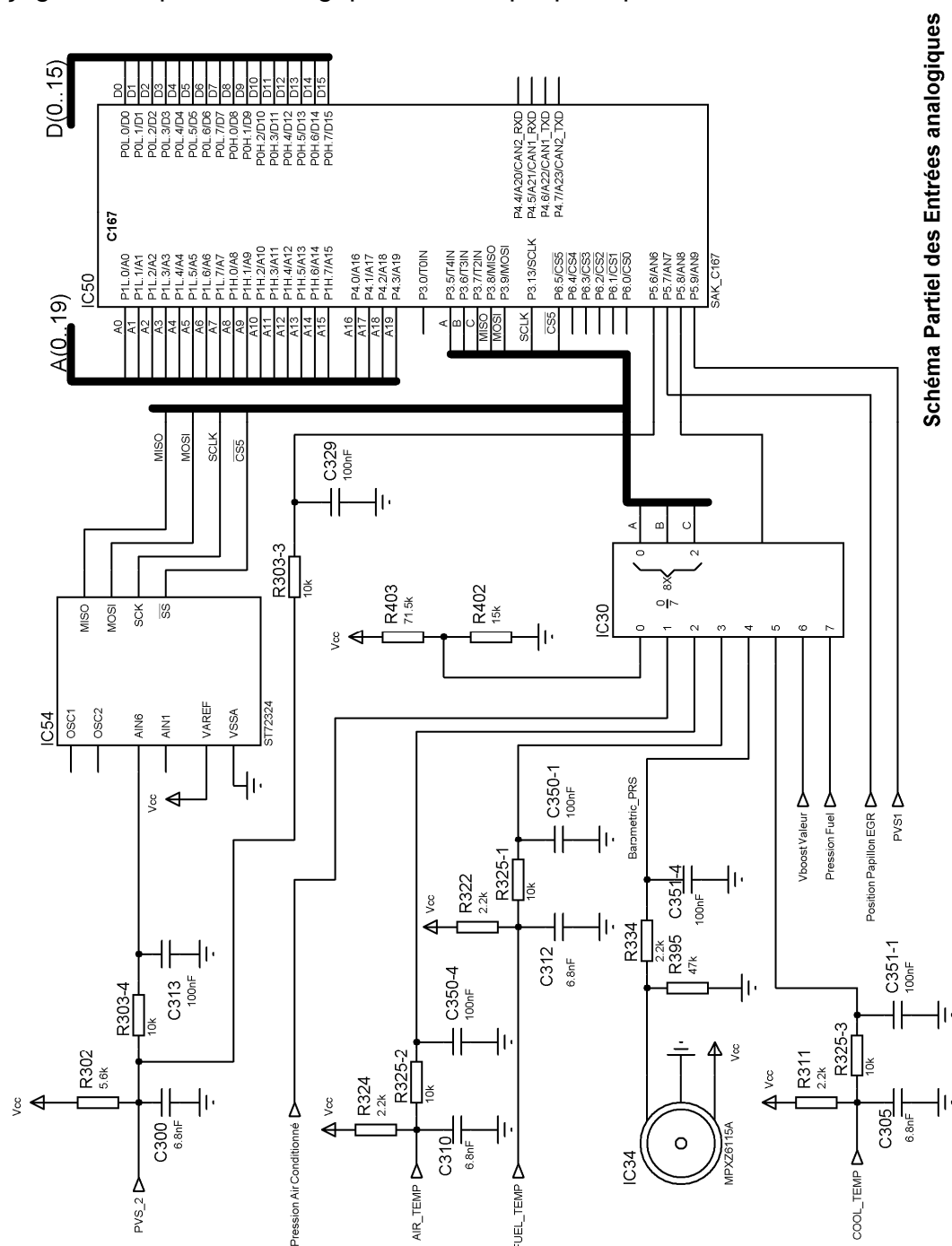
Problématique D.

Commande des groupes moto-ventilateur.

La connaissance des températures de l'air, de l'eau, du gazole et de la pression atmosphérique est fondamentale dans l'algorithme de commande du moteur. Une surchauffe dans le circuit de refroidissement pourrait entraîner par exemple une destruction irrémédiable du moteur.

Le but de cette partie est de justifier les solutions permettant le pilotage des groupes moto-ventilateur, à partir de l'information issue du capteur de température COOL_TEMPERATURE (température du liquide de refroidissement).

L'interfaçage des capteurs analogiques avec le µC principal IC50 est donné ci-dessous :



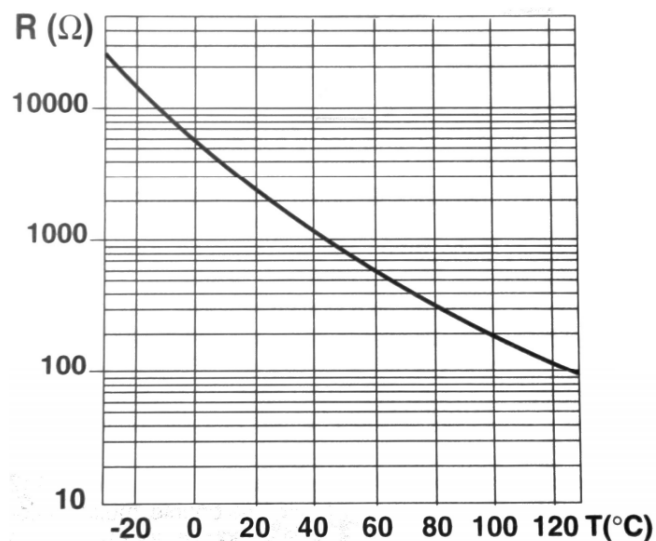
D1 Acquisition de l'information « Température liquide refroidissement ».

Le capteur de température d'eau (en fait du liquide de refroidissement) est une CTN.

C'est-à-dire une résistance dont la valeur diminue lorsque la température augmente.

L'information délivrée par cette sonde est dénommée « COOL-TEMP ».

Sa caractéristique de transfert est donnée ci-contre :



Modélisation du capteur :

La résistance d'une CTN est modélisable par

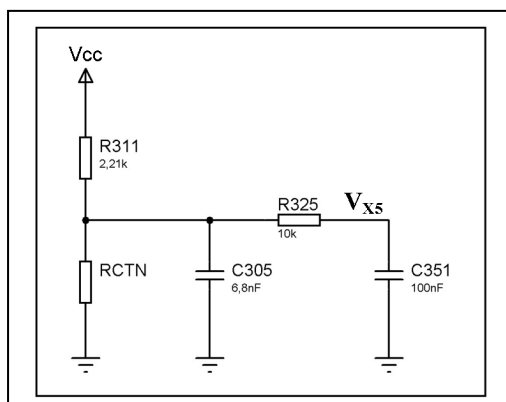
une équation du type $R_{CTN} = A \times e^{\frac{B}{T}}$ (avec T température exprimée en K).

$$\text{Rappel : } K = ^\circ C + 273$$

QD1 En utilisant la courbe ci-contre, évaluer les valeurs de A et B caractéristiques de la sonde.

Conditionnement du signal.

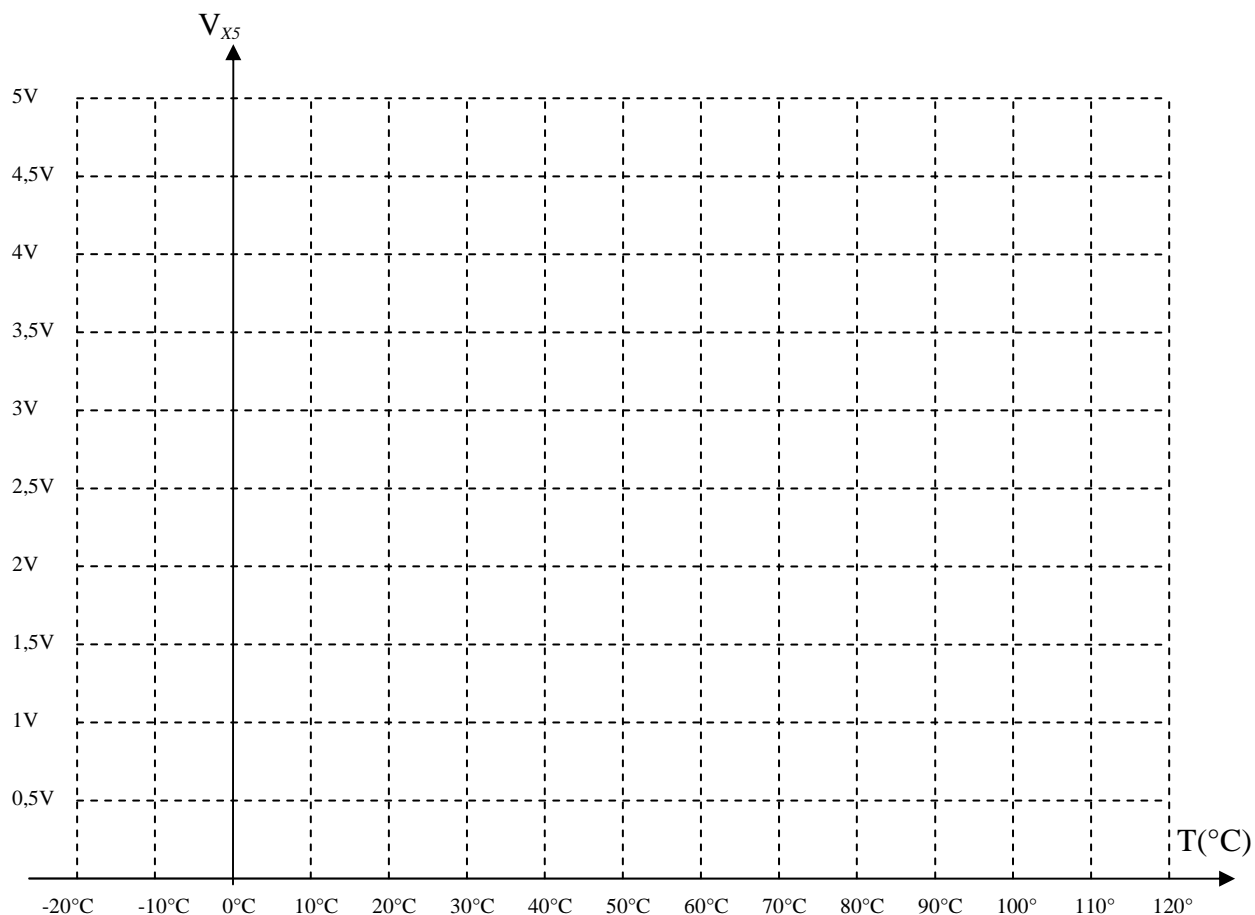
Le montage utilisé pour la mesure de température est le suivant :



QD2 Exprimer littéralement V_{X5} en fonction de R_{CTN} lorsque les tensions sont continues.

QD3 Exprimer V_{X5} en fonction de la température dans les mêmes conditions.

QD4 Représenter sur le graphe ci-dessous la fonction de transfert V_{X5} en fonction de la température.



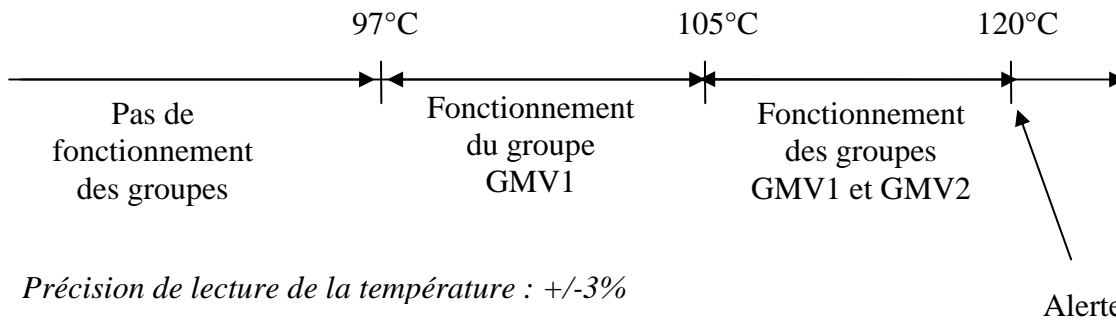
Lecture de la température par le microcontrôleur.

Deux plages de fonctionnement sont particulièrement importantes pour la gestion du véhicule :

- de -20°C à $+50^{\circ}\text{C}$: la lecture de la température permet de doser l'enrichissement du moteur (fonction starter).
- de 90°C à 120°C : la lecture de la température permet de gérer le démarrage des groupes moto-ventilateur (GMV1 et 2) pour refroidir le moteur.

Nous nous intéresserons ici à la plage $90-120^{\circ}\text{C}$.

Le fonctionnement des GMV est défini selon le cahier des charges suivant :



QD5 Parmi les composants proposés DT 8 et DT9, choisir et justifier le composant convenable pour IC30.

QD6 Justifier l'ajout de IC30 par rapport aux capacités du microcontrôleur.

QD7 Déterminer les niveaux logiques à appliquer sur A, B et C pour effectuer la lecture de la tension COOL-TEMP.

La tension V_{x5} est convertie sur un convertisseur 10bits unipolaire 0/5V interne au microcontrôleur.

QD8 Quelle est la valeur lue sur ce convertisseur lorsque la température est de 90°C puis de 120°C ?

La courbe n'étant pas linéaire, le constructeur a choisi cependant de considérer que celle-ci est une droite dans la plage 90-120°.

QD9 Quel est l'intérêt de cette linéarisation ?

Validation de la précision de la lecture de la température :

La linéarisation de la courbe donne l'équation suivante :

$$N = \text{Partie entière} (266,24 - 1,77 \times \text{Température exprimée en } ^\circ\text{C})$$

Cette approximation apporte une erreur sur la lecture de la température.
Le constructeur fixe que cette erreur doit être inférieure à 3%.

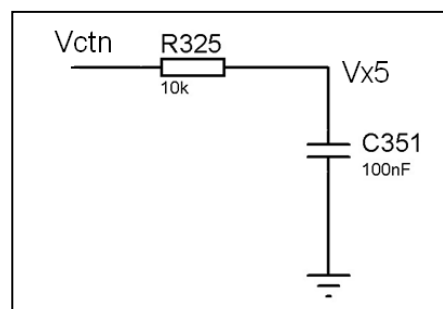
La valeur de N correspondant à 97°C est de 91 sans linéarisation.

QD10 Montrer que l'erreur apportée par la linéarisation sur N est inférieure à 3%.

Filtrage de l'information de température :

L'information de température issue du capteur est filtrée par la structure ci-contre :

QD11 Quelle est la nature de ce filtre ?



QD12 Quelle est sa fréquence de coupure ?

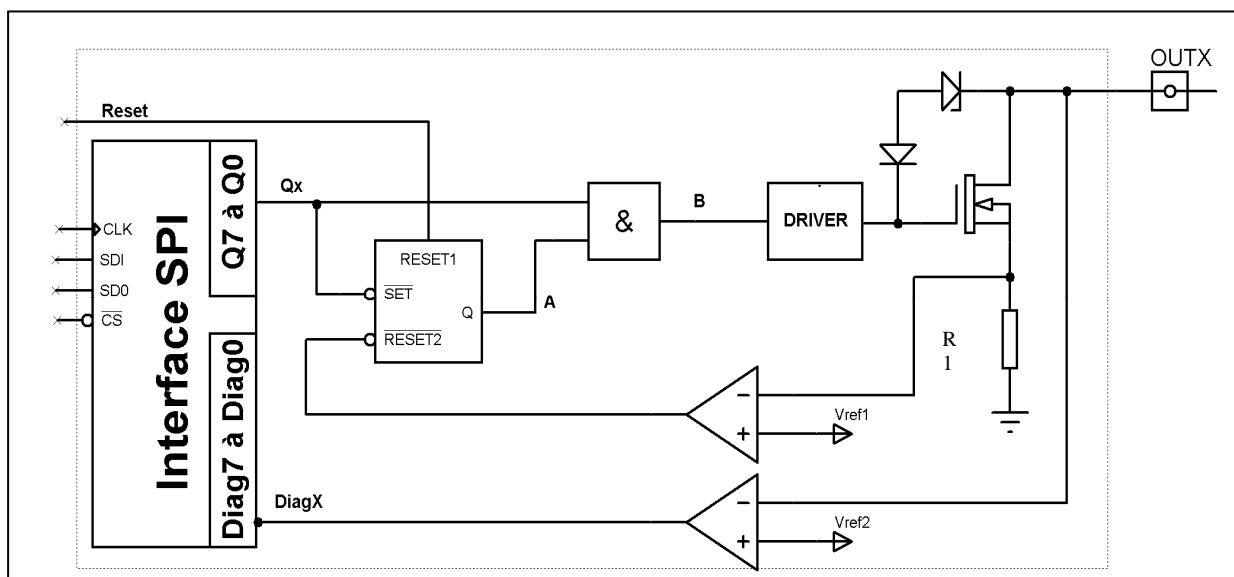
QD13 Quelle est l'atténuation en dB apportée par ce filtre sur des évolutions proches de 1Hz (variations dues à une évolution de la température dans le moteur) ?

QD14 Quelle est l'atténuation en dB apportée par ce filtre sur des évolutions proches de 16kHz (variations dues à des parasites électriques) ?

QD15 En déduire le rôle du filtre.

D2 Interfaceage de puissance du groupe moto-ventilateur.

La commutation de la puissance dans les groupes moto-ventilateurs est réalisée par le composant ATM39 dont le schéma interne pour une sortie est donné ci-dessous :



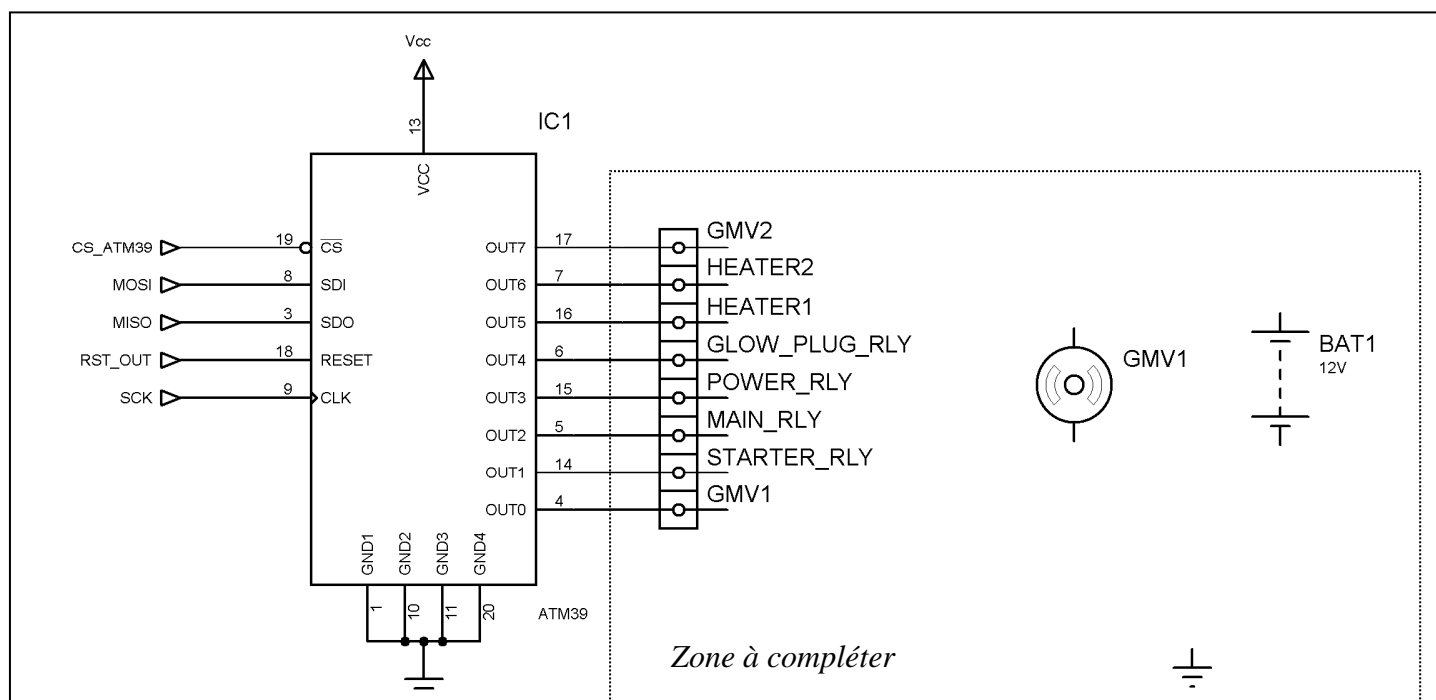
L'état des signaux Qx (Q7..0) peut être positionné via la liaison SPI.

L'état des signaux Qx (Q7..0) et DiagX (Diag7..0) peut être lu via cette même liaison.

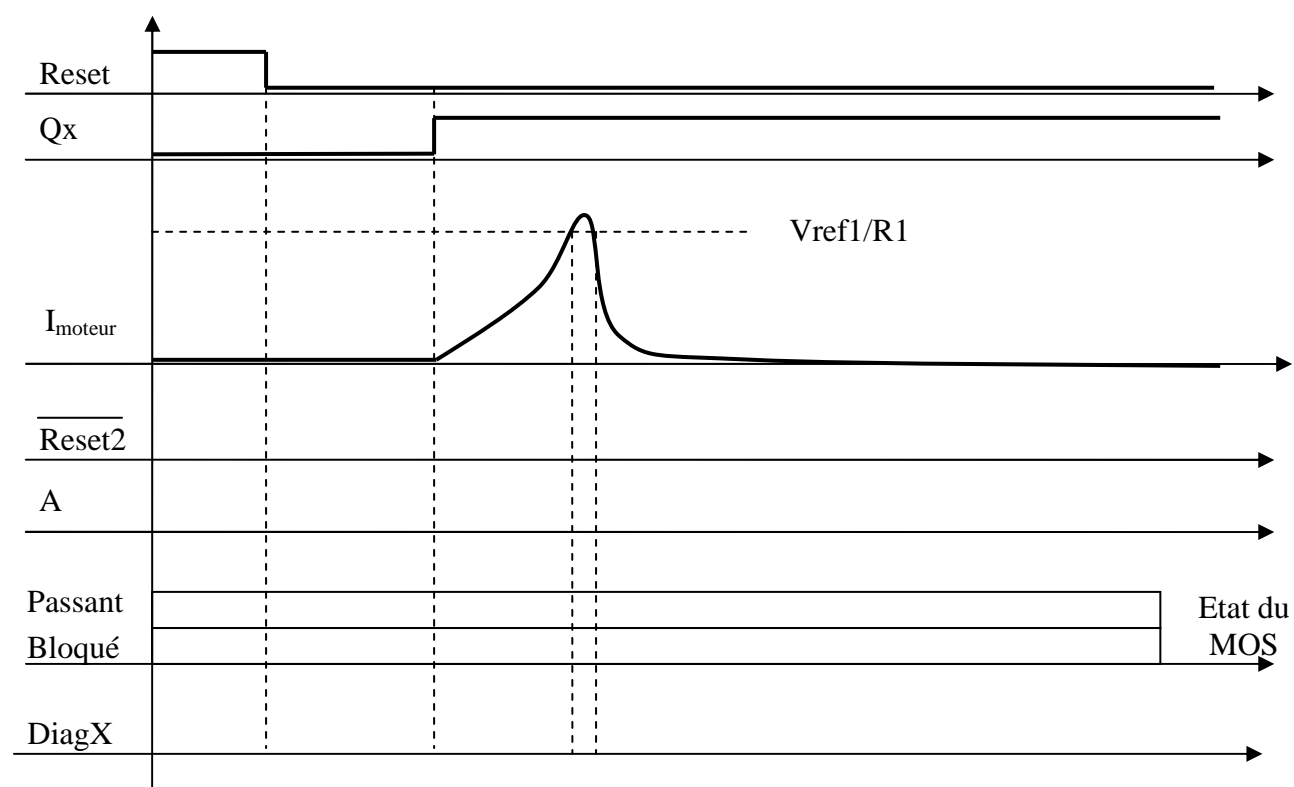
Si B est à 1, le transistor MOS est passant, sinon il est bloqué.

L'entrée RESET1 est prioritaire sur les entrées SET et RESET2.

QD16 Compléter le schéma ci-dessous afin de réaliser le câblage du moteur GMV1.
(Insérer une diode de roue libre)



QD17 Compléter ci-dessous le chronogramme de fonctionnement de l'étage de puissance.
(Pour le MOS, noircir les cases : état passant ou bloqué)



Le chronogramme précédent illustre la protection du calculateur lors d'une surintensité.

Dans un véhicule moderne, l'autodiagnostic des pannes est indispensable afin de minimiser le temps d'intervention.

Dans le cas des GMV, trois types de défaut peuvent se produire :

- o la sortie GMV n'est pas branchée (OL = Open Load),
- o la sortie GMV est en court-circuit avec la masse (SCG = Short Circuit Ground),
- o la sortie GMV est en court-circuit avec la batterie (SCB= Short Circuit Battery).

QD18 Compléter avec le sigle NF (No Default) ou les sigles d'erreur OL, SCG, SCB les situations correspondant aux combinaisons des Signaux Q_x et Diag_x.

Q _x	Diag _x	Situation de la sortie correspondante
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Problématique E.

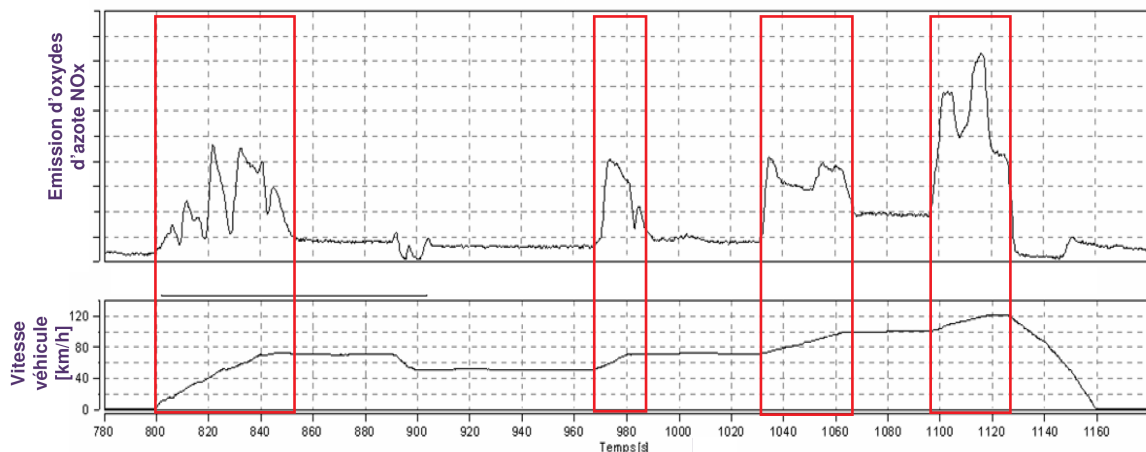
Dépollution des émissions nocives.

Le but de cette partie est de valider les solutions techniques mises en oeuvre par le constructeur pour positionner le clapet de la vanne EGR qui participe au recyclage des oxydes d'azote (NOx).

E1 Solutions technologiques de dépollution.

Dépollution des NOx.

QE1 Indiquer à partir des relevés ci-dessous, les phases de conduite lors desquelles se produisent les plus importantes émissions de NOx.



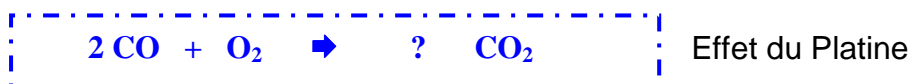
Dépollution du Monoxyde de carbone, des hydrocarbures et des oxydes d'azote.

La technique du catalyseur utilise 2 procédés chimiques :

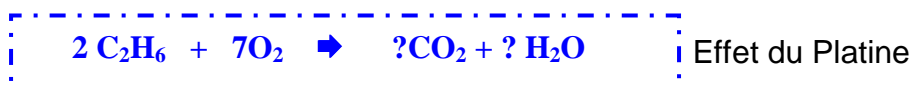
- l'oxydation : combinaison d'un corps avec de l'oxygène,
- la réduction : réaction chimique qui dégage de l'oxygène.

QE2 Compléter les équations chimiques ci-dessous. On remplacera le point d'interrogation « ? » par la valeur recherchée afin d'équilibrer et compléter ces trois équations chimiques.

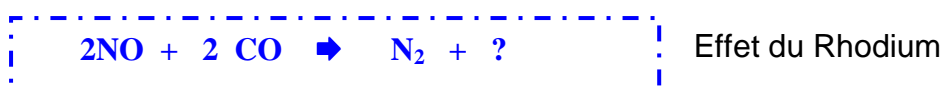
Oxydation du Monoxyde de Carbone :



Oxydation des hydrocarbures :



Réduction des oxydes d'azote :



Concours Général des Lycées 2010	Calculateur HDI
Dossier questionnaire avec documents réponses : DR	Page DR38 sur 44

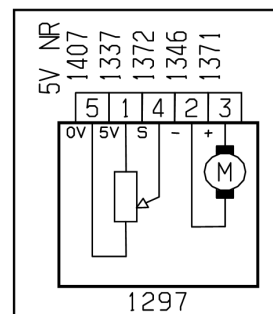
E2 Composants du pilotage de la vanne EGR.

La position désirée du clapet (ou volet) de la vanne EGR est déterminée par le microcontrôleur.

La commande s'effectue par un signal électrique (tension) de type MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) ou PWM (Pulse Width Modulation). Ce signal pilote un amplificateur de puissance alimentant l'actionneur qui entraîne le clapet laissant passer plus ou moins de gaz d'échappement.

Un capteur de position informe le calculateur sur la position réelle de la vanne.

Le connecteur de la vanne EGR est représenté ci-contre :



QE3 Quel est le type de capteur de position utilisé ?

QE4 Donner un encadrement de la tension électrique mesurée entre les bornes 4 et 5.

QE5 Quel est le type d'actionneur utilisé ?

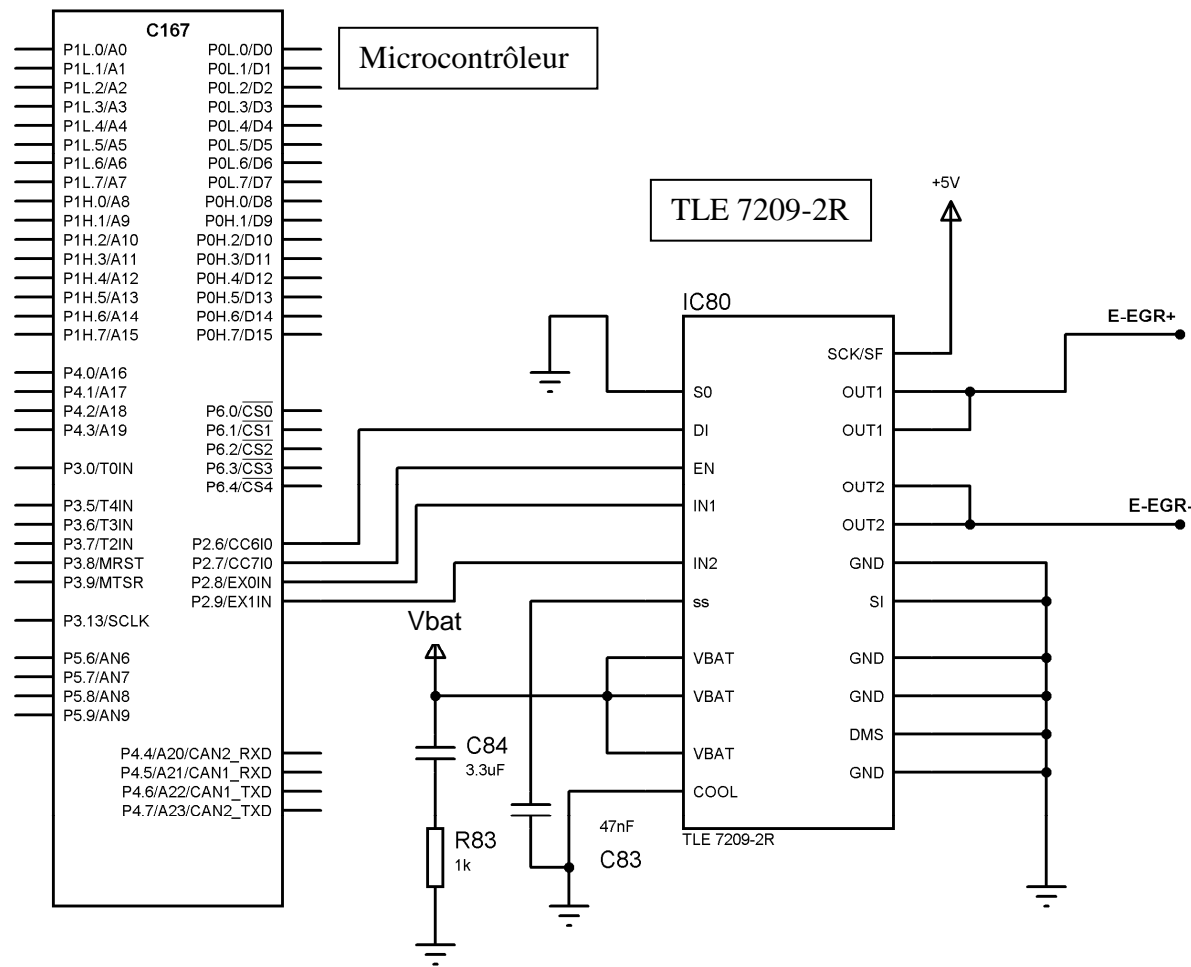
QE6 Dessiner le modèle équivalent de l'induit de ce moteur.

QE7 Donner les 2 relations qui relient les grandeurs électriques du moteur à ses grandeurs mécaniques (préciser les unités).

COMMANDE DE LA VANNE EGR

Le microcontrôleur principal utilise le circuit TLE7209-2R (amplificateur de puissance) pour piloter le moteur de la vanne EGR. Dans cette partie, seule la commande est prise en compte et non pas le retour de position du clapet.

L'alimentation du moteur s'effectue sur les bornes notées E-EGR + et E-EGR -. Le microcontrôleur commande cette interface par les lignes connectées à DI, EN, IN1 et IN2



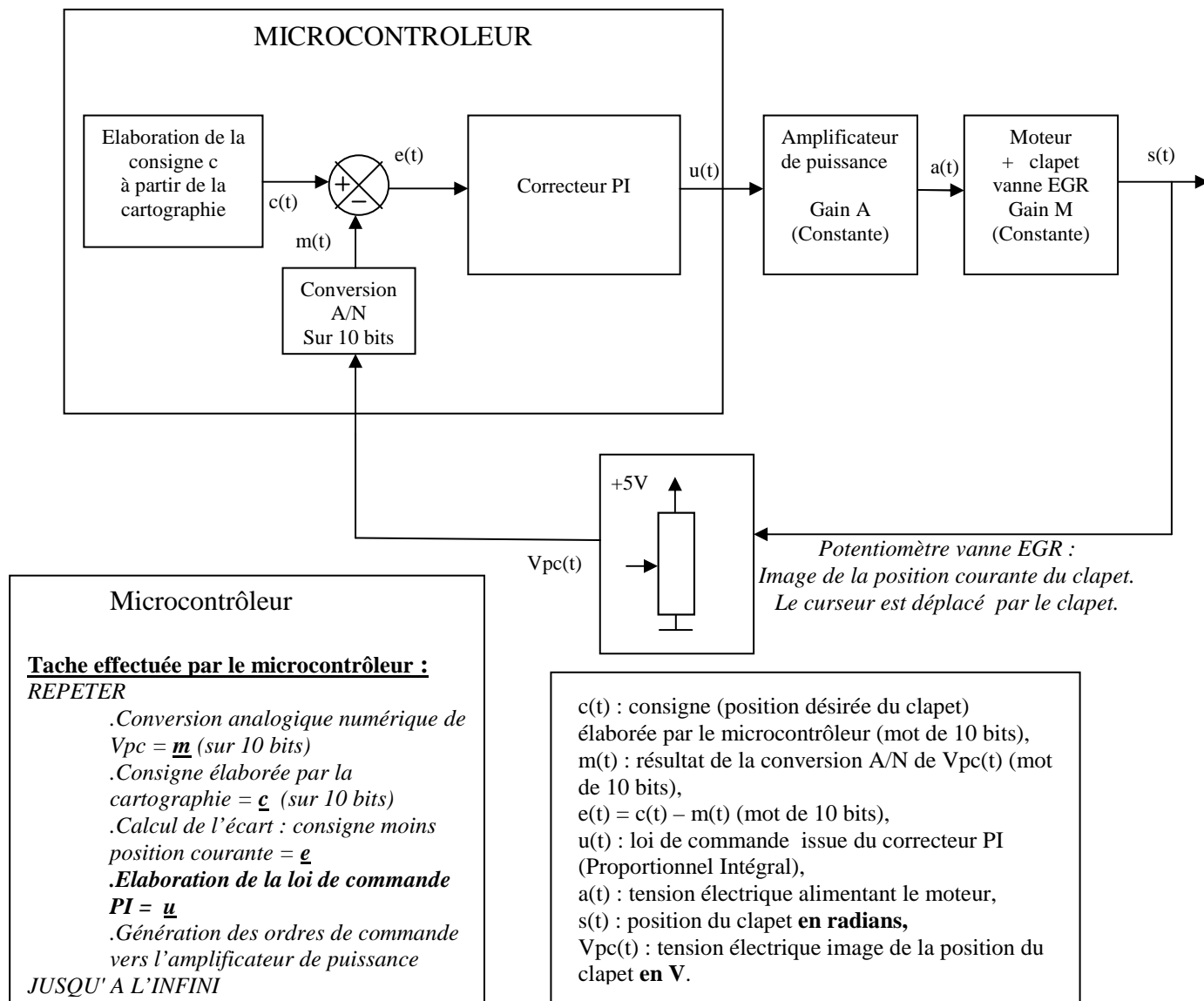
QE8 À partir de la documentation technique du circuit TLE7209-2R, déterminer les deux lignes d'entrée de ce circuit assurant le pilotage complet du moteur de la vanne sur les broches OUT1 et OUT2.

E3 Asservissement de position du volet de la vanne EGR.

Problématique : comment assurer une mise en position optimale du volet de la vanne pour un point de fonctionnement donné du moteur ?

Pour minimiser la pollution, il est impératif de positionner ce volet avec une certaine ouverture afin de réinjecter des gaz brûlés dans la chambre de combustion. Ce positionnement doit être rapide et le plus précis possible. On utilise à cette fin un asservissement. Pour cela le microcontrôleur principal envoie une *consigne* de position à la vanne. Le potentiomètre de recopie renvoie à ce dernier la *position courante du clapet*. Plus précisément, la mesure de l'écart entre la valeur désirée et courante du clapet (signal d'erreur $e(t)$) est analysée afin de définir une loi de commande $u(t)$ vers l'amplificateur du moteur permettant au clapet de la vanne d'arriver à sa position finale de façon optimale.

Détail du traitement du microcontrôleur. (Limité à la gestion de la vanne EGR)



L'asservissement est effectué par le microcontrôleur qui procède par prélèvement d'échantillons (échantillonnage). Ce nombre d'échantillons étant élevé, il est possible de considérer l'asservissement en régime continu.

La sortie de la commande PI (Proportionnel Intégral) notée $u(t)$ est élaborée de façon générale à partir du signal d'erreur $e(t)$ suivant la formule mathématique ci-dessous :

EQ1 :
$$u(t) = K_p.e(t) + T_i.\int_0^t e(v).dv$$

QE9 Retrouver les 2 composantes PI dans la formule de $u(t)$.

Partie « Proportionnel » =

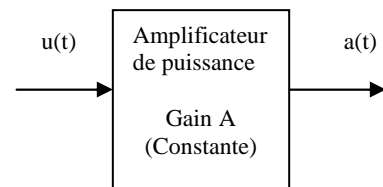
Partie « Intégral » =

Sensibilisation à l'action du correcteur PI.

Problématique : comment agit le correcteur PI pour obtenir un positionnement optimal du clapet ?

Identification des éléments :

La lecture des schémas blocs donne pour l'exemple ci-contre $a(t) = A.u(t)$



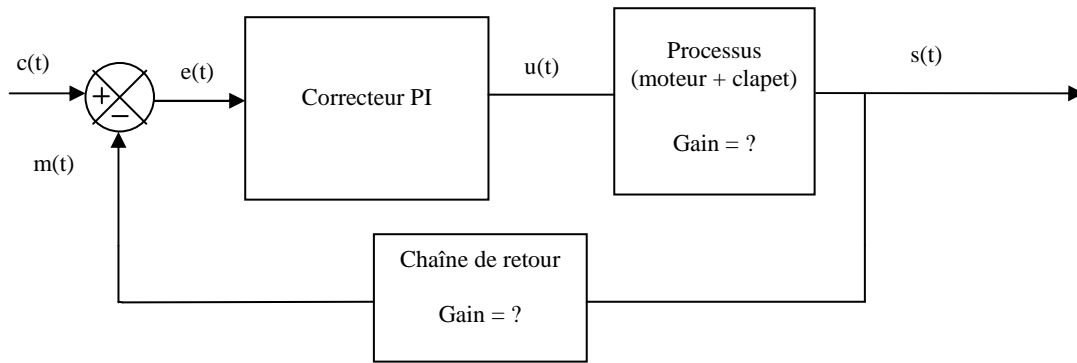
QE10 Exprimer $s(t)$ en fonction de $u(t)$. On prendra $A = 10$ et $M = 10$ (unités légales).

La position du clapet $s(t)$ est comprise entre 0 (fermé) et $\pi/2$ (ouvert).
(Cela correspond à une consigne $c = 0$ (fermé) ou 1023 (ouvert)).

QE11 Exprimer $V_{pc}(t)$ en fonction de $s(t)$.

QE12 Exprimer $m(t)$ en fonction de $V_{pc}(t)$ en « linéarisant » le convertisseur A/N c'est-à-dire en supposant que $m(t)$ est une droite.

Schéma bloc équivalent et identification des éléments.



QE13 Donner le gain du processus moteur + clapet (valeur numérique).

QE14 Donner le gain de la chaîne de retour (valeur numérique).

Correction proportionnelle.

On suppose que $u(t) = K_p \cdot e(t)$.

On a : $e(t) = c(t) - m(t)$.

QE15 Exprimer $s(t)$ en fonction de $c(t)$ et de K_p .

On souhaite une ouverture du clapet de $\pi/4$. K_p est égal à 10^{-4} . La consigne $c(t)$ vaut 512.

QE16 Calculer la valeur atteinte par $s(t)$. L'ouverture souhaitée du clapet est-elle atteinte ?

QE17 Quelle est la condition sur K_p pour obtenir la valeur correcte de $s(t)$? Es-ce réalisable?

Correction proportionnelle et intégrale.

On suppose que $u(t) = K_p.e(t) + T_i.\int_0^t e(v).dv$ où $K_p = 10^{-4}$ et $T_i = 0.0346$.

On obtient une évolution temporelle de la forme $s(t) = 0.786.(1 - e^{-300t})$ pour une consigne $c(t)$ égale toujours à 512 (ouverture de $\pi/4$ du clapet).

QE18 Conclure lorsque t tend vers l'infini.

QE19 Quel est l'apport de la partie « intégrale » dans la génération de la commande du PI ?