

Épreuve d'admissibilité de modélisation d'un système, d'un procédé ou d'une organisation

A. Présentation de l'épreuve

Texte de référence : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98755/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-sciences-industrielles-de-l-ingenieur.html>

- Durée totale de l'épreuve : 4 heures
- Coefficient 1

L'épreuve est spécifique à l'option choisie.

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de conduire une analyse critique de solutions technologiques et de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour élaborer et exploiter les modèles de comportement permettant de quantifier les performances d'un système ou d'un processus lié à la spécialité et définir des solutions technologiques.

B. Sujet

Le sujet est disponible en téléchargement sur le site du ministère à l'adresse :

https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg_interne/25/4/s2022_agreg_interne_sii_electrique_2_1424254.pdf

Le support de l'étude est un système de guidage dynamique pour parking « LEADER PARK® ». C'est un système de guidage et comptage dynamique pour parking de toute dernière génération qui fournit en temps réel toutes les informations d'occupation, pour les usagers (guidage fiable et intuitif vers les places libres) et pour les exploitants (vision en temps réel, fréquentation, temps de présence, rotations, zones, statistiques, etc.).



C. Éléments de correction

Partie A – VÉRIFICATION DE LA DÉTECTION D'UN VÉHICULE

Question 1

$$dm = \sqrt{h^2 + l^2}$$

$$AN : dm \text{ maxi} = \sqrt{3.6^2 + (2.5 + 0.5)^2} = 4.68 \text{ m}$$

La distance de détection est bien conforme à l'exigence ID2.1.3 (> à 4,5m)

Question 2

$$C1P = \sqrt{(Xp - Xc1)^2 + (Yp - Yc1)^2 + (Zp - Zc1)^2}$$

Question 3

$$\alpha \text{ azimut} = \sin^{-1} \frac{Yp - Yc1}{\sqrt{(Xp - Xc1)^2 + (Yp - Yc1)^2}} = \tan^{-1} \frac{Yp - Yc1}{Xp - Xc1} = \cos^{-1} \frac{Xp - Xc1}{\sqrt{(Xp - Xc1)^2 + (Yp - Yc1)^2}}$$

$$\alpha \text{ élévation} = -\cos^{-1} \frac{Xp - Xc1}{\sqrt{(Xp - Xc1)^2 + (Zp - Zc1)^2}} = -\tan^{-1} \frac{Zc1 - Zp}{Xp - Xc1} = -\sin^{-1} \frac{Zp - Zc1}{\sqrt{(Xp - Xc1)^2 + (Zp - Zc1)^2}}$$

Question 4

Position du capteur N°1 :				$X_{C1} = 0.5\text{m} ; Y_{C1} = 0.5\text{m} ; Z_{C1} = 3.6\text{m}$		
Point	X_P (m)	Y_P (m)	Z_P (m)	Distance C1P (m)	Angle azimut (degré)	Angle élévation (degré)
P1	1	0	0	3.67 m	-45 °	-82.1 °
P2	4,5	0	0	5.40 m	-7.2 °	-42 °
P3	4,5	2	0	5.59 m	20.6 °	-42 °
P4	1	2	0	3.93 m	71.6 °	-82.1 °

Question 5

Distances et angles moyens en fonction de la position du capteur						
Capteur	X_{Cx} (m)	Y_{Cx} (m)	Z_{Cx} (m)	Distance CxPx Moyenne (m)	Angle azimut Moyen (degré)	Angle élévation Moyen (degré)
C1	0,5	0,5	3,6	4.65m	10	-62.04°
C2	0,5	1,5	3,6	4,65	10	-62,04
C3	0,5	0,5	1,8	3,35	-10	-49,35
C4	0,5	1,5	1,8	3,35	10	-49.35
C5	-0,5	0,5	3,6	5,16	-9,4	-51,57
C6	-0,5	1,5	3,6	5,16	9,4	-51,57
C7	-0,5	0,52	1,8	4,01	-9,4	-35
C8	-0,5	1,5	1,8	4,01	9,4	-35
Choix des valeurs d'azimut et d'élévation (moyenne des valeurs)					2,5	-49.5

Question 6

D'après l'abaque de la doc constructeur « Beam Angle » :

En azimut, à + ou - 10° on a -2dB d'atténuation

En élévation, à -35° (axe du capteur supérieur) on a 0db d'atténuation et à -63° (axe du capteur inférieur -8°) on a -2db également. Donc la disposition des capteurs assure bien l'exigence d'atténuation maximum.

Question 7

Calcul de M : $M = FCLKOUT/FCLKIN = 48/12 = 4$

Calcul de P : $P = 2$

$$FCCO = FCLKOUT * 2^2 = 192 \text{ MHz}$$

(Seule solution pour respecter $156 \text{ MHz} < FCCO < 230 \text{ MHz}$)

Question 8

	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
IOCON_PIO1_9	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1
TMR16B1MCR	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	x	x	x	x	x	x
TMR16B1PWMC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1

IOCON_PIO1_9 : b10 = 0 → Sortie GPIO standard (pas de drain ouvert)
 b2 .. b0 = 0x01 → Sortie associée au « match » du compteur

TMR16B1MCR : b6 = 0 → gestion PWM matérielle : pas d'interruption
 b7 = 1 → reset MR2 sur « match » : fixe la période PWM
 b8 = 0 → comptage cyclique : pas d'arrêt du compteur

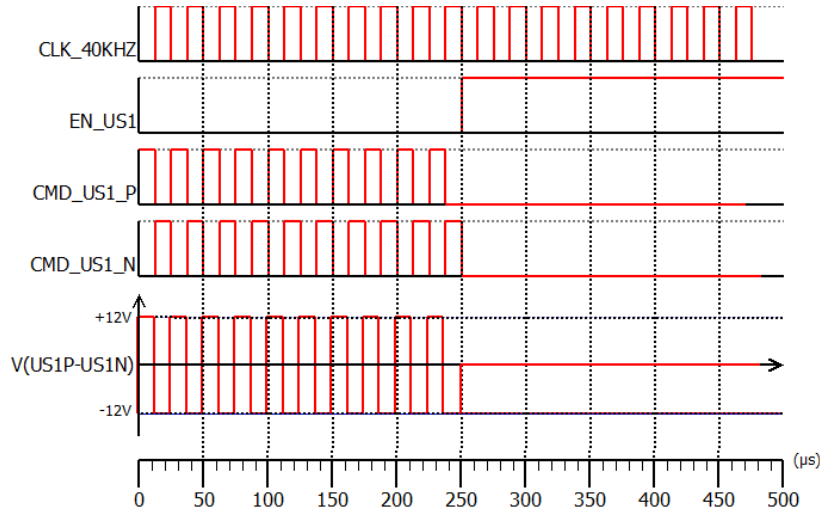
TMR16B1PWMC : b0 = 1 → signal PWM sur la sortie CT16B1_MAT0

	b15 ... b0 (hexadécimal)
TMR16B1MR2	0x4B0
TMR16B1MR0	0x258

TMR16B1MR2 : fixe la période du signal : signal PWM sur la sortie CT16B1_MAT0 ($48000 / 40 = 1200$ soit 0x4B0 en hexadécimal)

TMR16B1MR0 : fixe la durée de l'état haut du signal PWM : signal carré donc : $0x4B0 / 2 = 0x258$.

Question 9



Question 10

Le circuit LV8548 permet de doubler l’amplitude du signal à destination du transducteur. Ainsi la distance de détection est optimisée. Cette tension reste néanmoins inférieure à la tension maximale admissible par le composant (28V cac).

La fréquence générée correspond bien à la fréquence préconisée par le constructeur (40 kHz).

Question 11

$$S_B = 10 \cdot \log \left(\frac{(V_{eff\ 40KHz})^2}{(\sqrt{V_{eff\ 50Hz}^2 + V_{eff\ 850kHz}^2 + V_{eff\ 48MHz}^2})^2} \right) \quad AN : S_B = 7.6\ dB$$

Question 12

$$V1 = \frac{ZC + R48}{ZC} * (VUS1_P * \frac{R55}{R55 + ZB} - VUS1_N * \frac{R48}{ZC + R48})$$

Avec $ZC=ZD = (\frac{1}{jC\omega} + R)$

$R55 = R48 = 100R$

$R50 = R53 = R$

$$V1 = 100 * \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega} (VUS1_P - VUS1_N) + 6$$

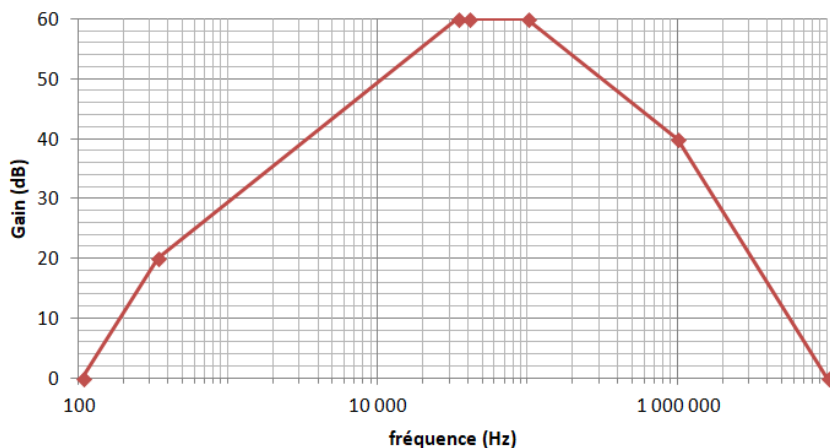
Avec $C = 1nF$ et $R = 4.7k\Omega$ **A1 = 100, passe haut, Fc = 33,8 kHz**

Question 13

Le produit gain bande minimum des amplificateurs utilisés est de 10MHz, le premier étage a une amplification de 100, tandis que le deuxième, une amplification de 10, donc :

$$f_{CH1} = 100\ kHz \text{ et } f_{CH2} = 1\ MHz$$

Un seul étage d’amplification égale à 1000 ne peut être utilisé car dans ce cas la fréquence de coupure due à la limitation de la bande passante serait de 10 KHz (inférieure à la fréquence du signal utile 40 KHz).



Question 14

Fréquence (Hz)	50	40k	850k	48M
Gain (dB)	-13	60	41	-27
Veff (V)	0.0009	10	0.045	53e-6
$S_B = 10 \cdot \log \left(\frac{(V_{eff\ 40KHz})^2}{(\sqrt{V_{eff\ 50Hz}^2 + V_{eff\ 850kHz}^2 + V_{eff\ 48MHz}^2})^2} \right) \quad AN: S_B = 47\ dB$				

Le rapport signal sur bruit a été nettement amélioré. Le signal noyé dans le bruit en entrée est exploitable en sortie de la structure.

Partie B – TRAITEMENT LOGICIEL DU SIGNAL**Question 15**

Le signal d'entrée ne comporte que 2 harmoniques (harmoniques paires nulles) à 40KHz et à 120KHz dans sa bande passante.

L'échantillonnage implique une duplication des harmoniques autour de la fréquence f_e . On se retrouve donc avec de nouvelles harmoniques à 120kHz, 200KHz, 240kHz, 280KHz, et 360KHz.

On ne s'intéressera qu'au fondamental, cette harmonique n'est pas modifiée. D'autre part l'harmonique de rang 2 reste nulle, ce qui facilitera le filtrage. Il n'est donc pas nécessaire d'échantillonner à une fréquence plus haute.

Question 16

AD0CR = 0x5003 donc la fréquence d'horloge du convertisseur est de **4,5MHz** (CLKDIV = 1). On est en mode « Burst » avec 9 coups d'horloge pour la conversion (soit 8 bits). La durée de conversion est donc de $9 \cdot 0.22\mu s$ soit **2μs**.

La période d'échantillonnage est de $1/240kHz$ soit **4.16μs donc compatible avec la durée de conversion**.

Question 17

La distance maxi de détection est fixée à 5m. Le signal parcourt donc 10 m. La durée du signal à échantillonner est de :

$$d = \frac{10}{340} + 0.0025 = 31,9\ ms$$

La conversion s'effectue sur un octet à une fréquence de 240 kHz. Le nombre d'octet à mémoriser est donc de $N = 31,9 \cdot 240000 = 7658$ Octets soit : 7,4kO

La taille totale étant de 16 kO, on occupe moins de 50 % de la mémoire totale.

Question 18

$$\omega_{ac} = 2.240k \cdot \tan \left(\frac{\pi \cdot 40k}{240k} \right) = 277128\ rad/s$$

$$\omega_{ah} = 2.240k \cdot \tan \left(\frac{\pi \cdot 41k}{240k} \right) = 285570\ rad/s$$

$$\omega_{ab} = 2.240k \cdot \tan \left(\frac{\pi \cdot 39k}{240k} \right) = 268813\ rad/s$$

Question 19

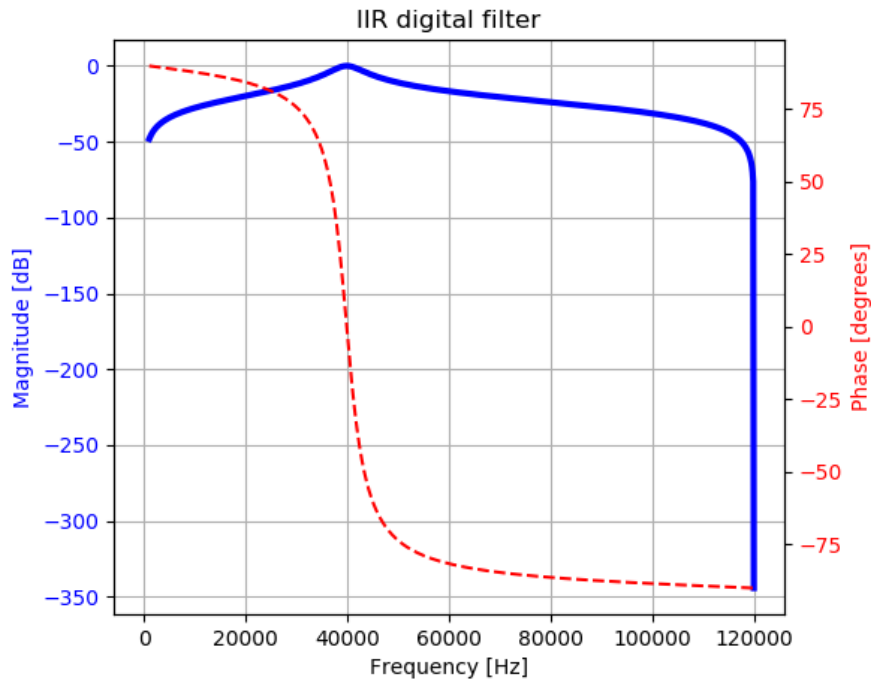
Par transformation des prototypes, on obtient :

$$H(s) = \frac{2,8628\ s \cdot W}{s^2 + 2,8628\ s \cdot W + \omega a 0^2} = \frac{47623\ s}{s^2 + 47623\ s + 76.8\ 10^9}$$

Question 20

On applique la transformation bilinéaire au filtre analogique déterminé précédemment :

$$H(Z) = \frac{47623 (z - 1)(z + 1)}{2 \cdot f_e (z - 1)^2 + 47623(z^2 - 1) + 160000(z + 1)^2}$$
$$H(Z) = \frac{0,069257 (z^2 - 1)}{z^2 - 0,9367425 z + 0,861485}$$
$$H(Z) = \frac{0,069257 - 0,069257 z^{-2}}{1 - 0,9367425 z^{-1} + 0,861485 z^{-2}}$$



Question 21

Si on veut une précision maximum sur 8 bits, on choisit un Lsb égal à 2^{-11} . Ce qui donne une constante :

$$\frac{0.069}{2^{-11}} = 141,312 \quad \text{soit } a_0 = a_1 = 141$$

$$\text{Num}[i] = 141 - 141 * \text{TabEch}[i-2];$$

Num[i] est codé sur 16 bits avec un Lsb de poids 2^{-11}

Question 22

```
//  
// Cette fonction assure le calcul du signal d'autocorrélation sur une fenêtre du  
// signal échantillonné :  
//  
// PE : DebutF      : Indice du début de la fenêtre [0 .. 7680]  
//   TailleF      : Taille de la fenêtre pour le calcul [100 ..580]  
//   Moy         : Moyenne du signal échantillonné [-128 .. 127]  
//   Ech[]       : Tableau du signal échantillonné filtré  
//               (la valeur des échantillons est compris dans l'intervalle [-128 .. 127])  
//  
// PS : ValAutoCorr : Valeur du signal d'autocorrélation sur la fenêtre  
  
Pour(n=DebutF ; n != (DebutF+TailleF) ; n++)  
    ValAutoCorr = ValAutoCorr + (Ech[n] - Moy)*(Ech[n-DebutF] - Moy);  
Fin pour
```

Question 23

$$E = \sum_{i=0}^n |X(i)|^2$$

Le signal échantillonné est codé sur 8 bits, la mise au carré entraîne un codage sur 16 bits. La sommation sur 100 échantillons augmente la taille de 7 bits dans le cas le plus défavorable, **soit 23 bits au maximum**.

Question 24

Le signal d'autocorrélation permet de mesurer la distance de l'objet détecté (on voit que le maximum de la valeur correspond au début de la réception d'un écho). Le calcul d'énergie du signal permet de ne pas prendre en compte les échos parasites (l'énergie des échos indésirables est beaucoup plus faible).

Partie C – CONFIGURATION ET COMMUNICATION

Question 25

$$T_Q = \frac{1}{48MHz/(BRP)} = 1.33 \mu s \quad \text{avec } BRP = 64 (*)$$

$$T_{SEG1} = 5 \quad T_{SEG2} = 5$$

$$N_{BT} = (SYNC_{SEG} + PROP_{SEG} + T_{SEG1} + T_{SEG2}) \cdot T_Q = 20\mu s (*)$$

(*) il faut ajouter 1 à la valeur des bits du registre comme indiqué dans la documentation du constructeur fournie en annexe.

La vitesse de transmission brute est donc de **50 kBits.s⁻¹**

Question 26

L'identificateur de la trame de requête correspondant au capteur N°233 est :

$$0x100+0xE9 = \mathbf{0x1E9}$$

Il ne faut accepter que ce message donc :

$$CANIF1_MSK2_{[12..0]} = \mathbf{0b1\ 1111\ 1111\ 11xx}$$

$$CANIF1_ARB2_{[12..0]} = \mathbf{0b0\ 0111\ 1010\ 01xx}$$

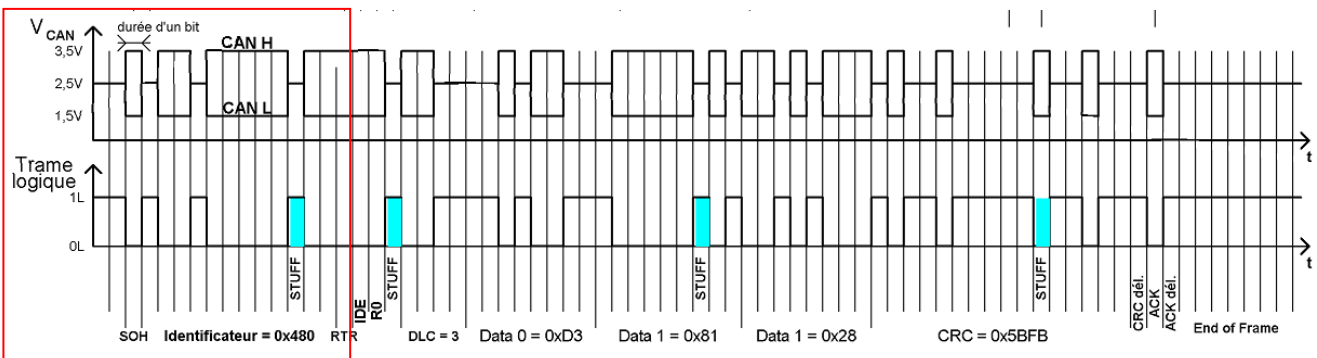
CANIF1_ARB2 : contient l'identificateur en binaire du message à accepter.

CANIF1_MSK2 : contient le masque des bits à prendre en compte. 1 seul identificateur doit être accepté, donc tous les bits doivent être à 1.

NB : dans le cas d'un identificateur standard, les 2 bits de poids le plus faible sont non significatifs comme précisé dans la documentation du constructeur.

Question 27

Le décodage de la trame après détection des « stuffing bit » donne le résultat suivant :



Le numéro du capteur émetteur de la trame est indiqué par l'identificateur : $0x480 - 0x400 = 0x80$ soit le capteur N° 128.

L'état du capteur est donné par le bit7 de l'octet de donnée 1 : la place est occupée.

Le type de place est donné par les bits 6 à 0 de l'octet de donnée 1 : la place est une place générique (vert).

La distance mesurée est indiquée par la valeur de l'octet 2 : $0x28 = 40$ donc la distance est de $40 * 2,5 = 100 \text{ cm}$.

Question 28

Le capteur N°48 est une place « handicapé » (couleur bleu). Elle est inoccupée. On a donc:

$$ID = \mathbf{0x430}, \text{ Data 0} = \mathbf{0xD3}, \text{ Data 1} = \mathbf{0x02}, \text{ Data 3} = \mathbf{0xBC} \quad (d = 470/2,5)$$

Question 29

Durée d'une trame de requête d'état capteur (2 octets de données) : $60 \text{ bits} * 20 \mu\text{s} = 1.2\text{ms}$

Durée d'une trame de réponse d'état capteur (3 octets de données) : $68 \text{ bits} * 20 \mu\text{s} = 1.36\text{ms}$

On a 300 capteurs, la durée complète minimum d'interrogation des capteur est donc de $(1.2\text{ms} + 1.36\text{ms}) * 300 = 768\text{ms}$. Cette durée est compatible avec une visualisation en temps réel de l'état d'occupation du parking par le superviseur (plus d'1 rafraichissement par seconde).

Partie D – ALIMENTATION DES ÉQUIPEMENTS

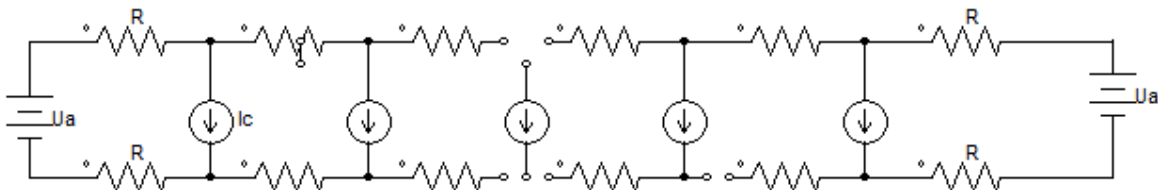
Question 30

$Nb_capt=300$, $P_{captmax}=2.5\text{W}$, $N_{baff} = 6$, $P_{affmax} = 25\text{W}$, $P_{captmoy} = 1\text{W}$, $P_{affmoy} = 12\text{W}$
 $U_a=70\text{V}$,

$$I_{captmax} = \frac{P_{captmax}}{70} = 0.036\text{A}, \quad I_{captmoy} = \frac{P_{captmoy}}{70} = 0.014\text{A}$$

$$I_{affmax} = \frac{P_{affmax}}{70} = 0.357\text{A}, \quad I_{affmoy} = \frac{P_{affmoy}}{70} = 0.171\text{A}$$

Question 31



R_c résistance d'un fil du bus CAN

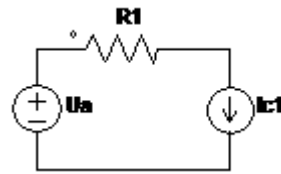
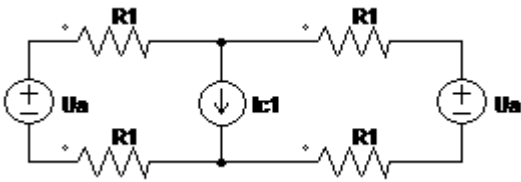
$R = R_c/Nb_{capt}+1$, I_c courant consommé par un capteur

Question 32

Approximation

Toutes les charges sont en milieux de câble

Schéma simplifié



$$R1 = R_c / 2,$$

I_{c1} : courant consommé par les N capteurs

Dans le système réel, le courant sera plus faible sur la plus grande partie du conducteur => La chute de tension est exagérée

Question 33

Résistance linéique R_m

Doc technique $16.5 \Omega / 1000ft$

câble RS'485 1000ft = 304,8m

Resistance sans correction de tpt

$$R_m = \frac{16.5}{304} = 0.054 \text{ soit pour } 300m \text{ } 16.2 \Omega$$

Avec correction de la tpt a $40^\circ C$ on a $17,56 \Omega$

$$R_{cm} = R_m (1 + k\theta(\theta_{max} - \theta_a)) = 0.059 \Omega/m$$

$$R_c = R_{cm} * L_{max} = 17.63 \Omega$$

Calcul des chutes de tension

$$V_0 := 72$$

Les capteurs sont répartis équitablement sur les quatre lignes :

Courant moyen par ligne de capteur

$$I_{moyc} = \frac{N_{b_{capt}}}{4} * I_{captmoy} = 1.071A$$

Pour les afficheurs, il y a deux lignes

$$I_{moyaff} = \frac{N_{b_{aff}}}{2} * I_{aff} = 0.514A$$

Calcul de la tension au point le plus contraignant (milieu du bus)

Capteur

$$V_{cmoy} = V_0 - \frac{R_c}{2} * I_{moyc} = 62.59V$$

Afficheur

$$V_{amoy} = V_0 - \frac{R_c}{2} * I_{moyaff} = 67.48V$$

$62 > 60V$ et $67 > 60V$ ok

Question 34

Pertes joules et rendement

$$P_{JT} = 4 * \frac{R_c}{2} * I_{moyc}^2 + 2 * \frac{R_c}{2} * I_{moyaff}^2 = 44.97W$$

Puissance demandée

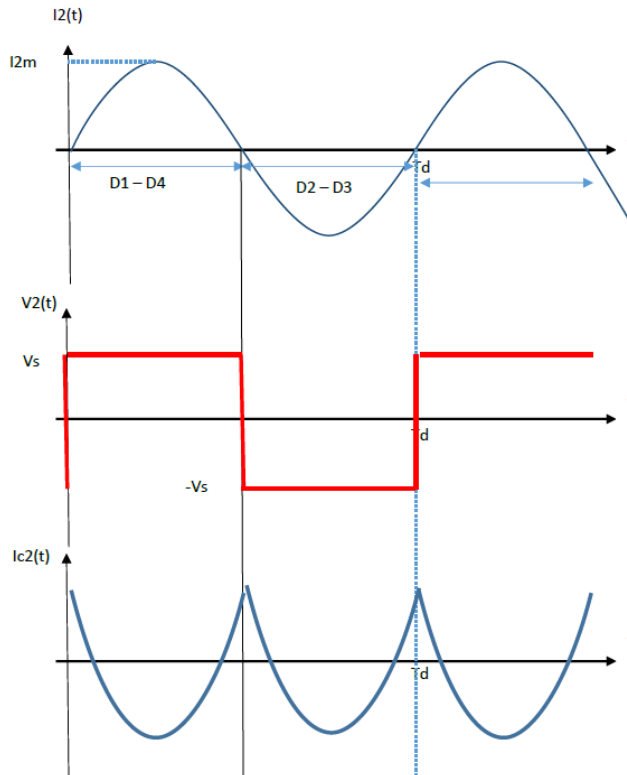
$$P_t = Nb_{capt} * I_{captmoy} * V_{cmoy} + Nb_{aff} * I_{affmoy} * V_{amoy} + P_{JT} = 382.7W$$

$$\eta = \frac{P_t - P_{JT}}{P_t} = 0.882$$

Il y a davantage de pertes dans les câbles que dans l'alimentation donc le système n'est pas optimisé du point de vue énergétique. Cependant le fait d'avoir deux paires en parallèle et d'alimenter le câble des deux côtés permet une alimentation correcte des capteurs.

Question 35

Redresseur de courant :



$I_s = 13.3A$

$$I_{2eff} = \pi * \frac{I_s}{2 * \sqrt{2}} = 14.773A \quad I_{2m} = I_{2eff} * \sqrt{2}$$

Question 36

Le courant I_s étant considéré comme continu, le courant dans le condensateur est donc composé des harmoniques de $n=1$ à l'infini

1° harmonique, $n=1$

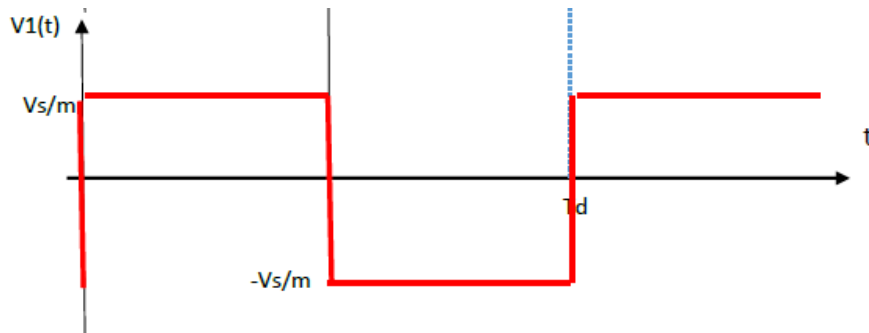
$$I_{c1}(t) = 4 * \frac{I_{max}}{3 * \pi} * \cos(2 * \omega * t)$$

Approximation du premier harmonique

$\Delta V_s = Z_{c2} * 2 * I_{c2max}$:

$$I_{c2max} = \frac{4 * I_{2m}}{3 * \pi} = 8.87A \quad Z_{c2} = V_s * \frac{0.05}{2 * I_{c2max}} = 0.203\Omega \quad C_2 = \frac{1}{Z_{c2} * \omega r} = 7.84 * 10^{-6}$$

Question 37



Fondamental de \$V_1(t)\$

$$V_{1f}(t) = \frac{4 * V_s}{\pi * m} * \sin(\omega * t) \quad V_{1feff} = \frac{4 * V_s}{\pi * m * \sqrt{2}} = 225V$$

Résistance ramenée au primaire

$$R = \frac{8}{\pi^2 * m^2} * \frac{V_s}{I_s} = 52.9\Omega$$

Question 38

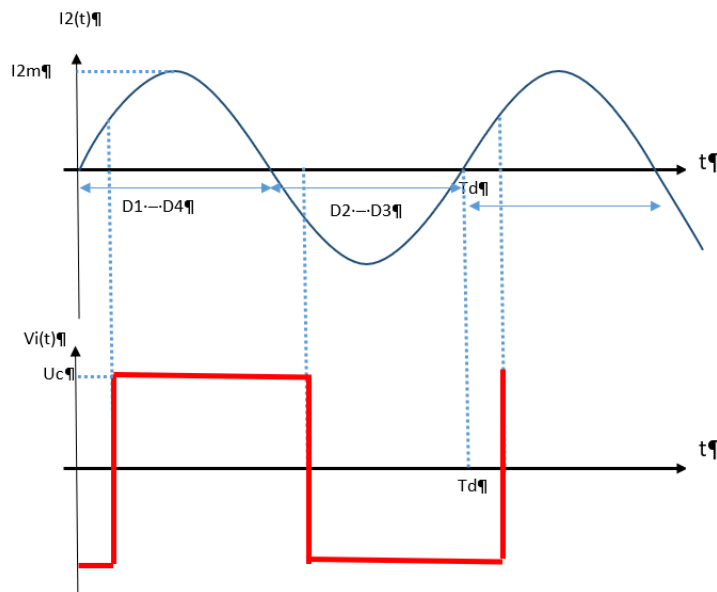
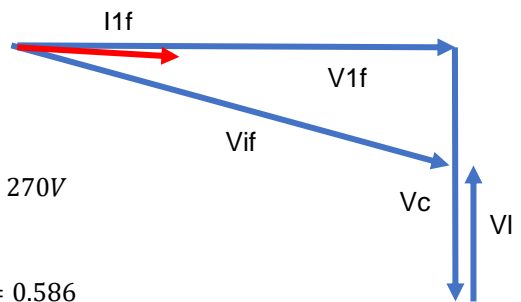
$$\vec{v}_{if} = \vec{v}_{1f} + \vec{v}_c + \vec{v}_l$$

Fondamental de \$V_i(t)\$

$$V_{ifeff} = 4 * \frac{U_c}{\pi * \sqrt{2}} = 270V$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{V_{1feff}}{V_{ifeff}}\right) = 0.586$$

$$\theta = \arccos$$



Impédance du circuit LC au point nominal

$$Z_{lc} = \frac{\sqrt{V_{1eff} f^2 - V_{1eff} f^2}}{I_{1eff}} = 35.1 \Omega$$

Soit une fréquence de découpage

$$C_a = 60 * 10^{-9} F \quad L_a = 42 * 10^{-6} H$$

Equation du second ordre : determinant

$$a = 1 \quad b = -Z_{lc} * \sqrt{\frac{C_a}{L_a}} = -1.326 \quad c = 1$$

$$D = b^2 - 4 * a * c = 5.759$$

$$X1 = \frac{(-b - \sqrt{D})}{2a} = 0.537 \quad X2 = -1.863 \quad f_d = x1 * f_r = 53.67 \text{ kHz}$$

Soit 53,7 kHz

Question 39

Les commutations donnent lieu à des pertes et a des di(t)/dt

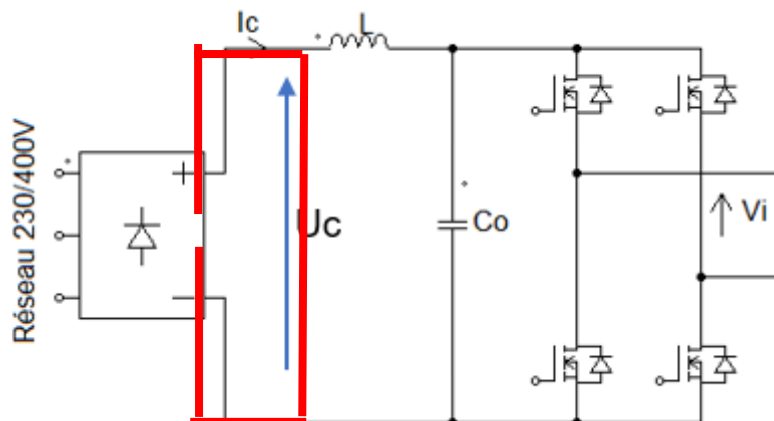
Les semi-conducteurs sont constitués par une diode et un transistor en anti parallèle.

Le courant étant en avance sur la tension seule

- L'amorçage du transistor engendre des pertes
- Le blocage de la diode engendre des pertes par commutation.
- Le blocage de l'interrupteur (amorçage de la diode) se font a courant nul.

L'amorçage de l'interrupteur est source de pertes et de di(t)/dt.

Question 40

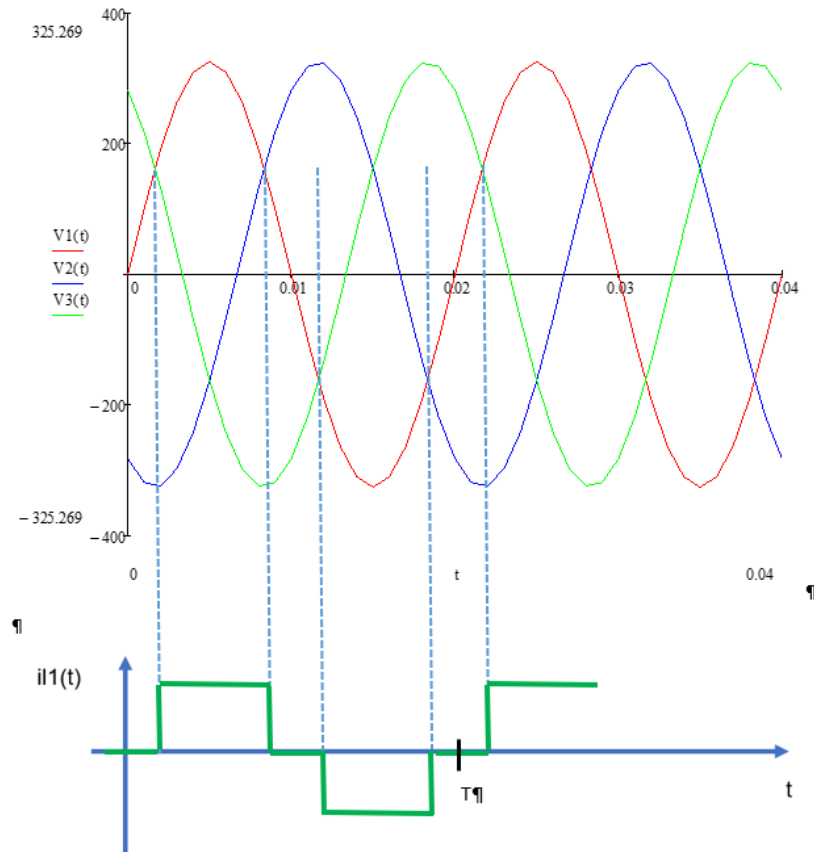


Fréquence équivalente

$$\frac{IM}{0.8 * tm} = \frac{Im}{2 * \pi * feq}$$

$$tm = 20 * 10^{-9} \quad feq = \frac{0.8}{2 * \pi * tm} = 6.37 * 10^6$$

Question 41



$$I_{eff} = \sqrt{\frac{2}{3}} * I_c \quad I_{1eff} = \frac{2 * \sqrt{3} * I_c}{\pi * \sqrt{2}} = 2.495 \quad Thd = \frac{\sqrt{I_{eff}^2 - I_{1eff}^2}}{I_{1eff}} = 0.311$$

Harmoniques 5, 7, 11, 13...

Question 42

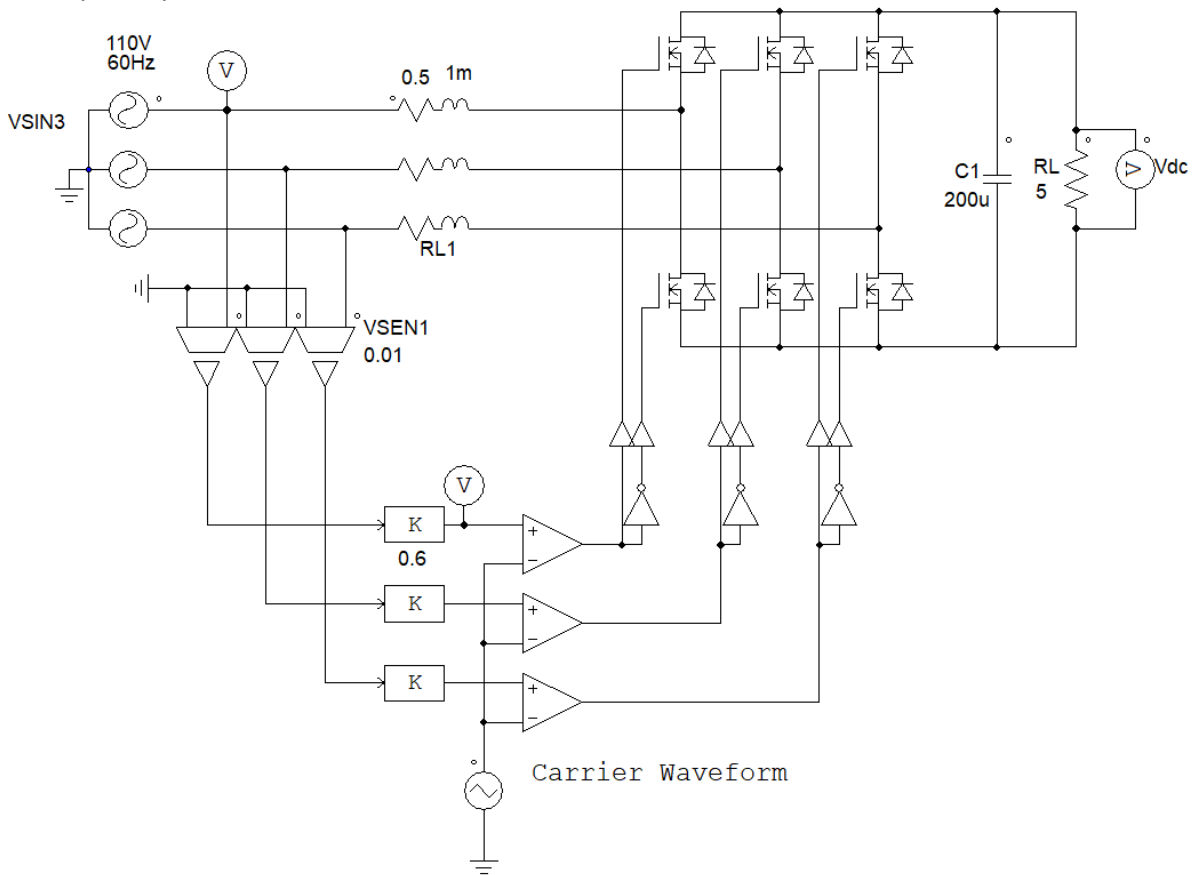
$$F_p = 3 * V_{seff} * I_{1eff} / 3 * V_{seff} * I_{eff} = I_{1eff} / I_{eff} = 0.955$$

Même chose sur le document constructeur si le courant diminue, il n'est plus continu. Il est possible de passer en conduction discontinu. Le rapport I_{1eff}/I_{eff} diminue et donc le facteur de puissance diminue

Question 43

Le rôle de PFC est de faire que le courant en ligne soit sinusoïdal et en phase avec la tension.

Structure pont triphasé a transistor



Partie E – SYNTHÈSE

Question 44

ID2.1 "détection des véhicules"	
ID2.1.1 "Dimension de la place"	<ul style="list-style-type: none"> - L'inclinaison des 2 capteurs, ainsi que leurs caractéristiques permettent une détection sur la totalité de la place de parking avec une marge de positionnement possible. - Le traitement analogique assure une amélioration du rapport signal sur bruit - Le traitement numérique permet de s'affranchir des faux signaux (écho des autres capteurs) grâce au signal d'autocorrélation et du calcul de l'énergie du signal reçu.
ID2.1.2 "Positionnement du capteur"	
ID2.1.3 "Distance de détection"	
ID2.2 "communication"	
<ul style="list-style-type: none"> - La vitesse du bus CAN ainsi que la nature des trames échangées autorise la configuration des capteurs ainsi que la visualisation en temps réel de l'occupation du parking. 	
ID2.3 « Alimenter les équipements »	
ID2.3.1 « Alimenter les capteurs »	<ul style="list-style-type: none"> - Le choix des câbles et de l'alimentation permet bien d'alimenter les 300 capteurs est les 6 afficheurs avec une chute de tension raisonnable et un rendement moyen. - Les perturbations électromagnétiques sont limitées par l'utilisation d'une alimentation à découpage à résonance
ID2.3.2 « Alimenter les afficheurs »	
ID2.3.3 "Équipements à alimenter"	