

*Étude du réseau.*

**II.A.1** : Classe B ; adresse réseau : 172.20.0.0 ; masque : 255.255.0.0

**II.A.2** : Ordinateur de charge : client ; variateur de charge : serveur.  
Ordinateur de mesures : serveur ; système d'acquisition : client.

**II.A.3** : C'est le client qui prend l'initiative de la communication.

**II.A.4** : Port variateur < 1024 : correspond à un service normalisé (ici ModbusTCP)  
Les autres ports sont > 1024 : on fait ce que l'on veut.  
Un port = un service.

**II.A.5** : Pour les parties charge et mesure : couches 7, 4, 3, 2 et 1 dans le cas présent.

**II.A.6** : Il faut modifier le masque de sous réseau sur l'ordinateur de charge qui devient : 255.255.255.128 (128 ou + pour le dernier chiffre).

---

**II.B.1** : Un brin Ethernet : 100 m maxi => il faut un répéteur (hub) ou un commutateur (switch) au milieu.  
Aucune modification d'adresse ni de masque.

**II.B.2** : Il faut deux ponts pour établir une liaison inter pont qui supporte la distance.

**II.B.3** : Il faut un routeur entre l'ordinateur de mesures et Internet, car 172.20.X.Y est une adresse privée  
=> l'ordinateur de mesures conserve ses réglages réseau ; par contre le routeur doit avoir une adresse IP valide.

---

**II.C.1** : Nouveau port : 1817.

**II.C.2** : cf. DR1 (réponses en rouge dans le document pdf).

**II.C.3** : cf. DR1 (réponses en rouge dans le document pdf).

**II.C.4** : Les trames Ethernet finissent déjà par un CRC ; le CRC Modbus serait inutilement redondant.

**II.C.5** : TCP : mode connecté. La capture de la trame illustre le « handshaking », c à d le dialogue incessant entre l'ordinateur de charge et le variateur.

**II.C.6** : Mode connecté : analogie = communication téléphonique

Mode non connecté : analogie = lettre à la poste.

Dans le premier cas, on est sûr de l'arrivée du message envoyé ; dans le second, non.

**II.C.7** : en mode connecté, on utilise de la bande passante pour le handshaking => on risque d'avoir des délais lors de l'envoi de trame à cause du CSMA/CD.

En mode non connecté, on n'est pas sûr que le message soit bien arrivé. Il faudra installer une procédure d'écho ; l'émetteur, voyant revenir son message, saura qu'il est bien arrivé. Trafic limité au strict besoin.

*Modélisation UML.*

**III.A.1** : Borner le système ; permettre aux intervenants non informaticiens d'un projet de comprendre ce qui va être programmé, et ainsi pouvoir exprimer leurs besoins.

**III.A.2** : Un cas d'utilisation est un service que l'on attend du système.

**III.A.3** : cf. DR2 (réponses en rouge dans le document pdf).

**III.A.4** : cf. DR2 (réponses en rouge dans le document pdf).

---

**III.B.1.1** : Une classe regroupe des données (attributs) et les fonctions (méthodes) qui les manipulent (notion d'encapsulation).

**III.B.1.2** : L'instanciation.

**III.B.1.3** : le fichier .h définit les types et visibilités des attributs et méthodes, ainsi que les libraires à inclure.

Le fichier .cpp explicite le contenu des méthodes.

**III.B.1.4** : C'est une directive de compilation ; elle permet d'inclure les types définis dans modbus.h ; elle est utilisée par le pré processeur.

**III.B.1.5** : Ces trois lignes forment une directive de compilation conditionnelle, afin d'éviter de multiples définitions d'un même attribut ou de multiples inclusions d'une même librairie, par exemple.

**III.B.1.6** : dans IHM.h, il faut rajouter `#include "Modbus.h"`.

dans IHM.cpp, il faut rajouter :

```
Modbus ModbusObjet; pour la création de l'objet ;  
ModbusObjet.adresseEsclave = 0x01; pour l'attribution d'une valeur ;  
ModbusObjet.completerTrame(); pour l'utilisation d'une méthode ;
```

**III.B.1.7** : Cette méthode est le constructeur de la classe ; elle sert à initialiser les attributs d'un objet et est automatiquement appelée lors de la création de l'objet.

---

**III.B.2.1** : Ce sont des classes filles.

**III.B.2.2** : Spécialisation.

**III.B.2.3** : Généralisation.

**III.B.2.4** : La vision modulaire permet de découper un projet, et ainsi d'avoir une meilleure maintenance du code ainsi que la possibilité de réemploi du code déjà écrit pour d'autres classes.

**III.B.2.5** : Parce que ces deux classes ont des méthodes communes, ce qui va obliger à écrire 2 fois la même chose.

**III.B.2.6** : La méthode qui fixe la valeur du port (attribut privé).

**III.B.3.1** : Dans ModbusTCP.h, la ligne `class ModbusTCP : public ModbusBase`

**III.B.3.2** : Afin de limiter la visibilité des attributs.

**III.B.3.3** : `adresseEsclave public` : affectation libre

Exemple : `ObjetModbusBase.adresseEsclave = 0x01 ;`

`adresseRegistre protégé` : affectation seulement par la classe mère ou les classes filles.

Exemple : `ObjetModbusTCP.adresseRegistre = 0x1234 ;`

`port privé` : affectation par une méthode à rajouter dans ModbusTCP.

**III.B.3.4** : Algorithme :

Entrées: `menuVariateur, parametreVariateur` Entiers de 16 bits

Sorties: `adresseRegistre` Entier de 16 bits

```
Début calculerAdresseRegistre
```

```
    adresseRegistre ← menuVariateur * 100 + adresseRegistre - 1
```

```
Fin calculerAdresseRegistre
```

---

**III.B.3.5** : Parce que la trame ModbusTCP contient des caractères nuls placés avant la fin de la trame => l'émission cesserait trop tôt.

---

**III.B.4.1** : Non, car ModbusBase contient une méthode non virtuelle.

**III.B.4.2.a** : Déclaration d'un pointeur sur la classe ModbusBase.

**III.B.4.2.b** : Création d'un objet de type ModbusSerie ou ModbusTCP et affectation de son adresse au pointeur MB.

**III.B.4.2.c** : Lors du new pour les objets de type ModbusSerie ou ModbusTCP et lors de la compilation du programme pour le pointeur MB.

**III.B.4.3** : Les objets instanciés seraient détruits lorsqu'on quitte la fonction qui les a créés.

**III.B.4.4** : Non. Seul un pointeur de la classe mère peut accéder à un objet enfant.

**III.B.4.5** : Polymorphisme.

---

**III.B.5.1** : cf. DR3 (réponses en rouge dans le document pdf).

**III.B.5.2** : cf. DR3 (réponses en rouge dans le document pdf).

### *Modélisation du scooter*

**IV.A.1** : cf. DR4 corrigé (DAB en rouge dans le document pdf).

**IV.A.2** : cf. DR4 corrigé (courbes exactes en orange dans le document pdf).

**IV.A.3** : La pente est > à -20 dB/décade (algébriquement) => un premier ordre descendrait trop, et de plus, la phase varie énormément => il faut au numérateur un 1<sup>er</sup> ordre pour rajouter du gain avec un pôle à partie réelle >0 pour diminuer la phase. On n'a plus à faire à un système régulier.

Les DAB entourent assez bien le relevé pratique.

**IV.A.4** : Tangente nulle à  $t = 0$  => ordre du dénominateur  $\geq 2$ .

On retrouve à peu près le gain statique :  $3,8 * 20 / (1,3 * 15) = 3,9$ .

**IV.A.5** : Travailler en petits signaux autour du point de repos.

---

**IV.B.1** :  $H_{BF}(p) = \frac{Vs(p)}{Vsc(p)} = \frac{H1(p)}{1 + H1(p)}$ , et  $Vsc(p) = H1(p) \cdot \varepsilon(p) \Rightarrow He(p) = \frac{\varepsilon(p)}{Vsc(p)} = \frac{1}{1 + H1(p)}$ .

AN :  $He(p) = \frac{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}{K \cdot (1 - \tau_2 \cdot P) + (1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}$

**IV.B.2.a** Application aux erreurs :

$$\varepsilon_p = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot He(p) \cdot \frac{1}{p} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}{K \cdot (1 - \tau_2 \cdot P) + (1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)} = \frac{1}{K + 1}$$

$$\varepsilon_v = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot He(p) \cdot \frac{1}{p^2} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}{K \cdot (1 - \tau_2 \cdot P) + (1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)} \cdot \frac{1}{p} = +\infty$$

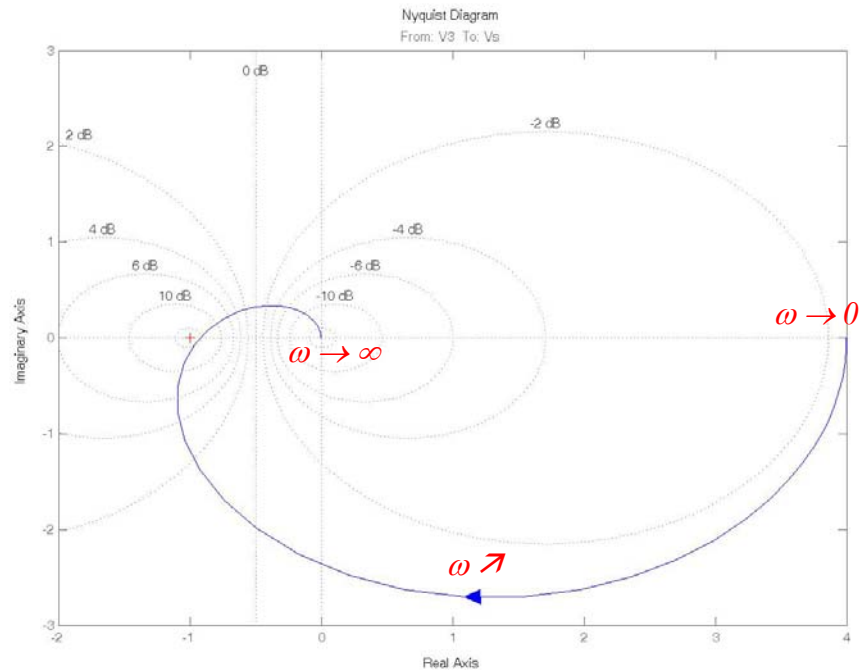
$$\varepsilon_a = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot He(p) \cdot \frac{1}{p^3} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}{K \cdot (1 - \tau_2 \cdot P) + (1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)} \cdot \frac{1}{p^2} = +\infty$$

**IV.B.2.b** Le système est de classe 0 =>  $\varepsilon_p = \frac{1}{K + 1}$ ,  $\varepsilon_v = +\infty$ ,  $\varepsilon_a = +\infty$ .

**IV.B.3.a** Système à déphasage non minimal => il faut étudier le lieu de Nyquist complet.

À partir de Bode, on peut tracer ce Nyquist (pulsations >0 uniquement).

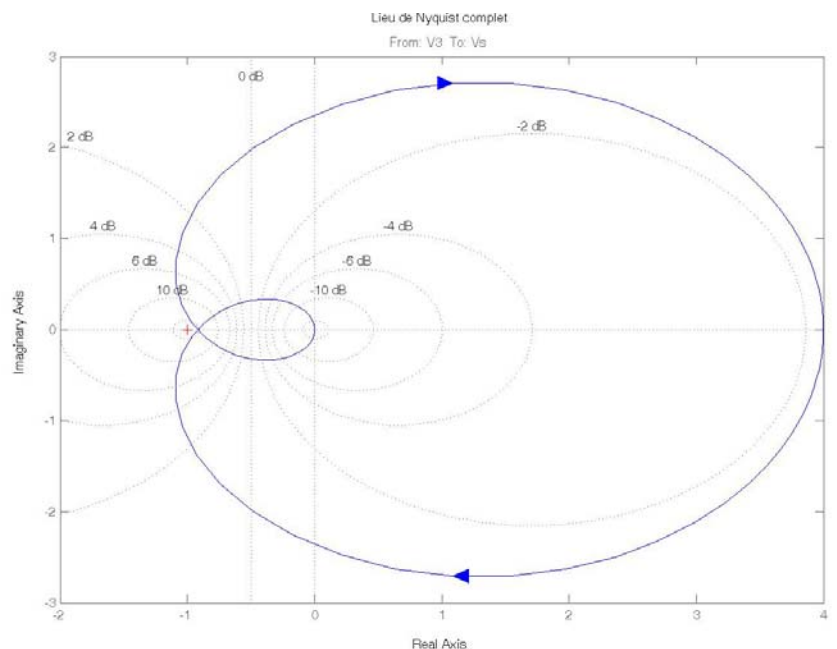
**IV.B.3.b** Non, système non régulier (déphasage non minimal).



**IV.B.3.c** Il faut appliquer le critère complet de Nyquist, c a d compléter le lieu des pulsations >0 par celui des pulsations <0 et regarder le comportement autour de -1 avec la relation  $N_{-1} = P_{BO>0} - P_{BF>0}$ .

Le lieu de Nyquist complet est le suivant :

Application : Pas de pôle à  $Re > 0$  en BO et le lieu de Nyquist n'entoure pas le point -1 => le système sera stable en BF.



**IV.B.4 :**  $H_{BONC}(p) = \frac{K.(1 - \tau_2 \cdot p)}{(1 + \tau_1 \cdot p).(1 + \tau_3 \cdot p)}$  ; Kc tel que le lieu de Nyquist passe par le point -1, d'où la double condition : Phase =  $-180^\circ$  et Module = 1

On trouve  $\omega_c = \sqrt{\frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{\tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3}} = 34,29 \text{ rad.s}^{-1}$ , soit  $F_C = 5,46 \text{ Hz}$ .

Le calcul littéral de Kc (un peu long) donne  $Kc = 1,085$  en remplaçant par les valeurs numériques.

**IV.B.5 :** Il faut un correcteur Proportionnel et Intégral (PI) ;  $C1(p) = k_i \cdot \frac{1 + \frac{p}{\omega_i}}{p} = k_i \cdot \frac{\omega_i + p}{p}$

**IV.B.6 :** On choisit  $\omega_i$  de telle façon que la phase de  $H_{BO}(\omega_i)$  vaille  $-90^\circ$  ; on trouve  $\omega_i = 8,61 \text{ rad/s}$ . À cette pulsation, le gain de  $H_{BO}$  est de  $+7,51 \text{ dB}$ , gain auquel se rajouteront les 3 dB du PI :

Il faut donc  $k_i = 10^{\frac{-10,51}{20}} = 0,298$ .

## Banc de test de scooter électrique.

**IV.B.7** : cf. DR5 (DAB en rouge dans le document pdf).

$$H_{BOC}(p) = 0,298 \cdot \frac{8,61 + p}{p} \cdot \frac{K \cdot (1 - \tau_2 \cdot p)}{(1 + \tau_1 \cdot p) \cdot (1 + \tau_3 \cdot p)}$$

**IV.B.8** : chaîne directe =  $H_{BOC}(p)$  ; retour unitaire  $\Rightarrow H_{BFC}(p) = \frac{H_{BOC}(p)}{1 + H_{BOC}(p)}$

1<sup>er</sup> cas :  $H_{BOC}(p) \gg 1 \Rightarrow H_{BFC}(p) \# 1$  ; 2<sup>nd</sup> cas :  $H_{BOC}(p) \ll 1 \Rightarrow H_{BFC}(p) \# H_{BOC}(p)$ .

cf. DR5 (DAB de la BOC en rouge, DAB de la BFC en mauve pointillé dans le document pdf).

**IV.B.9** : En envoyant un échelon de couple sur le variateur de charge.

**IV.B.10** : Non, car on va avoir une réponse oscillatoire ; il faudrait avoir un coefficient d'amortissement en BF  $\geq 1$ .

**IV.B.11** : Non, D1 est trop fort, de même pour la résonance ; de plus, undershot pour la réponse impulsionnelle. Tout cela est dû au zéro à partie réelle positive.

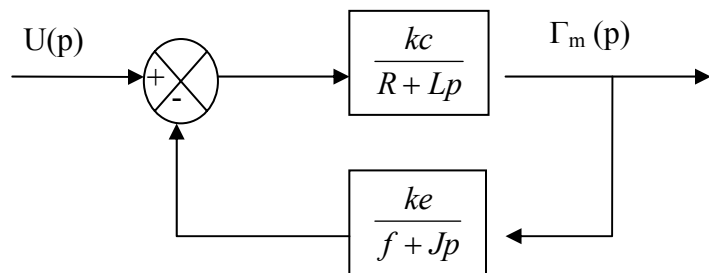
**IV.C.1** :  $u(t) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + k_e \Omega(t)$  ;  $J \frac{d\Omega(t)}{dt} = k_c i(t) - f \Omega(t) + \Gamma_r(t)$ .

**IV.C.2** : Fonctions causales :  $U(p) = (R + L.p).I(p) + k_e \Omega(p) \Leftrightarrow I(p) = \frac{1}{R + L.p} [U(p) - k_e \Omega(p)]$

$$Jp\Omega(p) = k_c I(p) - f \Omega(p) + \Gamma_r(p) \Leftrightarrow \Omega(p) = \frac{1}{f + Jp} [k_c I(p) + \Gamma_r(p)]$$

cf. DR6.

**IV.C.3** : Schéma fonctionnel attendu :



Fonction de transfert correspondante :  $H_c(p) = \frac{\Gamma_m(p)}{U(p)} = \frac{kc \cdot (f + Jp)}{ke \cdot kc + (f + Jp) \cdot (R + Lp)}$

**IV.C.4** : K correspond au rapport cyclique du hacheur du scooter.

**IV.C.5** : Le scooter ne roule que dans un seul sens !!

**IV.C.6** : Le correcteur sera un PI. Vu que la phase ne passe pas en dessous de  $-90^\circ$ , on peut placer ce correcteur où l'on veut, par exemple à  $\omega_i = 2 \cdot \pi \cdot 10$  (Fi = 10 Hz), d'où  $C_c(p) = \frac{20 \cdot \pi + p}{p}$ .

**IV.C.7** : La réponse à cette question n'était pas immédiate, car il n'y avait pas de simulation de la boucle ouverte de la vitesse incorporant la boucle fermée de limitation de couple.

**IV.D.1.a** :  $\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -f & kc \\ J & J \\ -ke & -R \\ L & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ J & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Gamma_r(t) \\ u(t) \end{pmatrix}$  ;

**IV.D.1.b** Tant que le vecteur d'état n'est pas défini, il en existe une infinité de matrices d'état (autant que de vecteurs différents possibles). Dès que le vecteur d'état est défini, il y a unicité de [A].

**IV.D.2** Equation de sortie :  $\Gamma_m(t) = \begin{pmatrix} 0 & kc \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}$ .

**IV.D.3** Cf. DR6

## Banc de test de scooter électrique.

**IV.D.4.a** Cf. DR6, réponses en **rouge** dans le document pdf.

**IV.D.4.b** Cf. DR6, réponses en **vert** dans le document pdf.

**IV.D.5** Chaque boucle dispose de sa propre constante de temps, et peut donc aisément la modifier en modifiant le paramètre qui n'est pas utilisé dans les deux retours (R et f), même s'il on triche un peu.

**IV.D.6.a** Un système sera gouvernable si on peut amener le vecteur d'état d'une position  $X(t_1)$  à une autre  $X(t_2)$  par une commande ad hoc.

**IV.D.6.b** Il faut que la matrice de commandabilité  $\mathcal{C}$  ait un rang de 2.  $\mathcal{C} = (B \quad A.B \quad A^2B \quad \dots)$ .

**IV.D.6.c** Calcul de  $\mathcal{C}$  :  $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ J & 0 \\ 0 & 1 \\ & L \end{pmatrix}$ , et B est déjà de rang 2  $\Rightarrow$  système gouvernable.

**IV.D.7.a** Un système sera observable si l'observation du vecteur d'état  $X(t_1)$  pendant un temps fini permet de déduire l'état initial  $X(t_0)$ .

**IV.D.7.b** Il faut que la matrice d'observabilité  $\mathcal{O}$  ait un rang de 2 ;  $\mathcal{O} = \begin{pmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \dots \end{pmatrix}$

**IV.D.7.c** Calcul de  $\mathcal{O}$  :  $C = (0 \quad kc)$  ;  $CA = \begin{pmatrix} -ke.ke & -R.kc \\ L & L \end{pmatrix}$  ; si on arrête le calcul ici,

on obtient  $\mathcal{O} = \begin{pmatrix} 0 & kc \\ -ke.kc & -R.kc \\ L & L \end{pmatrix}$  qui est de rang 2  $\Rightarrow$  système gouvernable.

**IV.D.8** Dans une base où la matrice d'état  $[A]$  est diagonale, un système sera gouvernable (respectivement observable) si la matrice B (respectivement C) ne contient pas de 0.

**IV.E.1** le filtre passe bas (anti repliement) avant le CAN.

**IV.E.2** Cf. DR7 (réponses en rouge dans le document pdf).

**IV.E.3** étude de la réponse impulsionnelle.

**IV.E.4** un échantillonneur sur  $V_s(p)$ .

**IV.E.5**  $z=e^{Te.p}$

**IV.E.6.**  $H_1(p) = \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1 - \tau_3} \cdot \frac{1}{1 + \tau_1.p} - \frac{\tau_3 + \tau_2}{\tau_1 - \tau_3} \cdot \frac{1}{1 + \tau_3.p} = \frac{1,51}{1 + \tau_1.p} - \frac{0,51}{1 + \tau_3.p}$

**IV.E.7** Idem, mais en rajoutant la FT de  $B_0(p)$ .  $H_{B_0}(p) = \frac{K.(1 - \tau_2.P)}{(1 + \tau_1.p).(1 + \tau_3.p)} \cdot \frac{1 - e^{-Te.p}}{p} = T(p).(1 - e^{-Te.p})$

Il faut donc décomposer  $T(p) = \frac{K.(1 - \tau_2.P)}{p.(1 + \tau_1.p).(1 + \tau_3.p)} = K \cdot \left( \frac{1}{p} - \frac{0,254}{(1 + \tau_1.p)} + \frac{0,014}{(1 + \tau_3.p)} \right)$ .

$T(p) = K \cdot \left( \frac{1}{p} - \frac{0,254 \cdot \frac{1}{\tau_1}}{(p + \frac{1}{\tau_1})} + \frac{0,014 \cdot \frac{1}{\tau_3}}{(p + \frac{1}{\tau_3})} \right) = K \cdot \left( \frac{1}{p} - \frac{1,512}{(p + 5,95)} + \frac{0,519}{(p + 37,04)} \right)$

D'où  $T(z) = K \cdot \left( \frac{z}{z-1} + \frac{1,512 z}{z - \alpha} - \frac{0,519 z}{z - \beta} \right)$ , avec  $\alpha = e^{-5,95.Te}$  et  $\beta = e^{-37,04.Te}$ .

## Banc de test de scooter électrique.

Il suffit ensuite de rajouter le retard, d'où  $H_{BO}(z) = K \cdot \left( \frac{z}{z-1} + \frac{1,512 z}{z-\alpha} - \frac{0,519 z}{z-\beta} \right) \cdot \frac{z-1}{z}$ .

**IV.E.8** On utilisera la fonction de transfert en boucle fermée en recherchant les pôles du dénominateur.

**IV.E.9** Un système sera stable si sa fonction de transfert  $H(p)$  n'a que des pôles à partie réelle négative.

**IV.E.10**  $p = j\omega \Rightarrow z = e^{Te \cdot p} = e^{Te \cdot j\omega} = 1 * [\cos(\omega \cdot Te) + j \cdot \sin(\omega \cdot Te)]$  L'axe imaginaire se transforme en le cercle de centre O et de rayon unité.

**IV.E.11** si on prend  $p=-1$ , alors de  $z$  correspondant est  $< 1$  ( $e^{-Te} < 1$ ) ; si on prend  $p=1$ , alors de  $z$  correspondant est  $> 1$  ( $e^{Te} > 1$ ). D'où : le demi-plan des parties réelles négatives devient l'intérieur du cercle unité. De même, le demi-plan de droite devient l'extérieur du cercle unité. D'où la règle : Un système échantillonné sera stable si sa fonction de transfert en  $z$  n'a que des pôles de module  $< 1$ .

**IV.E.12**  $C_1(z) = 1 \Rightarrow H_{BF}(z) = \frac{H_{BO}(z)}{1 + H_{BO}(z)}$  ; il faut donc chercher les zéros de  $1 + H_{BO}(z)$ .

$$H_{BO}(z) = K \cdot \left( \frac{z}{z-1} + \frac{1,512 z}{z-\alpha} - \frac{0,519 z}{z-\beta} \right) \cdot \frac{z-1}{z}$$

$$= K \cdot \left( \frac{(z-\alpha) \cdot (z-\beta) + 1,512 (z-1) \cdot (z-\beta) - 0,519 (z-\alpha) \cdot (z-1)}{(z-\alpha) \cdot (z-\beta)} \right)$$

$$\text{d'où } 1 + H_{BO}(z) = \frac{(K+1) \cdot (z-\alpha) \cdot (z-\beta) + 1,512 K (z-1) \cdot (z-\beta) - 0,519 K (z-\alpha) \cdot (z-1)}{(z-\alpha) \cdot (z-\beta)}$$

$$= z^2(K+1 + 1,512K - 0,519K)$$

$$+ z \cdot [(K+1)(-\alpha-\beta) + 1,512K(-1-\beta) - 0,519K(-1-\alpha)]$$

$$+ [(K+1)(\alpha\beta) + 1,512K\beta - 0,519K\alpha]$$

$$\text{AN : } K = 3,8 ; \alpha = e^{-5,95 \cdot Te} = 0,971 ; \beta = e^{-37,04 \cdot Te} = 0,831 ;$$

$$\text{d'où : } 1 + H_{BO}(z) = \frac{8,57 z^2 - 15,28 z + 6,733}{(z-\alpha) \cdot (z-\beta)}$$

le discriminant  $\Delta = 2,671 = 1,57^2$ , d'où les deux zéros  $z_1 = 0,983$  et  $z_2 = 0,8$

**IV.E.13** les modules des pôles de  $H_{BF}(z)$  sont  $< 1 \Rightarrow$  système stable.

$$\text{IV.E.14 } H_{BF}(z) = \frac{V_S(z)}{V_{SC}(z)} = \frac{C_1(z) \cdot H_{BO}(z) \cdot \varepsilon(z)}{V_{SC}(z)} = \frac{C_1(z) \cdot H_{BO}(z)}{1 + C_1(z) \cdot H_{BO}(z)} ;$$

$$\text{D'où } H_e(z) = \frac{\varepsilon(z)}{V_{sc}(z)} = \frac{1}{1 + C_1(z) \cdot H_{BO}(z)}$$

$$\text{IV.E.15 on extrait } C_1(z) \text{ du résultat précédent : } C_1(z) = \frac{1}{H_{BO}(z)} \cdot \frac{V_{sc}(z) - \varepsilon(z)}{\varepsilon(z)}$$

**IV.E.16** on étudiera la réponse à un échelon  $\Rightarrow V_{sc}(z) = \frac{z}{z-1}$  avec un seul échantillon d'erreur non nul  $\Rightarrow$

$$\varepsilon(z) = \varepsilon_0 \text{ et } H_{BO}(z) = K \cdot \left( \frac{z}{z-1} + \frac{1,512 z}{z-\alpha} - \frac{0,519 z}{z-\beta} \right) \cdot \frac{z-1}{z}$$

$$= K \cdot \left( \frac{(z-\alpha) \cdot (z-\beta) + 1,512 (z-1) \cdot (z-\beta) - 0,519 (z-\alpha) \cdot (z-1)}{(z-\alpha) \cdot (z-\beta)} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \text{d'où : } C_1(z) &= \frac{(z-\alpha).(z-\beta)}{K.[(z-\alpha).(z-\beta) + 1,512 (z-1).(z-\beta) - 0,519 (z-\alpha).(z-1)]} \cdot \frac{\frac{z}{z-1} - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} \\
 &= \frac{(z-\alpha).(z-\beta)}{K.[(z-\alpha).(z-\beta) + 1,512 (z-1).(z-\beta) - 0,519 (z-\alpha).(z-1)]} \cdot \frac{z - \varepsilon_0.(z-1)}{\varepsilon_0.(z-1)} \\
 &= \frac{(z-\alpha).(z-\beta)}{K.[(z-\alpha).(z-\beta) + 1,512 (z-1).(z-\beta) - 0,519 (z-\alpha).(z-1)]} \cdot \frac{z.(1 - \varepsilon_0) + \varepsilon_0}{\varepsilon_0.(z-1)}
 \end{aligned}$$

Comme il n'y a pas de problème de causalité (numérateur et dénominateur du 3<sup>ème</sup> degré),  $\varepsilon_0$  peut prendre la valeur que l'on veut ; pour simplifier et alléger le numérateur, on choisira  $\varepsilon_0 = 1$ .

D'où un correcteur possible :

$$C_1(z) = \frac{(z-\alpha).(z-\beta)}{K.[(z-\alpha).(z-\beta) + 1,512 (z-1).(z-\beta) - 0,519 (z-\alpha).(z-1)]} \cdot \frac{1}{(z-1)}$$

En reprenant les résultats intermédiaires de la question **IV.E.12** ainsi que les valeurs numériques associées, on obtient :

$$C_1(z) = \frac{z^2 - 1,802 z + 0,807}{(7,57 z^2 - 15,28 z + 6,733).(z-1)} = \frac{z^2 - 1,802 z + 0,807}{7,57 z^3 - 22,85 z^2 + 22,013 z - 6,733}$$

**IV.E.17** La contrainte d'annulation des échantillons de la sortie est sans doute brutale ; cela risque d'engendrer une réponse oscillatoire lors de la réponse à 1 échelon.

# DR 1

## Question II.C.2

Chaque case correspond à un octet.

En-tête MBAP							FC	Données ...							
00	01	00	00	00	06	01	06	02	79	00	01				

**Remarque :** en ce qui concerne la partie des données, la taille du tableau n'est qu'indicative ; le cas échéant, le candidat pourra bien évidemment le rallonger selon ses besoins.

## Question II.C.3

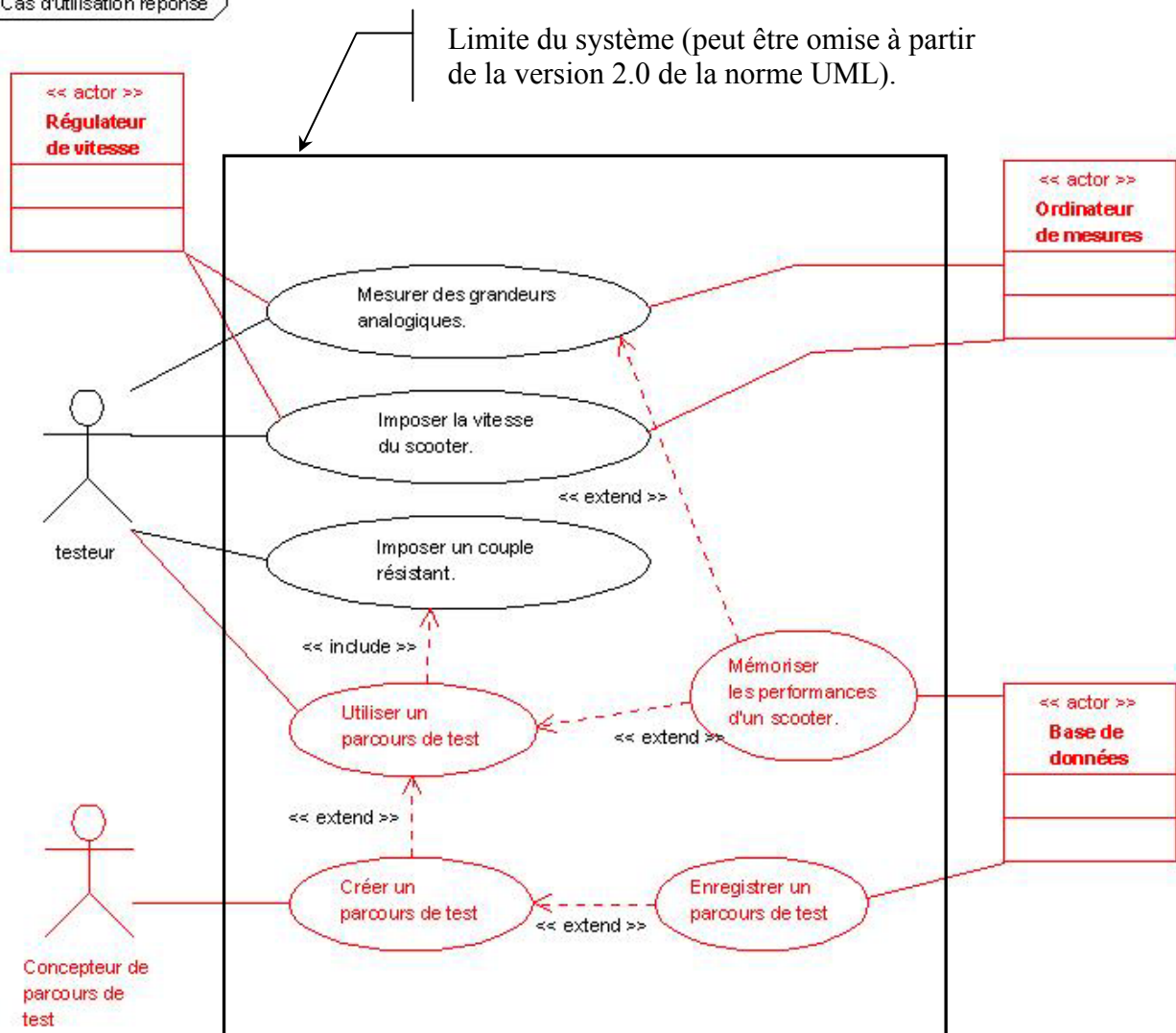
Adresse de l'esclave : **.01**.....

Menu et paramètre concernés : **0x279 = 633 => menu 6 paramètre 34**.....

Opération réalisée : **06 = écriture d'un seul paramètre 16 bits dans le variateur.**.....

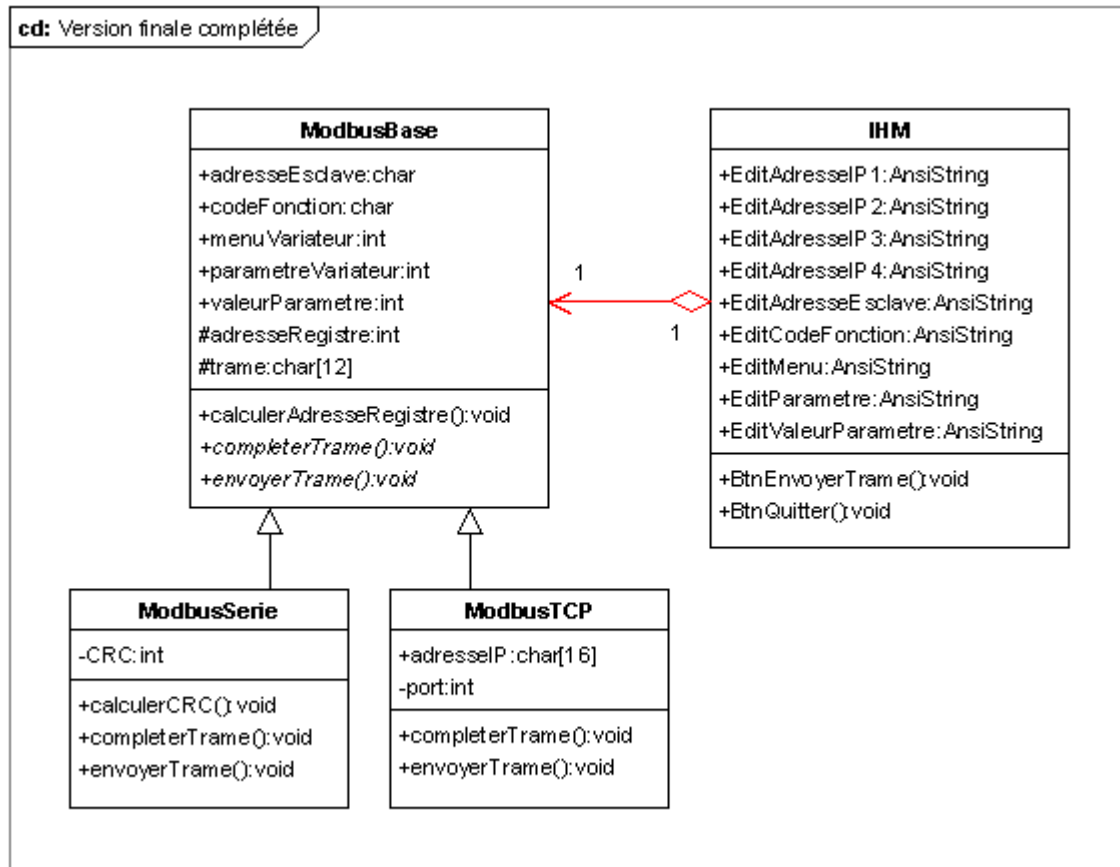
## DR 2 - Questions III.A.3 et III.A.4

ud Cas d'utilisation réponse



On pourra aussi admettre que le cas d'utilisation « Mémoriser les performances d'un scooter » soit lié à l'ordinateur de mesures plutôt qu'au cas d'utilisation « Mesurer des grandeurs analogiques ».

## DR 3 - Question III.B.5.1



Type de liaison : **composition** .....

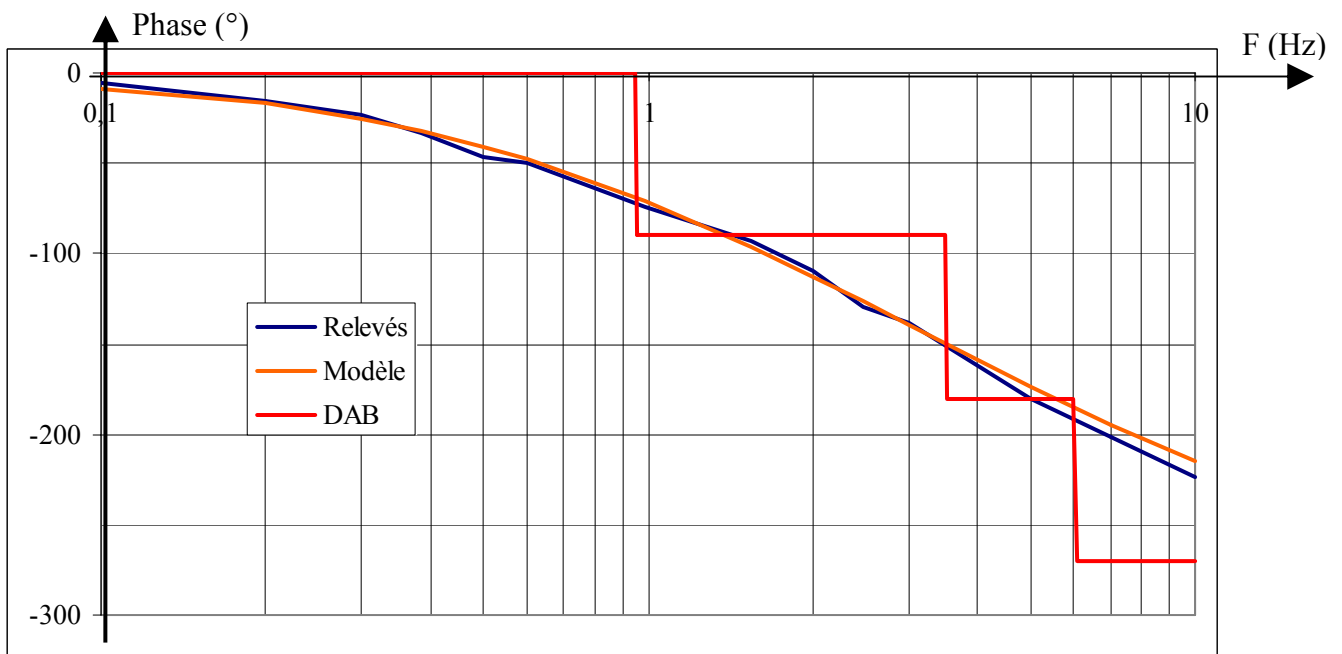
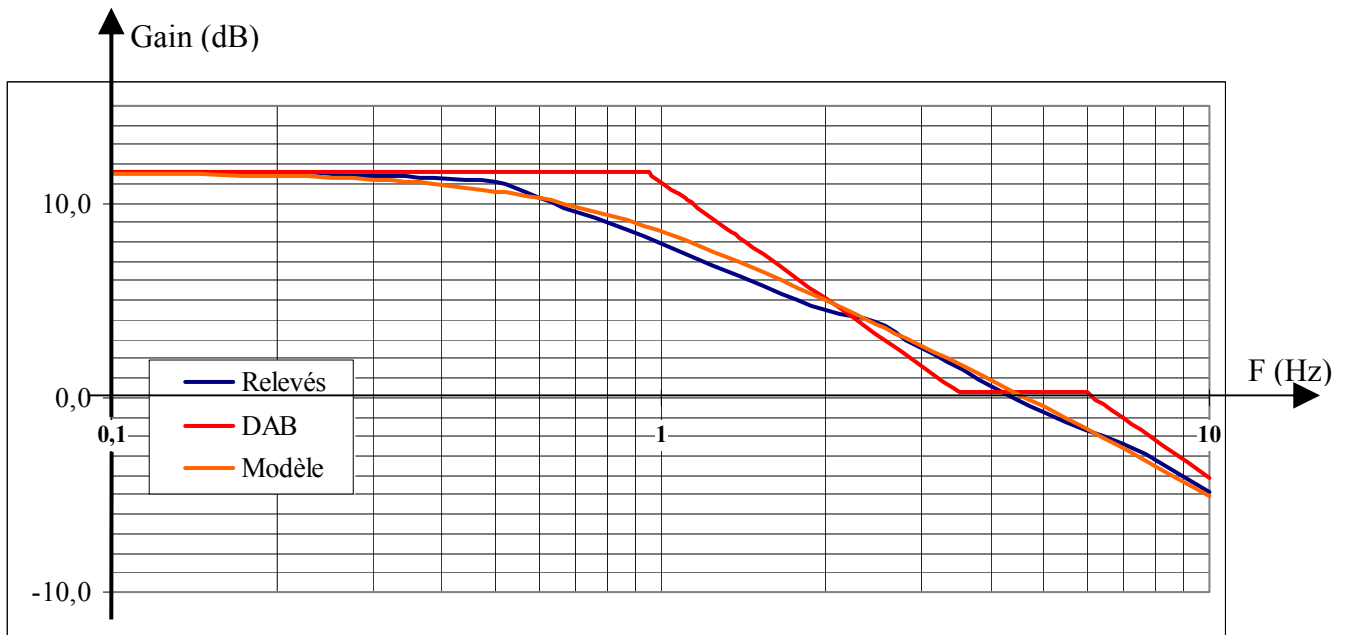
Justification : **Composition : une instance de la classe ModbusBase n'a aucune raison d'exister si celle de la classe IHM qui la crée a disparu.** .....

**Navigabilité : toute instance de la classe IHM fera forcément référence à une instance de la classe ModbusBase.** .....

**1 côté IHM : Une instance de la classe ModbusBase ne peut avoir qu'une seule IHM** .....

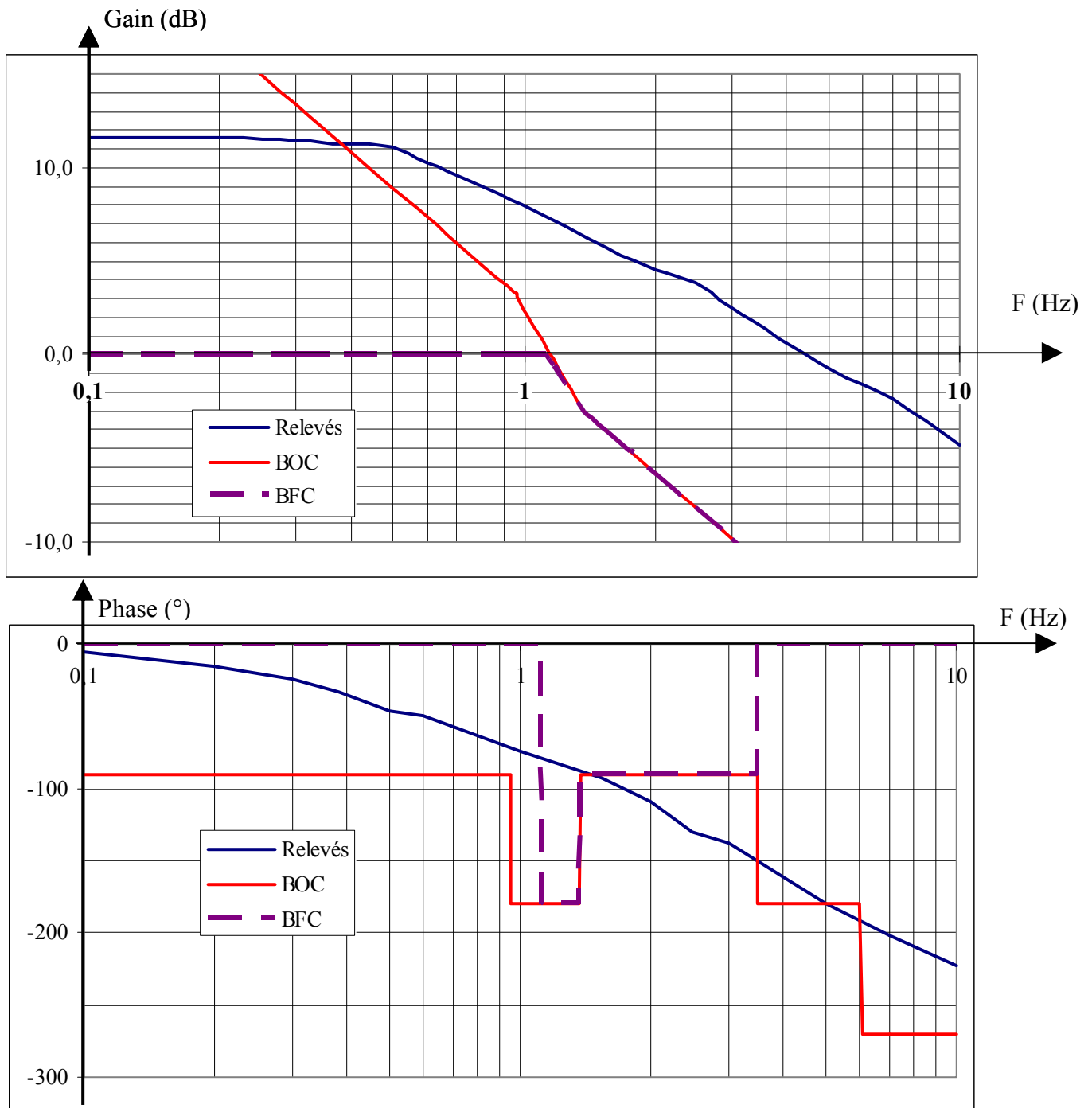
**1 côté ModbusBase : Une instance de la classe IHM ne peut piloter qu'une seule instance ModbusBase** .....

## DR 4 - Questions IV.A.1 et IV.A.2



Au delà de 10 Hz, les mesures ne sont plus significatives (trop de bruit).

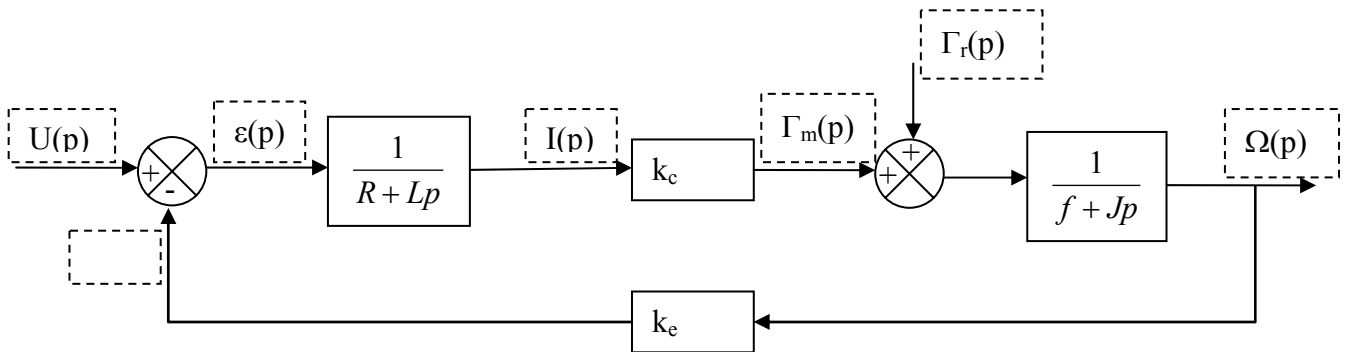
## DR 5 - Questions IV.B.6 et IV.B.7



Au delà de 10 Hz, les mesures ne sont plus significatives (trop de bruit).

# DR 6

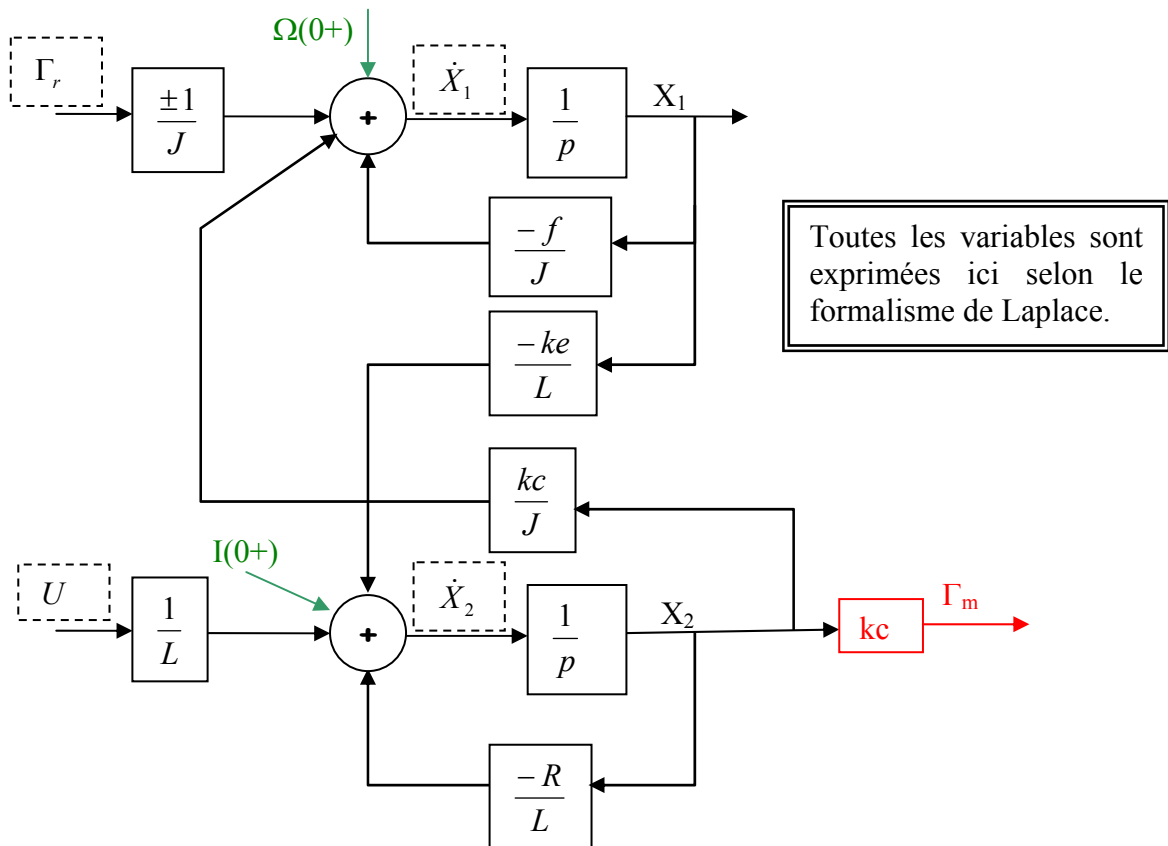
## Question IV.C.2



Les cases pointillées seront remplies par le nom d'un signal, les autres par une fonction de transfert ou un gain.

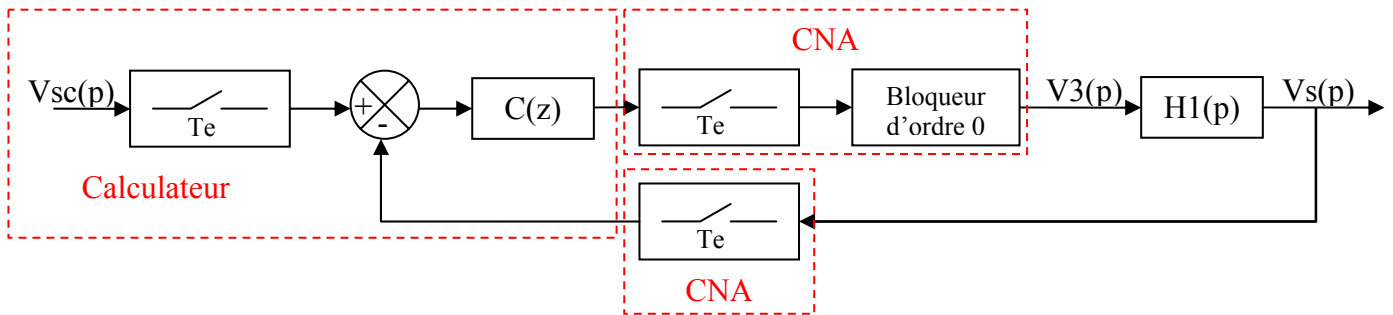
## Questions IV.D.3, IV.D.4.a et IV.D.4.b

En noir      en rouge      en vert



Les cases pointillées seront remplies par le nom d'un signal, les autres par une fonction de transfert ou un gain. Le couple résistant étant par essence même aléatoire, le candidat ne se formalisera pas sur son signe.

## DR 7 - Question IV.E.2



L'échantillonnage de  $V_{sc}$  est fictif