

SESSION DE 2007

**concours externe
de recrutement de professeurs agrégés****section : génie électrique**

composition d'automatique et d'informatique industrielle

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Dictionnaire technique anglais français autorisé.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout autre dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Automatisation d'un banc de mesures.

Lors de cette épreuve, le candidat sera confronté à des questions qui relèvent spécifiquement du référentiel du BTS IRIS (anciennement Informatique Industrielle). Ce questionnement spécifique abordera les thèmes suivants :

- Notions sur les réseaux informatiques. Le candidat dispose en **annexe 2** d'informations sur la normalisation des réseaux et sur les différents types de matériels réseaux.
- Modélisation UML (limitées à trois types de diagrammes). Le candidat dispose en **annexe 3** d'exemples commentés de diagrammes UML.
- Algorithmique et programmation en C++. Le candidat dispose en **annexe 4** d'informations quant au formalisme algorithmique.

Bien que ces deux thèmes puissent dérouter, ils relèvent pour parties de notions qui sont sans doute déjà dans la culture des candidats et méritent donc d'être abordés dans cette épreuve.

Le dernier thème relève de notions « classiques » d'asservissement.

Tous les thèmes sont totalement indépendants, et peuvent donc être traités séparément. De même, à l'intérieur de chaque thème, de nombreuses sous parties et/ou questions sont elles aussi indépendantes.

Enfin, le candidat veillera scrupuleusement à reporter les numéros des questions.

Si le candidat estime que certaines données sont fausses ou incomplètes, il explicitera clairement ses nouvelles hypothèses de travail.

Si vous estimez que le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes comporte une erreur, signalez lisiblement votre remarque dans votre copie et poursuivez l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB. : *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

A

I Présentation du banc.

La société LABEC commercialise un équipement didactique constitué d'un « scooter électrique » placé sur un banc (cf. figure 1), afin que l'on puisse effectuer des mesures sur le scooter en fonctionnement. L'appellation « électrique » vient de ce que l'on a remplacé le moteur thermique habituel par un moteur électrique à courant continu alimenté par un variateur électronique.



- figure 1 -

La roue avant du scooter est fixe, et la roue motrice arrière repose sur deux cylindres horizontaux (cf. détails figures 2a et 2b)



- figure 2a -



- figure 2b -

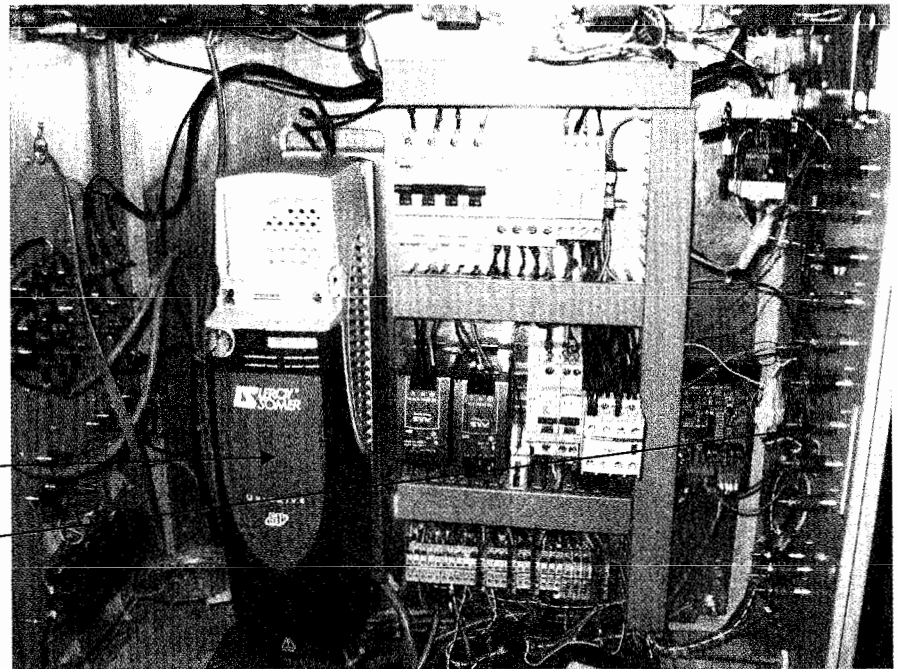
Afin de faire des mesures significatives et observer ainsi ce qui se passe réellement lors de l'utilisation du scooter, ces cylindres sont accouplés via un réducteur à un moteur asynchrone triphasé commandé par un variateur à commande vectorielle de flux. Le couple exercé par les cylindres sur la roue motrice sera aussi bien résistant (simulation d'une côte, d'un vent de face...) que moteur (simulation d'une descente, d'un vent de dos...). Pour la suite, ce couple sera toujours désigné par **couple résistant**, quel que soit son signe.

Deux galets d'axe vertical empêchent la roue arrière de sortir de cylindres, ce qui serait très dangereux. Ces galets sont fous et n'exercent aucun couple sur la roue arrière.

L'armoire de commande du banc de mesures contient le variateur qui créera le couple résistant sur la roue arrière via les cylindres ainsi que divers points de mesure reliés au scooter qui permettront de mesurer les grandeurs analogiques représentatives du scooter en fonctionnement avec des appareils conventionnels (voltmètre, oscilloscope).

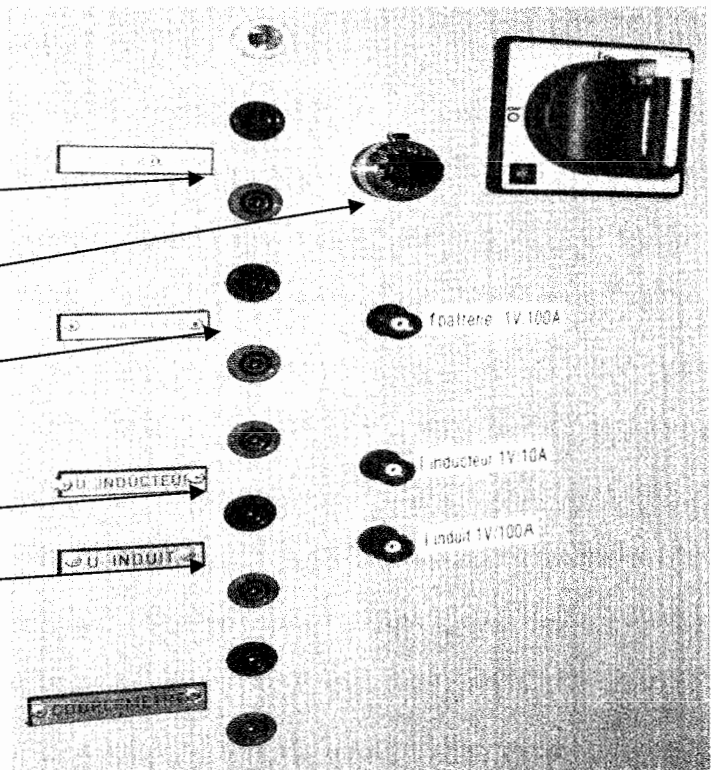
- figure 3a -
Intérieur de l'armoire

Variateur
Fiches pour les mesures



- figure 3b -
Côté droit de l'armoire

Consigne pilote
(poignée d'accélération ou
potentiomètre multi tours)
Potentiomètre multi tours
Tension aux bornes de la batterie
du scooter
Tension aux bornes de l'inducteur du
moteur du scooter
Tension aux bornes de l'induit du moteur
du scooter



De la même façon, sur le côté gauche de l'armoire, on peut prélever deux tensions images :

- de la vitesse du scooter ;
- du couple exercé par les cylindres sur la roue arrière du scooter.

En utilisation normale, on utilise la poignée d'accélération pour régler la vitesse du scooter. Si cette méthode est suffisante un fonctionnement sur route, elle s'avère totalement inadaptée pour des mesures. Pour cette raison, on a implanté sur le scooter un commutateur à trois positions, non montré ici :

- Position 1 : fonctionnement normal ; la vitesse du scooter est réglée par la poignée initialement prévue par le constructeur. Cela permet de vérifier que le scooter fonctionne correctement

- Position 2 : mesures à consigne de vitesse fixe ; la vitesse du scooter est réglée par le potentiomètre multi tours présenté en figure 3b afin de pouvoir réaliser des séquences de mesurage longues et reproductibles.
- Position 3 : entrée externe : la vitesse du scooter sera réglée par un dispositif externe précisé plus loin.

Utilisation actuelle du banc :

Sur le côté supérieur de l'armoire se trouve le bouton ci-contre qui permet un réglage séquentiel du couple résistant. Ce bouton est ici présenté dans sa position de repos. Pour ce faire varier le couple résistant, on tourne le bouton dans un sens ou dans l'autre ; dès relâchement, le bouton revient dans sa position de repos.

- figure 4 -

À chaque appui, le couple résistant varie de 0,5% de sa valeur maximale. Ce mode de commande ne permet pas l'application d'échelons de couple.



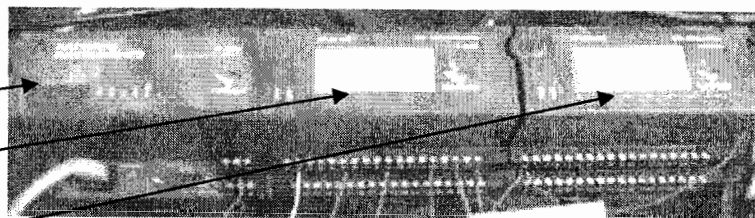
Evolution souhaitée :

L'automatisation de ce banc avec des solutions appartenant au domaine de l'Informatique Industrielle devra permettre, du point de vue mesures, de :

- Piloter le variateur du banc de mesures à partir d'un ordinateur via une liaison Ethernet selon le protocole Modbus/TCP. Cet ordinateur sera appelé ordinateur de charge et permettra de faire varier dynamiquement la charge du scooter et ainsi de simuler divers cas de fonctionnement (ville, campagne, montagne, intempéries, rafale de vent ...).
- Prélever les grandeurs analogiques représentatives du fonctionnement du scooter par un système d'acquisition déporté (figure 5) ; les valeurs numériques correspondantes seront transmises selon le protocole TCP/IP à un second ordinateur appelé ordinateur de mesures.

Ce système d'acquisition contient :

- Une commande munie d'une interface réseau Ethernet ;
- Un boîtier d'acquisition à 8 entrées (CAN 12 bits) ;
- Un boîtier de restitution à 8 sorties (CNA 12 bits).



- figure 5 -

Chacune des entrées du boîtier contenant les 8 Convertisseurs Analogique Numérique sera connectée à une grandeur à mesurer. Le boîtier de commande a été programmé de façon à ce qu'il envoie **périodiquement** les grandeurs mesurées à l'ordinateur de mesures dès sa mise sous tension.

Le boîtier contenant les Convertisseurs Numérique Analogique servira à régler la vitesse du scooter lorsque le commutateur sera en position 3 (entrée analogique externe).

NB : on aurait pu utiliser deux dispositifs distincts, mais le boîtier de commande peut tout à fait gérer les entrées et la sortie le temps de la mise au point des logiciels.

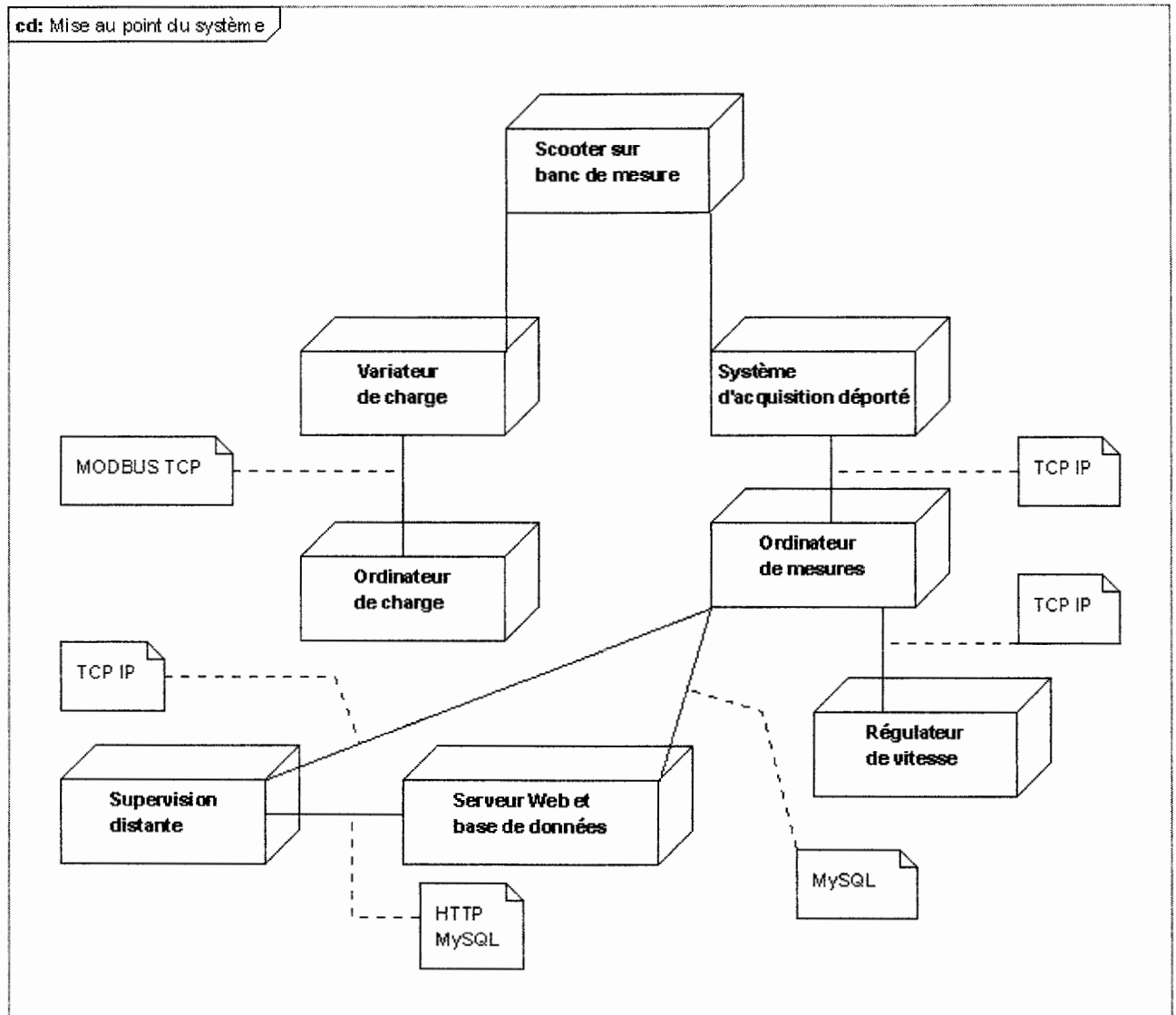
Durant la phase de mise au point du système de mesures automatisées, tous les ordinateurs seront à proximité du banc de mesures.

L'automatisation comprendra aussi des développements logiciels complémentaires afin de :

- Réaliser un régulateur de vitesse à l'aide d'un troisième ordinateur qui récupèrera l'information vitesse sur l'ordinateur de mesure et transmettra l'information vitesse scooter au boîtier de conversion Numérique Analogique via l'ordinateur de mesures.
- Réaliser un générateur de parcours de test par le biais d'une Interface Homme Machine (IHM) conviviale. À partir de la masse du pilote, de la vitesse du vent, de la pente ..., ce générateur déterminera le couple résistant à appliquer et transmettra cette valeur à l'ordinateur de charge qui répercutera cette information au variateur de charge selon le protocole ModBus/TCP. Les parcours de test seront créés par un concepteur spécialisé et non par le testeur qui effectue les mesures ; par contre, ce dernier pourra, s'il le désire, utiliser un de ces parcours.

- Réaliser la supervision complète de l'ensemble du système avec gestion d'une base de données (parcours de test, performances de différents scooters testés dans l'optique de tests en fin de chaîne d'assemblage, ...). Cette supervision devra pouvoir être effectuée à partir de n'importe quel navigateur web.

Durant la phase de mise au point, le système de mesures sera comme indiqué sur le diagramme de déploiement suivant :



- figure 6 -

II Etude du réseau informatique.

II.A Mise au point du système automatisé.

En ce qui concerne la partie charge, les adresses IP, ports et protocoles utilisés sont :

- Variateur de charge : 172.20.2.95, port 502
- Ordinateur de charge : 172.20.2.90, port 2048
- Protocole MODBUS TCP

En ce qui concerne la partie mesures, les adresses IP, ports et protocoles utilisés sont :

- Système d'acquisition déportée : 172.20.2.81, 3072
- Ordinateur de mesures : 172.20.2.110, port 4096
- Protocole TCP/IP

Le candidat dispose en annexe 2 du modèle OSI ainsi que de toute une liste de matériels réseau.

II.A.1 Donnez la classe, l'adresse du réseau et le masque de sous réseau correspondant aux adresses qui précèdent.

II.A.2 En ce qui concerne la communication entre le variateur et l'ordinateur de charge d'une part, et entre le système d'acquisition déportée et l'ordinateur de mesures d'autre part, précisez qui est le serveur et qui est le client.

II.A.3 Quelle différence fondamentale y a-t-il entre un client et un serveur ?

II.A.4 La valeur des ports des quatre éléments du réseau est-elle anodine ? A quoi la notion de port correspond-elle ?

II.A.5 À quelle couche du modèle OSI correspondent les protocoles figurant sur le diagramme de déploiement pour la partie charge et pour la partie mesure ?

Le même réseau physique contient un second banc de mesure de scooter, et donc un second variateur de charge dont l'adresse IP est 172.20.2.201. L'ordinateur de charge du premier scooter ne doit pas pouvoir communiquer avec le second variateur.

II.A.6 Sur quel élément du réseau faut-il modifier quelque chose ? Que faut-il modifier et quelle sera la nouvelle valeur de ce qui a été modifié ?

II.B Déploiement du système automatisé.

Une fois les logiciels mis au point, l'ordinateur de mesures sera éloigné du système d'acquisition des données. Cela risque d'induire des modifications dans le réseau.

II.B.1 L'ordinateur de mesures est déplacé à 150 m du banc de mesures. Faut-il rajouter des éléments au réseau ? Faut-il modifier des adresses et / ou des masques ?

II.B.2 Idem, mais cette fois l'ordinateur de mesures est déplacé à 500 m du banc de mesures. Faut-il rajouter des éléments au réseau ? Faut-il modifier des adresses et / ou des masques ?

II.B.3 Idem, mais cette fois l'ordinateur de mesures prélève les valeurs analogiques via Internet. Faut-il rajouter des éléments au réseau ? Faut-il modifier des adresses et / ou des masques ?

II.C Analyse de trame MODBUS TCP.

La capture suivante a été réalisée avec un analyseur de réseau informatique lors de l'envoi d'une trame de l'ordinateur de charge vers le variateur de charge.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
147	10.950816	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	1817 > 502 [SYN] Seq=0 Ack=0
148	10.953775	172.20.2.95	172.20.2.90	TCP	502 > 1817 [SYN, ACK] Seq=0 A
149	10.953796	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	1817 > 502 [ACK] Seq=1 Ack=1
194	13.371144	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	1817 > 502 [PSH, ACK] Seq=1 A
196	13.565150	172.20.2.95	172.20.2.90	TCP	502 > 1817 [ACK] Seq=1 Ack=13
197	13.567825	172.20.2.90	172.20.2.95	Modbus	power
198	13.567825	172.20.2.95	172.20.2.90	Modbus	response [1 pkt(s)]: trans:
199	13.693878	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	1817 > 502 [ACK] Seq=25 Ack=1
264	19.477200	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	1817 > 502 [FIN, ACK] Seq=25
265	19.479072	172.20.2.95	172.20.2.90	TCP	[TCP zerowindow] 502 > 1817 [
266	19.482947	172.20.2.95	172.20.2.90	TCP	502 > 1817 [FIN, PSH, ACK] se
267	19.482961	172.20.2.90	172.20.2.95	TCP	[TCP window Full] 1817 > 502

- figure 6a-

La trame MODBUS TCP n° 197 complète figure ci-dessous en blanc sur fond sombre :

fa f0 5d 08 00 00 00 01 00 00 00 06 01 06 02 79
00 01

- figure 6b -

II.C.1 Le port de l'ordinateur de charge a été modifié. Quelle est sa nouvelle valeur ?

II.C.2 À partir de la trame, retrouvez les trois champs de la trame MODBUS et complétez le document réponse DR1.

II.C.3 Complétez le document réponse DR1 en déduisant de la réponse précédente :

- L'adresse de l'esclave ;
- Le menu et le paramètre concernés ;
- L'opération réalisée.

II.C.4 Après consultation de l'annexe 1 chapitre IV, expliquez pourquoi le CRC n'apparaît pas dans le protocole MODBUS TCP alors qu'il figure dans le protocole MODBUS série ?

II.C.5 La communication entre l'ordinateur de charge et le variateur de charge selon le protocole MODBUS TCP se fait-elle en mode connecté ou non connecté ? Justifiez votre réponse à partir d'une ou des images obtenues lors de la capture de la trame.

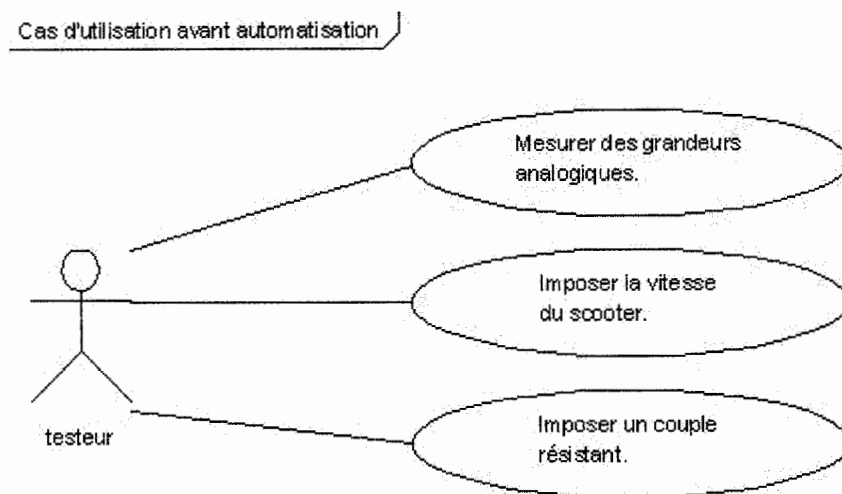
II.C.6 Quelles sont les analogies, à l'échelle humaine, des deux modes de connexion évoqués dans la question précédente ? Concluez quant à la sécurité de chaque mode, c'est-à-dire à la certitude que l'émetteur d'un message peut avoir quand à la réception dudit message par le destinataire.

II.C.7 Quelles sont les conséquences de ces deux modes de connexion lorsque Ethernet est utilisé comme bus de terrain, ce qui est le cas ici ?

III Modélisation UML.

III.A Vue fonctionnelle du système.

Le diagramme des cas d'utilisation du banc de mesure non encore automatisé est le suivant :



- figure 7 -

Rappel : le candidat dispose en annexe 3 d'explications sur ce diagramme.

L'acteur principal qui réalise les mesures sera nommée **testeur** ; on retrouve bien les actions que cet acteur est sensé réaliser, à savoir :

- Mesurer les grandeurs analogiques représentatives du fonctionnement du scooter sur route ;
- Imposer la vitesse du scooter ;
- Imposer un couple résistant sur la roue arrière du scooter.

III.A.1 Quel est le rôle du diagramme des cas d'utilisation ? (le candidat prendra en considération l'appareillage de mesure, par exemple).

III.A.2 Que représentent les cas d'utilisation ?

Le candidat ne perdra pas de vue que ce diagramme est un outil de communication entre tous les intervenants d'un même projet et non une spécificité informatique. Les choix des noms des acteurs et les intitulés des cas d'utilisation seront faits en ce sens pour les deux questions suivantes :

III.A.3 En accord avec la proposition d'automatisation du banc qui vous est proposée, complétez le diagramme des cas d'utilisation fourni en document réponse DR2 en rajoutant les acteurs principaux et secondaires nécessaires.

III.A.4 Toujours à partir de la même proposition d'automatisation du banc, complétez le diagramme des cas d'utilisation fourni en document réponse DR2 en rajoutant les cas d'utilisation manquants.

III.B Vue statique du système.

III.B.1 Etude d'une classe Modbus.

Compte tenu du protocole MODBUS disponible en annexe 1, une classe Modbus possible est celle ci-contre :

Rappel : les réglages du variateur se font à l'aide de menus, lesquels contiennent un grand nombre de paramètres. Il faut donc trois informations pour régler un paramètre :

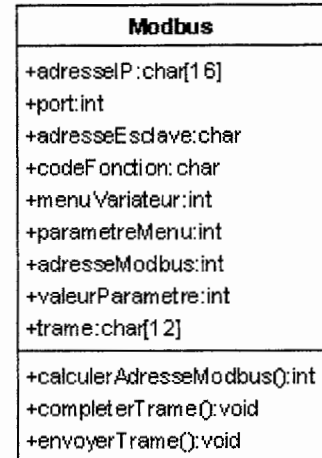
- Le numéro du menu ;
- Le numéro du paramètre dans le menu ;
- La valeur du paramètre.

Par contre, le protocole Modbus ne connaît que l'adresse du paramètre dans l'espace mémoire du variateur.

- figure 8 -

A l'aide d'un outil de Génie Logiciel, on peut générer automatiquement le squelette du code C++ correspondant à la classe ci dessus. Les 2 fichiers générés sont :

cd: Version à une seule classe



Modbus.cpp

```
#include "Modbus.h"
int Modbus::calculerAdresseModbus()
{
// your code here
}
void Modbus::completerTrame()
{
// your code here
}
void Modbus::envoyerTrame()
{
// your code here
}
```

Modbus.h

```
#ifndef Modbus_I6a28f110m10dd0bf170cmm7e68_H
#define Modbus_I6a28f110m10dd0bf170cmm7e68_H
class Modbus
{
public:
int calculerAdresseModbus();
void completerTrame();
void envoyerTrame();
public:
char adresseIP[16];
int port ;
char adresseEsclave;
char codeFonction;
int menuVariateur;
int parametreMenu;
int adresseModbus;
int valeurParametre;
char trame[12];
};
#endif // Modbus_I6a28f110m10dd0bf170cmm7e68_H
```

III.B.1.1 Quel est l'intérêt d'une classe ?

III.B.1.2 Comment s'appelle l'opération qui consiste en la création d'un objet à partir d'une classe ?

III.B.1.3 Quel est le rôle de chacun des fichiers ci-dessus ?

III.B.1.4 Quel est le nom de la ligne `#include "Modbus.h"` ? Quel est son rôle ? À quel moment de la compilation du code source en exécutable intervient-elle ?

III.B.1.5 Quel est le rôle des trois lignes suivantes que l'on trouve dans les fichiers `.h`

```
#ifndef ...
#define ...
...
#endif ...
```


On utilise cette classe à partir d'un fichier C++ nommé `IHM.cpp` (pour Interface Homme Machine).

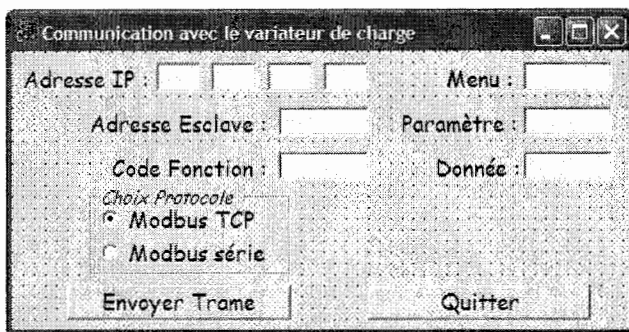
III.B.1.6 Ecrivez, **sans utiliser de pointeur**, les fichiers `IHM.cpp` et `IHM.h` qui permettront :

- De créer un objet `ModbusObjet` issu de la classe `Modbus` ;
- D'attribuer une valeur à l'attribut `adresseEsclave` de cet objet ;
- D'utiliser la méthode `completerTrame` de cet objet ; le candidat ne cherchera pas à écrire cette méthode, juste à l'utiliser.

III.B.1.7 Il est fréquent de trouver une méthode qui porte exactement le même nom que la classe ; quel est son nom, à quoi sert-elle, quand intervient-elle et comment la fait-on intervenir ?

III.B.2 Première version du diagramme de classes.

Ce diagramme sera limité à la communication entre l'ordinateur de charge et le variateur. Compte tenu du fait qu'il existe deux supports pour le protocole MODBUS, à savoir une liaison série ou une liaison Ethernet, l'interface homme machine (IHM) et le diagramme de classes retenu pour la communication avec le variateur lors de la phase de mise au point des logiciels seront les suivants :

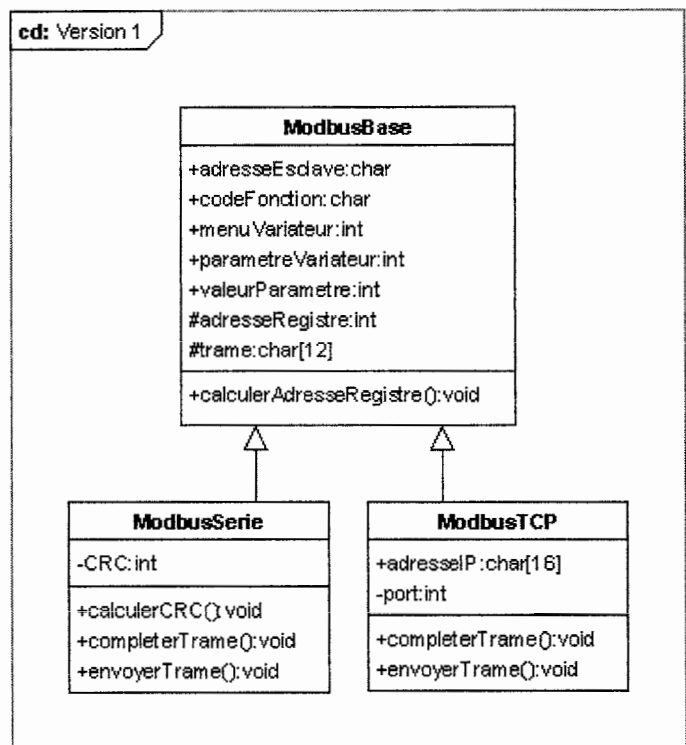


- figure 9a -

Par rapport au protocole MODBUS, on a choisi d'envoyer les mots un par un. En effet, le variateur ne contient pas de zone de paramètres contigus.

De même, on lira les paramètres un par un.

Rappel : le candidat dispose en annexe 1 d'une description du protocole MODBUS.



- figure 9b -

III.B.2.1 Que sont les classes `ModbusSerie` et `ModbusTCP` vis-à-vis de la classe `ModbusBase`?

III.B.2.2 Comment s'appelle la relation lie les classes `ModbusSerie` et `ModbusTCP` avec la classe `ModbusBase` lorsqu'on parcourt le diagramme de haut en bas ?

III.B.2.3 Comment s'appelle la relation lie les classes `ModbusSerie` et `ModbusTCP` avec la classe `ModbusBase` lorsqu'on parcourt le diagramme de bas en haut ?

III.B.2.4 Quel est l'intérêt d'adopter la vision plus modulaire des classes de la figure 9b plutôt que celle monolithique de la figure 8 ?

III.B.2.5 Pourquoi l'approche proposée est-elle préférable à celle consisterait à coder deux classes `ModbusSerie` et `ModbusTCP` distinctes, sans aucun rapport avec une quelconque classe `ModbusBase`?

III.B.2.6 Il manque une méthode à la classe `ModbusTCP` : laquelle, et quelle sera sa fonction ? cette méthode restera absente pour la suite du sujet.

III.B.3 Analyse du code C++ de la première version.

A l'aide du même outil de Génie Logiciel, on a généré automatiquement le squelette du code C++ correspondant au nouveau diagramme de classes. Voici 4 des 6 fichiers générés :

ModbusBase.cpp

```
#include "ModbusBase.h"

void ModbusBase::calculerAdresseRegistre ()
{
// your code here
}
```

ModbusBase.h

```
#ifndef ModbusBase_I180cf2am10d7fc7a873mm7e67_H
#define ModbusBase_I180cf2am10d7fc7a873mm7e67_H

class ModbusBase
{
public:
void calculerAdresseRegistre();

char adresseEsclave;
char codeFonction;
int menuVariateur;
int parametreVariateur;
int valeurParametre;

protected:
int adresseRegistre;
char trame[12];
};

#endif // ModbusBase_I180cf2am10d7fc7a873mm7e67_H
```

ModbusTCP.cpp

```
#include "ModbusTCP.h"

void ModbusTCP::completerTrame()
{
// your code here
}

void ModbusTCP::envoyerTrame()
{
// your code here
}
```

ModbusTCP.h

```
#ifndef ModbusTCP_I1a65a18m10d9cd629e6mm7080_H
#define ModbusTCP_I1a65a18m10d9cd629e6mm7080_H

#include "ModbusBase.h"

class ModbusTCP : public ModbusBase
{
public:
char adresseIP[16];
void completerTrame();
void envoyerTrame();

private:
int port;
};

#endif // ModbusTCP_I1a65a18m10d9cd629e6mm7080_H
```

III.B.3.1 Si on ne disposait pas du diagramme de classes, comment saurait-on qu'il y a un lien particulier entre les deux classes ci-dessus.

III.B.3.2 Dans quel but définit-on certains attributs en publics, protégés ou privés ?

III.B.3.3 Comment affecte-t-on une valeur à ces attributs ? Donnez un exemple pour les attributs `adresseEsclave`, `adresseRegistre` et `port` (le candidat affectera ici des valeurs quelconques à ces attributs, en respectant bien évidemment les types).

III.B.3.4 Déterminez l'algorithme de la fonction `calculerAdresseRegistre()`. Le candidat dispose en annexe 4 de consignes quand au formalisme d'un algorithme et s'efforcera de les respecter. La lecture de l'annexe 1 partie III.B sera aussi utile si la question II.C.3 n'a pas été traitée.

III.B.3.5 Expliquez pour quelle raison la fonction `envoyerTrame()` de la classe `ModbusTCP` ne pourra pas traiter l'attribut `trame[12]` comme une classique chaîne de caractères (la lecture de l'annexe 1 partie IV ainsi que la figure 6b seront utiles).

III.B.4 Seconde version du diagramme de classes.

Afin de profiter au maximum de la souplesse qu'offre le C++ pour alléger le code qui utilisera ces classes, on ajoute à **ModbusBase** 2 méthodes virtuelles qui portent exactement les mêmes noms que les méthodes des classes **ModbusSerie** et **ModbusTCP**, d'où cette seconde version du diagramme de classes :

- figure 10 -

Les méthodes en *italique* sont virtuelles et apparaissent dans **ModbusBase.h** de la façon suivante :

```
public:
virtual void completerTrame() = 0;
virtual void envoyerTrame() = 0;
```

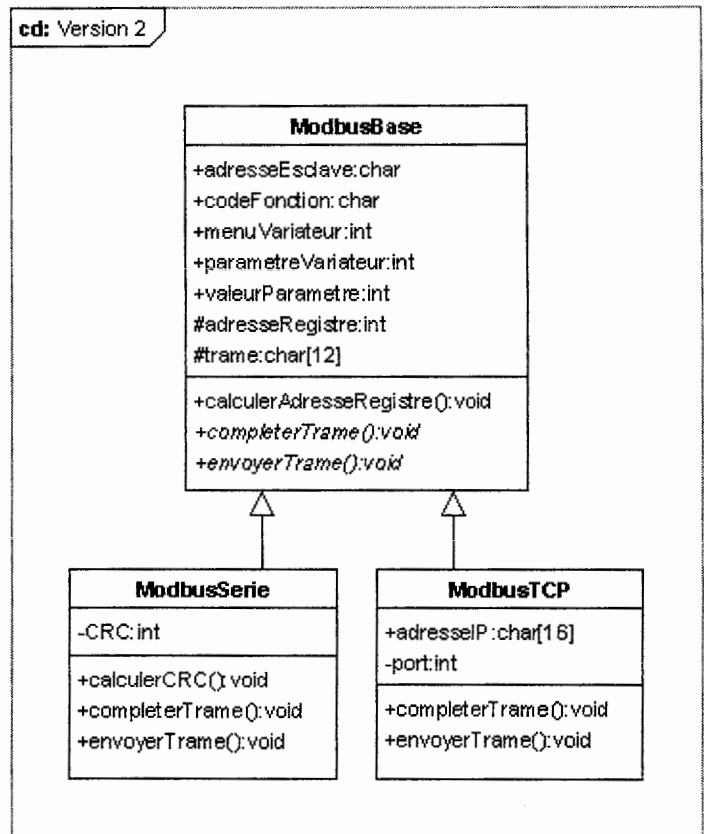
Ces classes sont toujours utilisées à partir des fichiers **IHM.cpp** et **IHM.h** qui contiennent (extraits partiels limités à cette partie) :

Extrait du fichier **IHM.h** :

```
public:           // Déclarations de l'utilisateur
class ModbusBase *MB;
```

Extrait du fichier **IHM.cpp** correspondant à l'action déclenchée par un clic sur le bouton **Envoyer Trame** de la figure 9a :

```
if (RadioTCP->Checked)           // la condition sera vraie si le bouton radio
    { MB = new ModbusTCP; }       // Modbus TCP est coché comme sur la figure 9a
else
    { MB = new ModbusSerie; }
MB->envoyerTrame();
```



III.B.4.1 Le fait que la classe **ModbusBase** contienne des méthodes virtuelles permet-il de la qualifier d'abstraite ? Justifiez.

III.B.4.2.a Que fait la ligne `class ModbusBase *MB;` ?

III.B.4.2.b Que font les lignes `class MB = new ModbusSerie;` et `MB = new ModbusTCP;` ?

III.B.4.2.c À quel moment y a-t-il réservation d'espace mémoire ?

III.B.4.3. Que se passerait-il si `*MB` n'était pas déclaré dans **IHM.h**, mais directement dans la fonction qui l'utilise ?

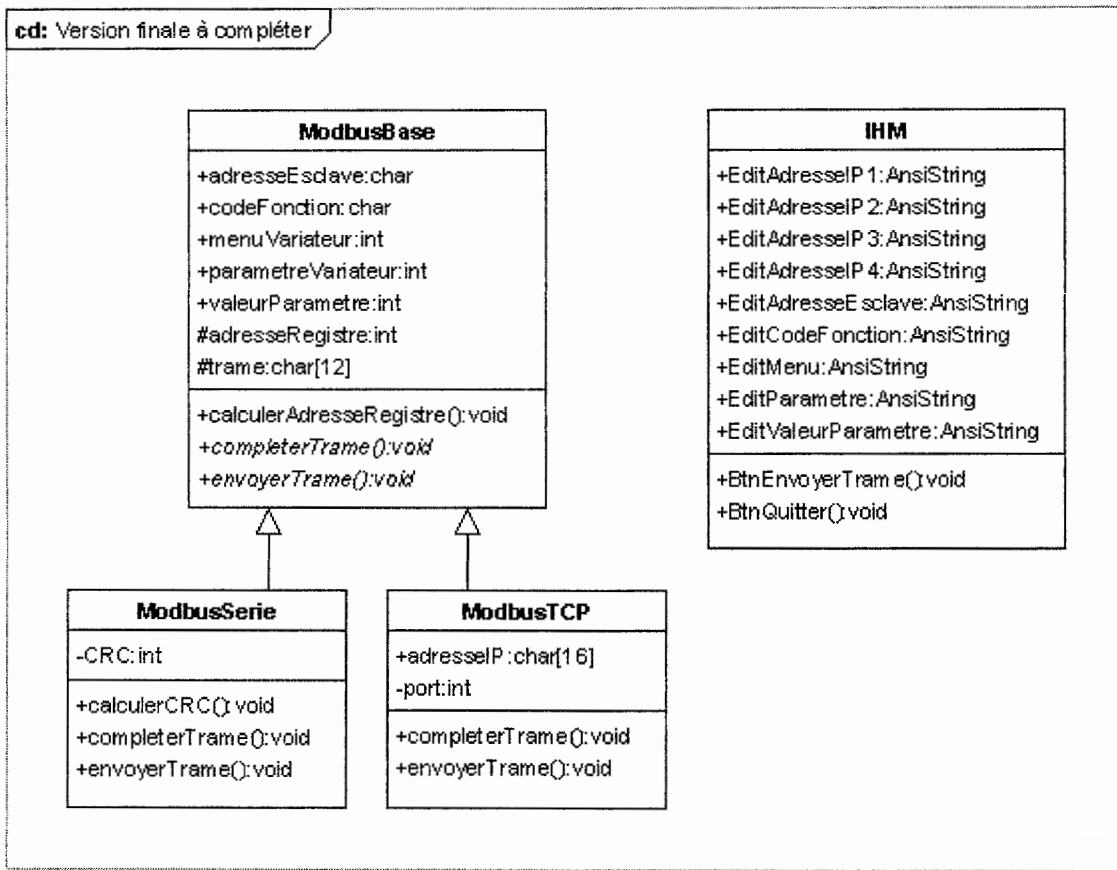
III.B.4.4. Pourrait-on faire : `class ModbusTCP *MTCP;`

Puis : `MTCP = new ModbusBase ;` ?

III.B.4.5. Que l'on ait créé un objet issu de la classe **ModbusTCP** ou de la classe **ModbusSerie**, c'est la même méthode `envoyerTrame();` qui est appelée ; quel est le nom de la propriété du C++ qui permet cela ?

III.B.5 Diagramme de classe final.

Le programme final de communication entre l'ordinateur de charge et le variateur sera réalisé selon le diagramme de classe suivant :



- figure 11 -

L'IHM permettra d'affecter certaines des valeurs de la trame Modbus lors d'une commande manuelle du variateur de charge. Le type AnsiString correspond à une chaîne de caractères « évoluée » et sera celui de toutes les valeurs qui seront saisies dans l'IHM. Ces chaînes seront converties afin de fournir les bonnes valeurs aux attributs correspondants, **cette conversion n'étant absolument pas demandée ici**.

Toutes les valeurs seront saisies dans des zones nommées **Edit...**, par facilité vis-à-vis de l'environnement de programmation.

III.B.5.1 Précisez, sur le document réponse **DR3**, la relation qu'il faut placer entre les classes **IHM** et **ModbusBase** (association, agrégation ou composition ainsi que la flèche qui indique quelle classe fait référence à l'autre).

III.B.5.2. Donnez, en justifiant, les valeurs des cardinalités.

IV Etude du régulateur de vitesse.

Quelle que soit la façon dont ce régulateur sera réalisé, il est indispensable de modéliser le scooter. Afin d'éviter de fastidieux calculs mécaniques, on a effectué un relevé de la fonction de transfert de la vitesse du scooter en fonction de la tension appliquée à son variateur.

On a donc mesuré la tension $v_s(t)$, image de la vitesse du scooter, en fonction de la tension $v_3(t)$, tension appliquée au variateur de scooter lorsque le commutateur est en position 3.

Les résultats de l'analyse harmonique figurent en document réponse DR4.

IV.A Modélisation du scooter.

Le modèle proposé est : $H1(p) = \frac{K.(1 - \tau_2.p)}{(1 + \tau_1.p).(1 + \tau_3.p)}$, avec $\tau_1 = 168 \text{ ms}, \tau_2 = 45 \text{ ms}, \tau_3 = 27 \text{ ms}$ et $K = 3,8$

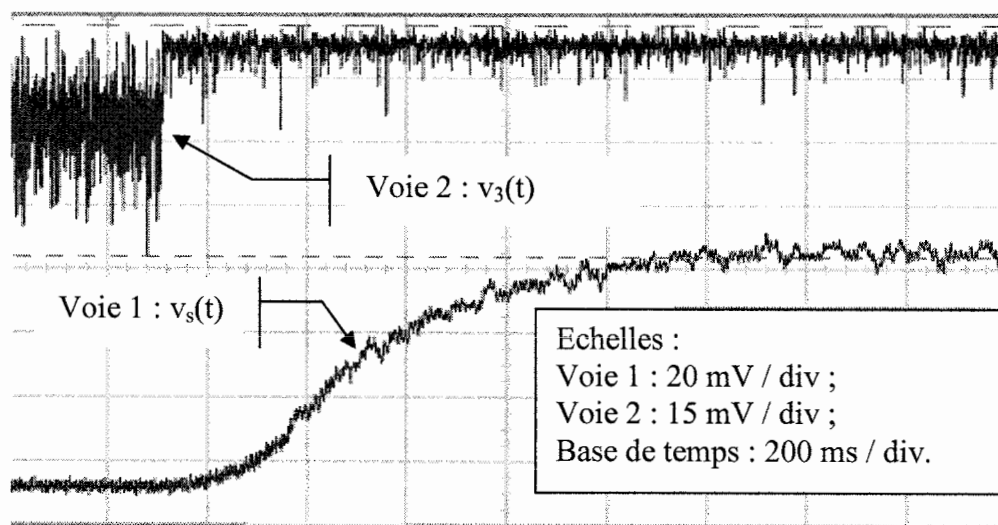
IV.A.1. Tracez, sur le document réponse DR4, les diagrammes **asymptotiques** de Bode de $H1(p)$. Le candidat s'efforcera d'obtenir un résultat lisible, par exemple en utilisant des couleurs. Si besoin, le coefficient K sera associé au premier ordre ayant la plus grande constante de temps.

IV.A.2 Complétez ces diagrammes asymptotiques avec les courbes de gain et de phase les plus exactes possibles.

IV.A.3 Concluez quant à la validité de ce modèle vis-à-vis des diagrammes asymptotiques de Bode fournis en DR4, notamment en ce qui concerne la raison d'être du numérateur.

IV.A.4 La figure 12 ci-dessous représente la réponse de $v_s(t)$ à un échelon de tension $v_3(t)$. Quelle (s) information (s) peut on y prélever afin de confirmer le modèle retenu pour $H1(p)$?

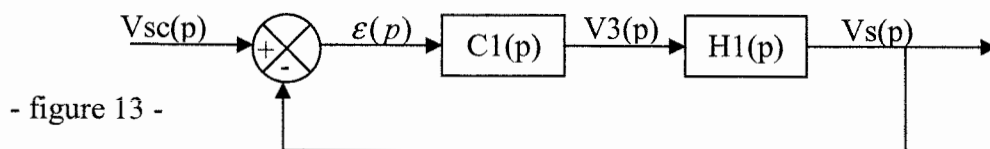
IV.A.5 Précisez le mode opératoire à respecter lorsqu'on effectue les relevés des réponses harmoniques et indicielles du système.



- figure 12 -

IV.B Régulation de vitesse analogique.

Dans un premier temps, on va étudier une version analogique du régulateur de vitesse. Le schéma fonctionnel du système bouclé correspondant sera le suivant :



Remarques :

- Bien que l'on recherche une régulation de vitesse, le système sera toujours vu comme un asservissement de cette même vitesse.
- Les grandeurs commençant par une lettre majuscule sont les transformées de Laplace des grandeurs continues du temps qui portent le même nom, mais qui elles débutent par une lettre minuscule ; par exemple, $V_s(p)$ est la transformée de Laplace de $v_s(t)$.
- V_{sc} correspond à la consigne que l'on appliquera au régulateur de vitesse.
- $C1(p)$ correspond à un correcteur qui sera implanté si sa présence est nécessaire ; sauf indication contraire, il vaudra 1 au début de cette partie.

IV.B.1 Déterminez la fonction de transfert $He(p)$ définie par : $He(p) = \frac{\varepsilon(p)}{V_{sc}(p)}$.

IV.B.2.a Que valent les erreurs de position, vitesse et accélération du système **non corrigé** ($C1(p) = 1$) ? Dans chaque cas, le candidat fournira l'expression littérale de l'erreur ainsi que sa valeur numérique.

IV.B.2.b Justifiez les résultats précédents à partir de la notion de classe de ce système.

IV.B.3.a À partir de la réponse harmonique expérimentale de la boucle ouverte non corrigée (BONC) fournie en DR4, tracez, pour les pulsations positives, le lieu de Nyquist correspondant.

IV.B.3.b Le lieu de la question précédente permet-il de statuer quant à la stabilité du système en boucle fermée ? Justifiez.

IV.B.3.c Si vous avez répondu non à la question précédente, énoncez alors de critère de stabilité qui vous semble adapté ici puis appliquez le. Conclusion ?

À partir d'ici, $C1(p)$ n'est plus égal à 1.

IV.B.4 En supposant que $C1(p) = K_1$, quelle est la valeur du gain critique K_{1c} ? Le candidat exprimera ω_c sous forme littérale pourra substituer des valeurs numériques à des expressions littérales pour le calcul de K_{1c} .

IV.B.5 Donnez la fonction de transfert du correcteur $C1(p)$ qui annule l'erreur de position tout en assurant une stabilité suffisante. Donnez également son nom.

IV.B.6 Déterminez le correcteur $C1(p)$ de la question précédente afin d'assurer une marge de phase de 45° ainsi qu'une erreur de position nulle. Le candidat précisera, sur le document réponse DR5, la pulsation à laquelle il place ce correcteur.

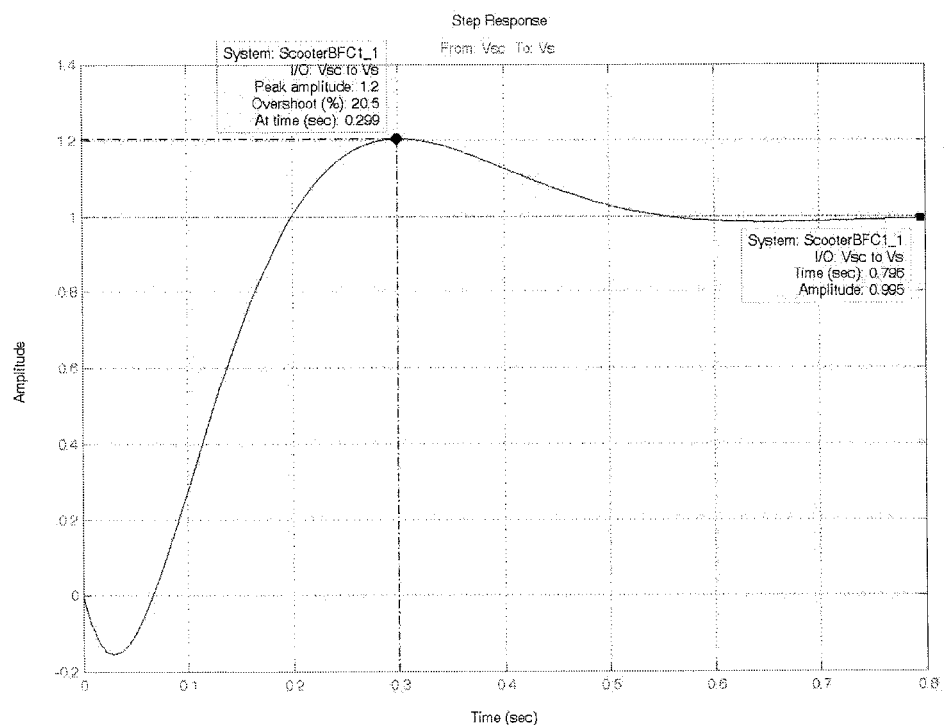
IV.B.7. Une fois $C1(p)$ déterminé, tracez sur le document réponse DR5 l'allure des Diagrammes Asymptotiques de la fonction de transfert du système corrigé en boucle ouverte. Donnez aussi l'expression de la fonction de transfert de la Boucle Ouverte Corrigée $H_{BOC}(p)$.

IV.B.8. Après avoir succinctement expliqué la méthode, complétez le document réponse DR5 avec les Diagrammes Asymptotiques de la fonction de transfert en boucle fermée du système corrigé.

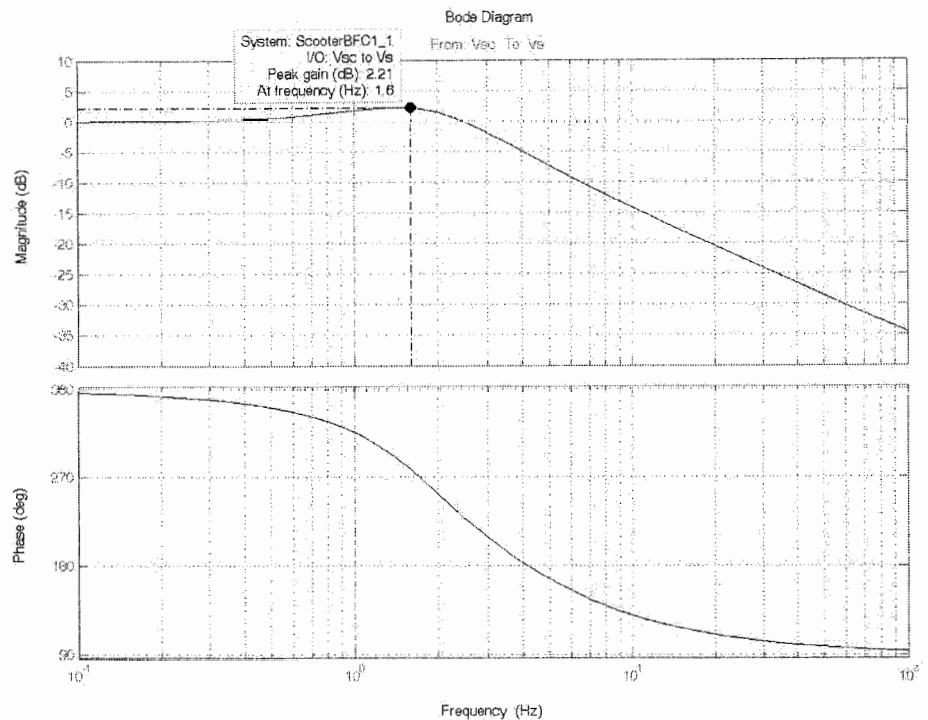
IV.B.9. Comment testeriez vous l'efficacité du régulateur en ce qui concerne le scooter sur son banc de mesures ?

IV.B.10. Le critère de réglage (marge de phase = 45°) est-il judicieux ici ? Si non, que faudrait-il faire ?

Après implantation de ce correcteur, qui assure une marge de phase de 45° ainsi qu'une erreur de position nulle, on obtient les résultats de simulation en boucle fermée suivants :



- figure 14 a -



- figure 14 b -

Le candidat dispose en **annexe 5** d'abaques sur les systèmes du second ordre.

IV.B.11. Les résultats correspondent-ils à ce que l'on est en droit d'attendre d'un système réglé de la sorte ? Expliquez les éventuelles différences.

IV.C Limitation de couple.

Dans la pratique, un tel correcteur risque de demander trop de couple au moteur et donc de provoquer une casse moteur. Comme la mesure directe du couple (ou du courant) est impossible sur le banc de mesures tel qu'il est fourni, il est donc indispensable de créer un modèle aussi fidèle que possible de la motorisation du scooter qui permettra d'estimer le couple, et donc de le limiter.

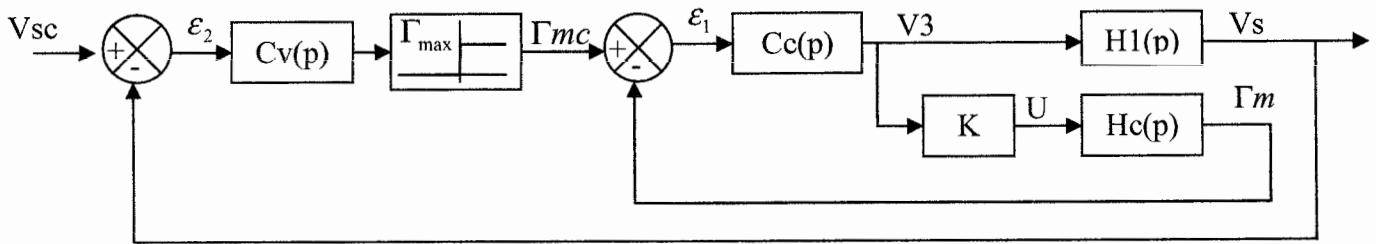
IV.C.1 Le scooter est mu par un moteur à courant continu à excitation séparée ; cette dernière sera considérée comme constante pour la totalité de l'étude du régulateur de vitesse. Rappelez les équations différentielles qui régissent le fonctionnement d'un tel moteur. Le candidat utilisera les notations usuelles suivantes :

U : tension d'alimentation de l'induit ; J : inertie totale ramenée au rotor de la MCC ; R et L : résistance et inductance de l'induit ; f : coefficient de frottement fluide ; k_e et k_c : constantes électrique et de couple.

IV.C.2 Après avoir exprimé ces équations selon le formalisme de Laplace, complétez alors le schéma fonctionnel du document réponse DR6 en respectant les indications données sur ce document.

IV.C.3 Sachant que l'on cherche à estimer le couple moteur, proposez une mise en forme plus adaptée du schéma fonctionnel de la question précédente. Vous donnerez l'expression littérale de la fonction de transfert $H_c(p)$ correspondante.

Le schéma de principe du nouveau régulateur sera donc celui représenté ci-dessous, où $H_1(p)$ et $H_c(p)$ désignent les fonctions de transfert de la partie **IV.A** et de la question **IV.C.3**.



- figure 15 -

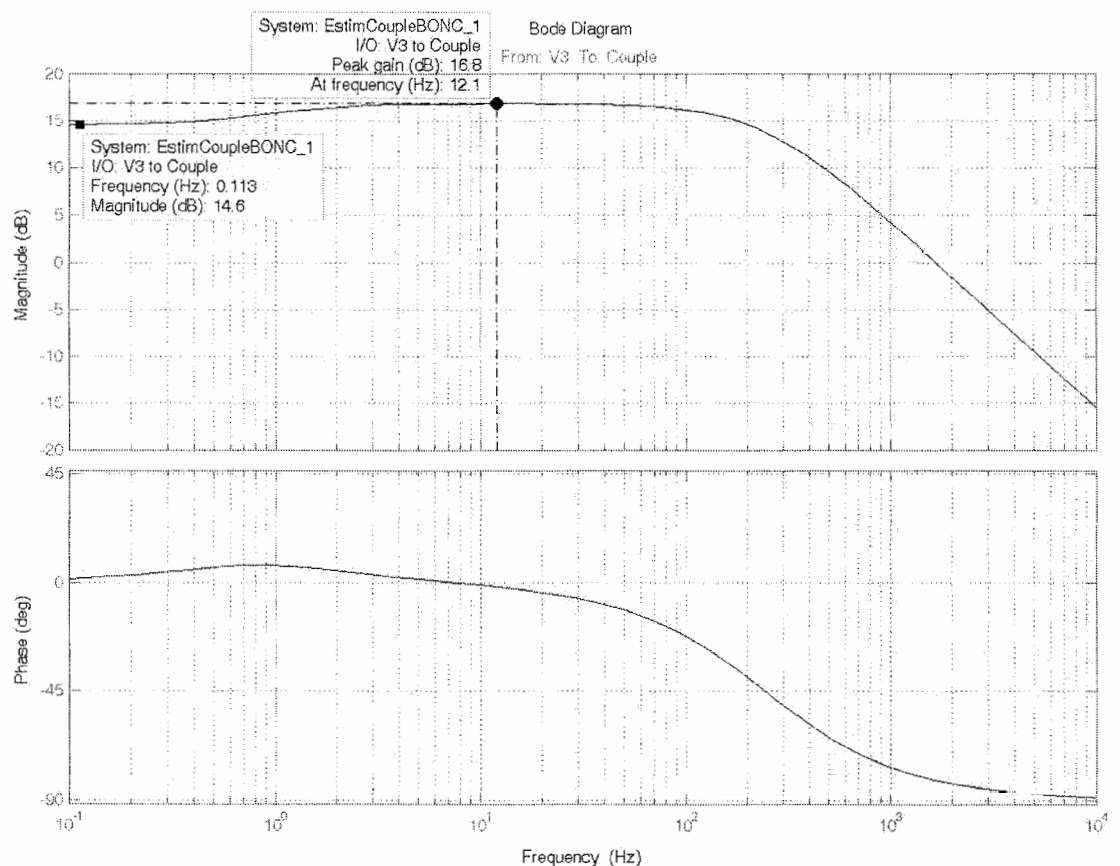
Les correcteurs $Cc(p)$ et $Cv(p)$ agiront respectivement pour les asservissements de couple moteur et de vitesse.

IV.C.4 À quel élément le paramètre K correspond-il ? Pour la suite de l'étude, on prendra $K = 0,6$.
IV.C.5 Justifiez le fait que la limitation de couple de soit que dans un seul sens.

La documentation technique du scooter fournit les valeurs numériques suivantes :

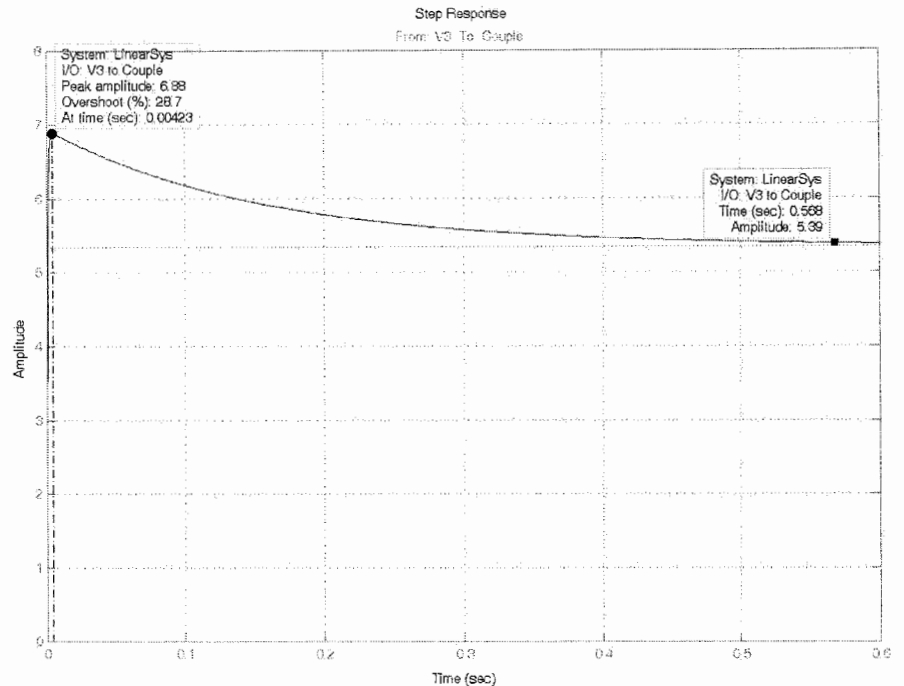
$R = 5,2 \text{ m}\Omega$; $L = 3,38 \text{ }\mu\text{H}$; $f = 2,35 \text{ N.m.s.rad}^{-1}$; $ke = 0,06 \text{ V.s.rad}^{-1}$; $kc = 0,06 \text{ N.m.V}^{-1}$;
 $J = 0,47 \text{ kg.m}^2$.

À partir de ces valeurs, on obtient les résultats de simulation suivants, où le terme « Couple » désigne le couple moteur Γ_m de la figure 15 :



- figure 16 a -

- figure 16 b -



- IV.C.6** Déterminez le correcteur $C_c(p)$ qui assure une stabilité suffisante ainsi qu'une erreur statique nulle.
- IV.C.7** Déterminez le correcteur $C_v(p)$ qui assure une stabilité suffisante ainsi qu'une erreur statique nulle.

IV.D Réalisation de l'estimateur de couple.

Dans cette partie, on va s'intéresser à la réalisation du simulateur analogique. La représentation d'état sera utilisée. Le vecteur d'état sera $X(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Omega(t) \\ i(t) \end{pmatrix}$, avec $\Omega(t)$: vitesse de rotation du moteur et $i(t)$ le courant induit. Afin de lever toute ambiguïté,

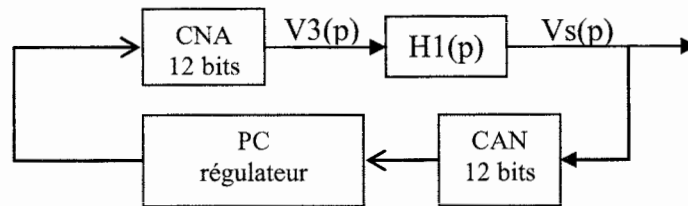
- IV.D.1.a** À partir des équations différentielles établies en **IV.C.1**, exprimez sous forme littérale l'équation d'état de ce système.
- IV.D.1.b** La matrice d'état $[A]$ est elle unique ?
- IV.D.2** Déterminez ensuite l'équation de sortie.
- IV.D.3** Complétez le document réponse DR6 en respectant les indications qui y sont données.
- IV.D.4.a** Complétez le schéma fonctionnel de la question précédente pour obtenir le couple moteur.
- IV.D.4.b** Complétez le schéma fonctionnel de la question précédente pour prendre en compte d'éventuelles valeurs initiales non nulles de $\Omega(t)$ et $i(t)$.
- IV.D.5** Quel est l'intérêt de cette représentation d'état s'il faut faire évoluer les paramètres du moteur afin de coller d'avantage à la réalité ?

On désire être sûr de pouvoir obtenir en permanence l'estimation du courant d'induit, ce qui amène à étudier sa gouvernabilité et son observabilité.

- IV.D.6.a** Expliquez la notion de gouvernabilité à l'aide d'une phrase simple.
- IV.D.6.b** Quelle relation mathématique l'estimateur de courant doit-il vérifier afin d'être gouvernable ?
- IV.D.6.c** Effectuez le calcul ; conclusion ?
- IV.D.7.a** Expliquez la notion d'observabilité à l'aide d'une phrase simple.
- IV.D.7.b** Quelle relation mathématique l'estimateur de courant doit-il vérifier afin d'être observable ?
- IV.D.7.c** Effectuez le calcul ; conclusion ?
- IV.D.8** Il est fréquent d'exprimer l'équation d'état dans une base où la matrice d'état $[A]$ est diagonale ; comment les notions de gouvernabilité et d'observabilité se traduisent-elles au niveau des autres matrices ?

IV.E Régulation de vitesse numérique.

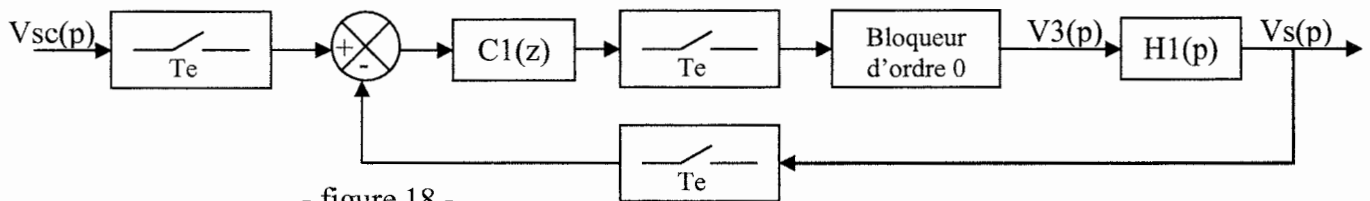
On tient compte ici de la réalité du système, et donc de l'échantillonnage de la vitesse du scooter. Le montage de principe correspondant sera le suivant :



- figure 17 -

IV.E.1 Que faut-il rajouter au schéma de principe de la figure 17 pour qu'il soit correct ?

Le schéma fonctionnel du système échantillonné sera le suivant, où T_e représente la période d'échantillonnage.

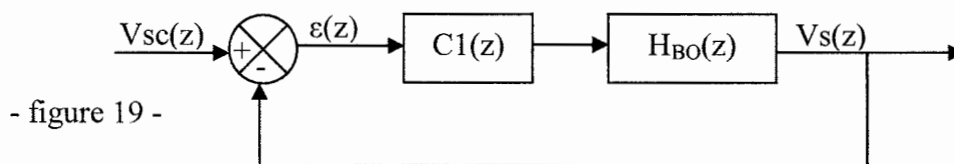


- figure 18 -

IV.E.2 Indiquez, en les entourant sur le document réponse DR7, à quelles parties physiques les éléments du schéma fonctionnel de la figure 18 correspondent.

IV.E.3 Montrez que la fonction de transfert du bloqueur d'ordre 0 vaut $B_0(p) = \frac{1 - e^{-T_e p}}{p}$.

Le schéma fonctionnel final sera celui de la figure 19, où $V_{sc}(z)$ et $V_s(z)$ correspondent aux transformées en z de $V_{sc}(p)$ et $V_s(p)$:



- figure 19 -

IV.E.4 Que faut-il rajouter au schéma de la figure 18 pour aboutir à celui de la figure 19 ?

On va maintenant s'intéresser à l'asservissement de vitesse :

IV.E.5 Rappelez la définition de z .

IV.E.6 Montrez que $H_1(p)$ peut se mettre sous la forme : $H_1(p) = K \cdot \left(\frac{1,51}{1 + \tau_1 p} - \frac{0,51}{1 + \tau_3 p} \right)$

IV.E.7 Déterminez $H_{BO}(z)$. L'annexe 7 contient quelques transformées en z .

IV.E.8 $C_1(z) = 1$; quelle expression mathématique va-t-on utiliser pour étudier la stabilité du système bouclé ? (les calculs seront faits plus loin).

Condition de stabilité :

IV.E.9 Énoncez la condition sur la position des pôles d'une fonction de transfert dans le plan complexe du domaine continu (dans le plan des « p »).

IV.E.10 Qu'advient-il de l'axe imaginaire dans le plan échantillonné ?

IV.E.11 En regardant ce qu'il advient des points 1 et -1, traduisez dans le plan des « z » la condition de stabilité du domaine continu précédemment énoncée.

Etude de la stabilité du système échantillonné bouclé non corrigé :

IV.E.12 Toujours avec $C1(z) = 1$, déterminez les pôles en z de la fonction de transfert déterminée à la question **IV.E.8**.

IV.E.13 Concluez quand à la stabilité du système échantillonné bouclé.

Le choix de $C1(z)$ sera fait en considérant l'évolution de l'erreur au cours du temps.

IV.E.14 À partir schéma fonctionnel de la figure 19, déterminez $H_e(z) = \frac{\mathcal{E}(z)}{v_{sc}(z)}$

IV.E.15 Déduisez de ce qui précède l'équation de $C1(z)$.

IV.E.16 On choisit d'annuler l'erreur de position le plus tôt possible, et donc de n'avoir qu'un seul échantillon d'erreur qui ne soit pas nul ; calculez $C1(z)$.

IV.E.17 Que pensez-vous de cette contrainte ? Que risque-t-elle d'engendrer au niveau du scooter ?

Annexe 1 - Le protocole Modbus.

I Présentation succincte.

Le protocole MODBUS (MODicon BUS) apparaît en 1978 comme protocole de communication entre les automates de la société Modicon et la console de programmation, et fut ensuite utilisé par plusieurs constructeurs d'automates.

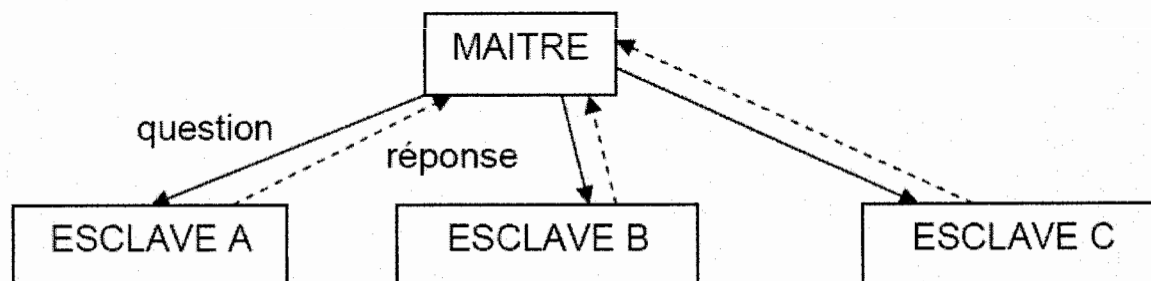
Initialement, les échanges se faisaient sur une liaison série RS232 (1 seul esclave) ou RS485. Actuellement, on utilise une liaison Ethernet pour véhiculer ce protocole. Le service de messagerie MODBUS TCP doit fournir une socket d'écoute sur le port 502.

Ce protocole n'est donc pas dépendant du support physique.

II Le réseau MODBUS.

II.A Architecture du réseau.

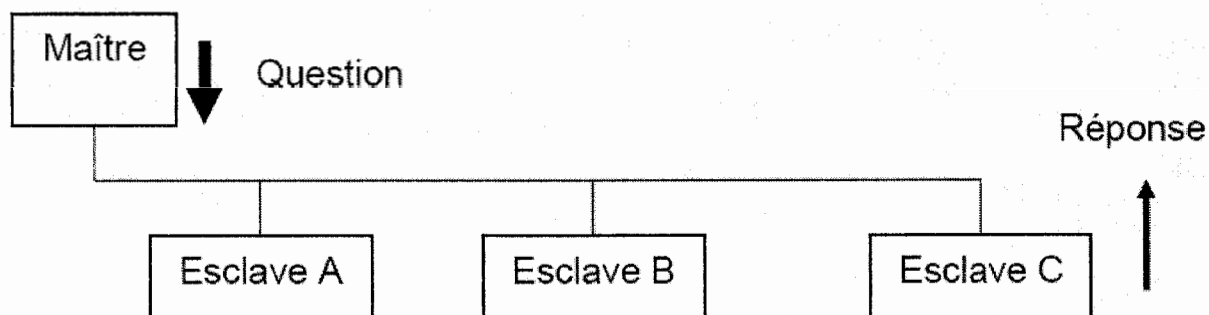
Le protocole MODBUS TCP est un protocole maître esclave, où seul le maître gère les échanges et en a l'initiative. Le maître envoie une demande et attend la réponse de l'esclave concerné. Le dialogue maître esclave peut être schématisé sous forme de liaisons point à point successives.



Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble. L'esclave doit avoir un temps de réponse variant entre 0,2 et 1 seconde.

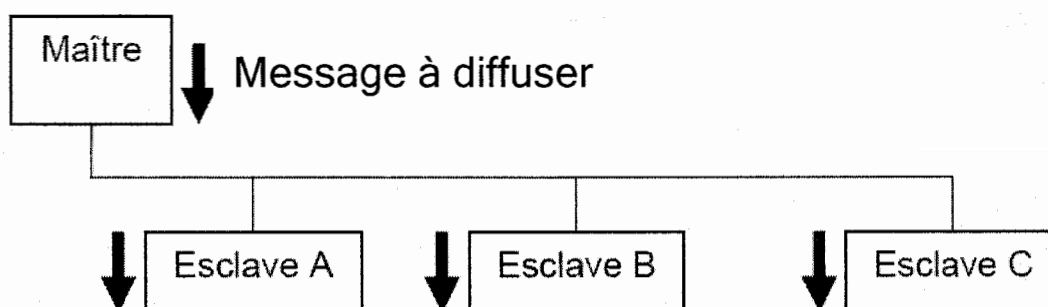
II.B Echange maître esclave.

Le maître interroge un esclave de numéro unique sur le réseau et attend de la part de cet esclave une réponse.



II.C Echange maître vers tous les esclaves

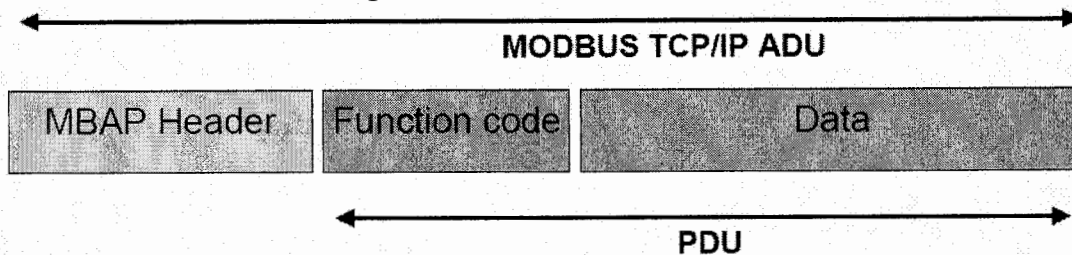
Le maître diffuse un message à l'adresse 0 et atteint ainsi tous les esclaves présents sur le réseau ; ceux-ci exécutent l'ordre du message sans émettre de réponse.



III Trame MODBUS TCP.

III.A Structure de la trame.

Une trame contient les trois champs suivants :



1^{er} champ : l'en-tête MBAP (ModBus Application Protocole). Ce champ fait 7 octets et contient :

- Le numéro de la transaction, codé sur 2 octets. Ce nombre sert à numéroter les trames et peut servir au diagnostic en cas de défaillance ; il peut aussi être laissé à 0.
- L'identificateur de protocole, codé sur 2 octets, inutile ici. Il sera laissé à 0.
- La longueur du PDU + 1 (l'adresse de l'esclave), codé sur 2 octets.
- L'adresse de l'esclave, codée sur 1 octet.

2nd champ : le code de la fonction que l'on veut réaliser. On se limitera ici aux accès aux registres du variateur. Quelques valeurs de fonction :

- **0x03** : lecture d'une série de registres de 16 bits contigus. Le champ Data contiendra l'adresse du premier registre à lire (2 octets) ainsi que le nombre de registres à lire (2 octets) (maxi = 125). On spécifiera ce nombre à 1 pour ne lire qu'un seul registre.
- **0x10** : écriture d'une série de registres de 16 bits contigus. Le champ Data contiendra l'adresse du premier registre à écrire (2 octets), le nombre de mots de 16 bits à écrire (maxi = 100) (2 octets), le nombre d'octets à écrire (soit le double du précédent) (1 octet), et enfin les mots de 16 bits à écrire dans les registres de l'esclave.
- **0x06** : écriture dans un seul registre de 16 bits de l'esclave. Le champ Data contiendra l'adresse du registre (2 octets) suivi du mot de 16 bits à écrire.

3^{ème} champ : les données qui complètent le code de la fonction envoyées en accord avec ce qui précède.

Le protocole MODBUS utilise la représentation « big endian » pour exprimer les nombres codés sur plus d'un octet ; l'octet de plus fort poids du nombre à envoyer sera donc transmis en premier.

III.B Application au variateur de charge.

Le court extrait de la documentation du variateur illustre de quelle façon les adresses des registres sont calculées.

14.4 - Affectation des paramètres

Les variateurs UNIDRIVE SP sont paramétrés en utilisant une notation **menu.paramètre**. Les index "menu" et "paramètre" peuvent prendre les valeurs 0 à 99. Le menu.paramètre est affecté à un registre MODBUS RTU $\text{menu} \times 100 + \text{paramètre}$.

Pour affecter correctement les paramètres, l'esclave incrémente (+1) l'adresse du registre reçu.
Exemple : X = menu ; Y = paramètre

Paramètre variateur	Adresse registre (niveau protocole)
X.Y	$(X \times 100) + (Y - 1)$
Exemples :	
1.02	101
1.00	99
0.01	0
70.00	6999

IV Trame MODBUS série.

L'extrait suivant de la documentation du variateur illustre le protocole MODBUS lorsqu'il est véhiculé par une liaison série.

Hormis le CRC et la disparition d'une grande partie de l'en-tête, tout ce qui est vrai pour le protocole MODBUS série est vrai pour le protocole MODBUS TCP.

Les trames seront les mêmes, que la liaison série soit une RS232 ou une RS485.

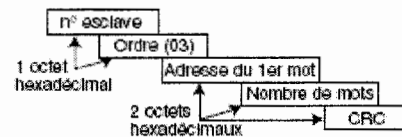
Contrairement au protocole MODBUS TCP, seul ce CRC est représenté en « little endian », ce n'est pas une erreur.

14.6.1 - Code fonction 3 : lecture

Lecture d'une zone contiguë de registres. L'esclave impose une limite haute sur le nombre de registres qui peuvent être lus. Si la limite est dépassée, l'esclave produira une exception code 2.

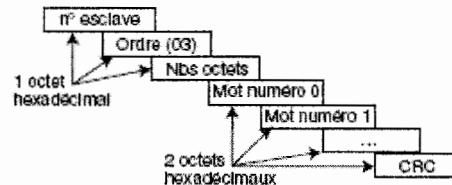
Trame envoyée par le Maître :

Octets	Description
0	Adresse de l'esclave (1 à 247)
1	Code fonction 0x03
2	Poids fort de l'adresse du premier mot
3	Poids faible de l'adresse du premier mot
4	Poids fort du nombre de mots à lire
5	Poids faible du nombre de mots à lire
6	Poids faible du CRC
7	Poids fort du CRC



Trame renvoyée par l'esclave :

Octets	Description
0	Adresse de l'esclave
1	Code fonction 0x03
2	Nombre d'octets à lire
3	Poids fort du mot 0
4	Poids faible du mot 0
5	Poids fort du mot 1
6	Poids faible du mot 1
...	...
n	Poids faible du CRC
n + 1	Poids fort du CRC



Annexe 2 -

modèle OSI.

OSI = Open Systems Interconnection. Ce modèle a été mis en place par l'ISO (International Standard Organisation) afin de mettre en place des normes de communications entre les ordinateurs d'un réseau, c'est-à-dire les règles qui gèrent les communications entre des ordinateurs.

Ce modèle est découpé en 7 couches :

n° de la couche	Nom de la couche.	Rôle (s) de la couche
7	Application	Comme son nom l'indique. Il s'agit du niveau le plus proche des utilisateurs.
6	Présentation	La couche présentation définit le format des données manipulées par le niveau applicatif (leur représentation, éventuellement leur compression et/ou leur chiffrement), indépendamment du système.
5	Session	La couche session définit l'ouverture et la destruction des sessions de communication entre les machines du réseau.
4	Transport	Transporter des messages, éventuellement en les fractionnant en paquets ; gérer les éventuelles erreurs de transmission.
3	Réseau	Transporter des paquets. La couche réseau permet de gérer l'adressage et le routage des données, c'est-à-dire leur acheminement via le réseau.
2	Liaison	Transporter des trames, avec correction d'erreur. La couche liaison définit l'interface avec la carte réseau et le partage du média de transmission.
1	Physique	Transporter des bits, sans correction d'erreur. La couche physique définit la façon dont les données sont physiquement converties en signaux numériques sur le média de communication (impulsions électriques, modulation de la lumière, etc...).

Les couches 1 à 4 sont appelées **couches basses**, les trois autres **couches hautes**. Cette dichotomie est justifiée par le fait que, vu de la couche 5, on est incapable de dire de quelle façon les données sont acheminées sur le réseau. On n'a aucune information sur la taille des paquets, si des erreurs ont été corrigées ou non ...

Matériels réseau possibles

Hub ou concentrateur : ce dispositif diffuse à tous les éléments qui y sont connectés l'intégralité des trames reçues.

Switch : idem hub, mais il ne renvoie les trames reçues qu'à la seule machine destinataire qu'il identifie par l'adresse de sa carte réseau ; cette adresse est codée sur 6 octets.

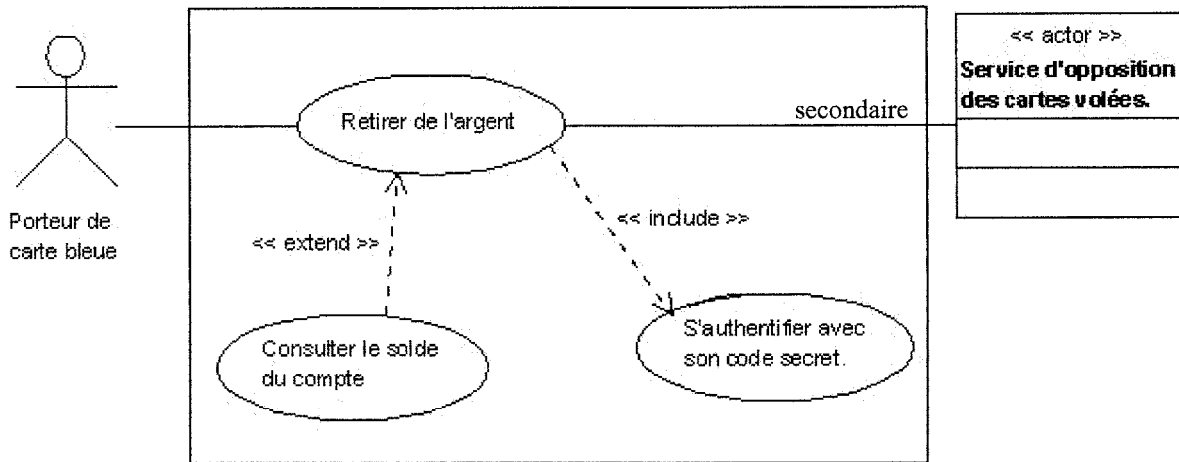
Pont : dispositif qui fournit une interface entre le réseau Ethernet et un autre réseau (fibre optique, par exemple). Agit au niveau de la couche 2.

Routeur : dispositif qui assure le routage des données en transit. Agit au niveau de la couche 3

Annexe 3 - diagrammes UML

Diagramme des cas d'utilisation.

Distributeur automatique de billet



Le diagramme illustre de façon très simplifiée le fonctionnement d'un distributeur automatique de billets de banque.

On trouve deux acteurs :

- Un acteur primaire : le porteur de carte bleue. Il agit sur le système.
- Un acteur secondaire : le service d'opposition des cartes volées. Il est sollicité par le système.

Le cas d'utilisation *retirer de l'argent* se voit adjoindre deux cas avec deux dépendances différentes :

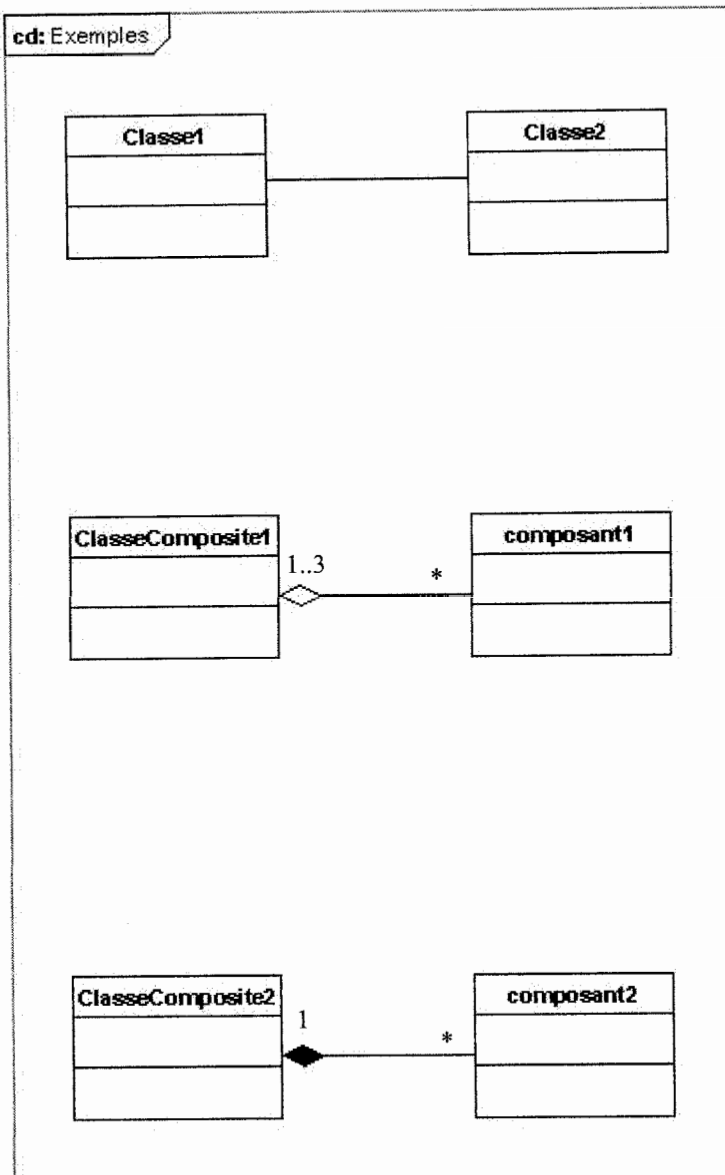
- Dépendance **include** : le cas d'utilisation *retirer de l'argent* a toujours besoin du cas d'utilisation *s'authentifier avec son code secret*. Par contre, le cas d'utilisation *s'authentifier avec son code secret* ne peut pas être associé à l'acteur principal, car on ne va pas vers un distributeur de billets pour le plaisir de s'authentifier, histoire de passer le temps...
- Dépendance **extend** : le cas d'utilisation *retirer de l'argent* peut avoir besoin du cas d'utilisation *consulter le solde du compte*. La consultation du solde est une possibilité offerte, elle n'est en aucun cas obligatoire.

Cette explication n'est qu'une façon de voir, on aurait aussi pu considérer que l'acteur principal pourrait désirer consulter le solde de son compte uniquement, ce qui induirait une association entre ce cas et l'acteur, et une nouvelle dépendance d'inclusion entre les cas *consulter le solde du compte* et *s'authentifier avec son code secret*, ce dernier étant le cas inclus.

Le raisonnement ci-dessus montre bien que la démarche UML est **itérative** ; il est normal de faire évoluer ses schémas au fur et à mesure du développement du projet (c'est plutôt le contraire qui ne le serait pas). Le candidat sera sans doute amené à faire de même au fur et à mesure de son appropriation du projet.

Il est aussi important de se persuader que la modélisation UML n'exprime pas forcément la réalité, mais une vision subjective de celle-ci qui suffit au problème posé.

Diagramme de classes.



Le premier exemple illustre une **association**.

But : mettre en relation des objets appartenant à 2 classes différentes.

Caractéristiques d'une association :

Son **nom**, qui exprime l'idée du lien.

Les **rôles** joués par les objets de chaque classe.

Les **cardinalités** (nb d'objets de chaque classe) ; sera détaillé plus bas.

L'**orientation** ou **navigabilité**, qui précise les modalités de parcours du lien par une flèche. Pas de flèche \Leftrightarrow bidirectionnel.

Le second exemple illustre une **agrégation**.

La classe composite 1 est constituée d'objets issus de la classe composant 1 qui peuvent être partagés avec d'autres classes.

Exemple : une équipe (composite) est constituée de joueurs (composants) ici en nombre illimité. Par contre un joueur peut appartenir à plusieurs équipes (club + 2 sélections).

La disparition de l'équipe n'implique pas celle des joueurs.

Le dernier exemple illustre une **composition**.

La classe composite 2 est constituée d'objets issus de la classe composant 2 qui ne peuvent être partagés.

Exemple : un clavier (composite) est constitué de touches (composants) ici en nombre illimité. Par contre une touche ne peut appartenir qu'à un seul clavier.

La disparition du clavier implique celle des touches.

Dans une association non bidirectionnelle, le sens de la flèche indique quelle classe fait référence à l'autre. Une flèche partant de classe_1 et allant vers classe_2 signifierait que tous les objets qui seront créés à partir de classe_1 feront forcément référence à un objet créé à partir de classe_2. En l'absence de flèche, l'association est bidirectionnelle.

L'agrégation est une forme particulière d'association non symétrique qui exprime l'idée qu'un objet « fait partie » d'un autre objet. Sa sémantique détermine généralement un lien fort entre les classes concernées. L'une des classes est composée d'objets issus de l'autre classe et joue donc un rôle de conteneur. Dans la théorie de ensembles, l'agrégation correspond à la notion d'appartenance.

Remarque : on aurait aussi pu mettre 0..3 au lieu de 1..3 du côté de la classe composite 1, car un joueur peut ne pas avoir d'équipe.

Dans la théorie de ensembles, la composition correspond à une inclusion. Dans le cas de la composition, du fait du caractère non partageable, la cardinalité maximum relative au composite est toujours 1. Si, de plus, la cardinalité minimum est 1, alors la partie ne peut exister en l'absence du tout et tous les composants seront automatiquement détruits lors de la destruction du composite.

Dans une composition, l'existence du composant n'a de sens que si le composite existe.

Annexe 4 - formalisme algorithmique

La première qualité d'un algorithme est d'être lisible et compréhensible par n'importe quel technicien. A ce titre, il est souvent très utile de le commenter.

Conventions d'écriture:

```
() (ceci indique un commentaire)
" " (contenu d'un tableau: "1 2 6 7")
\ \ (caractère: 'a')
```

Opérateurs:

```
= (comparaison d'égalité dont le résultat est Booléen)
NON= (comparaison de différence)
<- (flèche qui symbolise une affectation, un chargement)
> (supérieur)
< (inférieur)
^ (puissance 100000=10^5)
ainsi que +,-,/,*, ET, OU, NON
(le * est le multiplier informatique)
les fonctions particulières seront notées en toutes lettres:
RacineCarrée(VARIABLE)
Sinus(VARIABLE)
Concaténation("bonjour", "monsieur")
(résultat "bonjourmonsieur")
PartieEntière(VARIABLE){supprime les décimales de VARIABLE}
```

Types:

```
Entier NB bits (NB est un entier)
Réel compris entre -NB1 et +NB2 avec NB3 décimales
Caractère {8 bits, notation: 'c' pour le caractère c}
Booléen {1 bit, pouvant prendre les valeurs VRAI ou FAUX, plus claires que}
{1 ou 0 que l'on utilisera toutefois pour les tableaux de booléens}
Tableau de NB TYPE {Tableau de 35 Réels compris entre -3^3 et +10^6 avec 3 décimales}
{le tableau contient les variables nom_tableau[0] à nom_tableau[NB-1]}
{affectation: nom_tableau<-"bonjour" pour un tableau de caractères}
{ nom_tableau<-"0 1 0 1 1" pour un tableau de booléens}
{ nom_tableau<-"12 13 15 78 2" pour un tableau d'entiers}
{remplir la 5ème case avec le nombre 45 s'écrit: nom_tableau[4]<-45}
```

Architecture:

```
Déclaration du type de chaque entrée
Déclaration du type de chaque sortie
Déclaration du type de chaque variable interne
Début nom_algo
...
Fin nom_algo
```

Structures itératives:

{il est recommandé de décaler les structures vers la droite}
{lorsqu'elles sont imbriquées dans d'autres}

Tant que (condition) Faire ... FinTantque	Répéter ... Jusqu'à (condition) FinRépéter	Pour nom_var allant de NB1 à NB2 Faire ... FinPour
---	---	--

{la structure Répéter est équivalente au "Faire...Tantque()"}
{la structure Pour est équivalente au "Faire...FinPour"}

Structure conditionnelle:

Si (condition) Alors ... Sinon ... FinSi	Au Cas ou VARIABLE vaut VALEUR1 Faire ... VALEUR2 Faire ... VALEUR3 Faire ... Autrement Faire ... FinCas
--	---

{le Sinon ou l'Autrement peuvent être absent des structures}

Accès à une adresse, pointeurs:

Pour accéder à une adresse 16 bits, on déclarera le tableau PlanMemoire de 65536 entiers de 8 bits. Charger dans A la donnée présente à l'adresse X s'écrit: A<-PlanMemoire[X]. Cette écriture permet de gérer les accès à la mémoire du micro, les pointeurs, les vecteurs de redirection et les E/S du micro.

Exemples:

ALGORITHME DE CONVERSION DECIMAL BINAIRE DANS UNE CHAINE DE CARACTERE

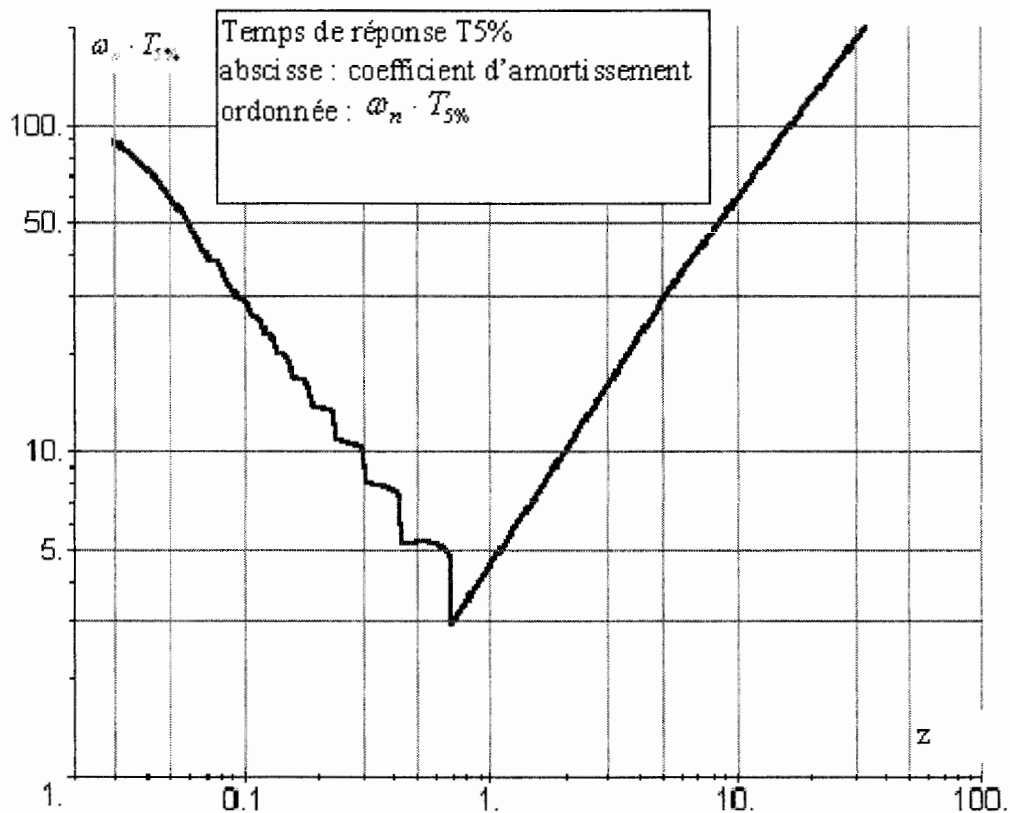
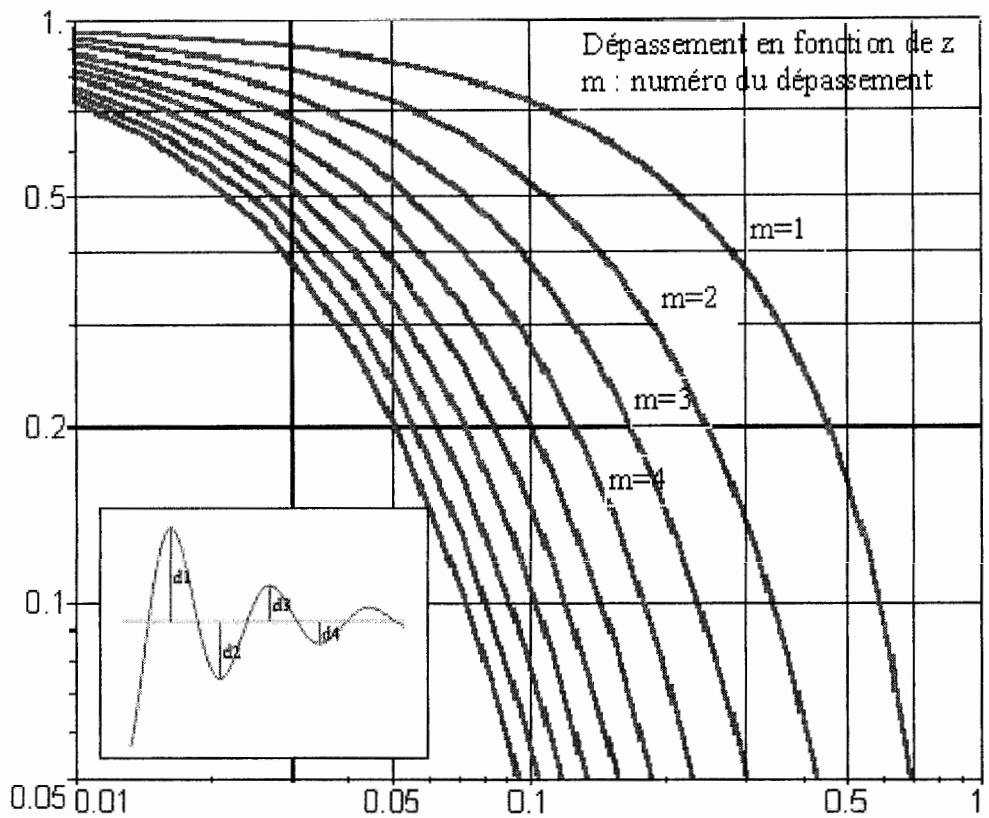
```
Entrées:      NB_DECIMAL Entier de 32 bits
Sorties:      MOT_BINAIRE Tableau de 32 Caractères
Variables internes:  QUOTIENT Réel compris entre 0 et 14,3^9 avec 1 décimale
                  INDICE Entier de 5 bits
Début Conversion_Décimal_Binaire_dans_chaine_de_caractere
  QUOTIENT<-NB_DECIMAL
  INDICE<-0
  Répéter
    QUOTIENT<-PartieEntiere(QUOTIENT)/2
    Si (PartieEntiere(QUOTIENT)=QUOTIENT) Alors
      {il n'y a pas de décimale dans QUOTIENT : }
      {le reste de la division par deux est zéro}
      MOT_BINAIRE[31-INDICE]<- '0' {on remplit le tableau en commençant par}
      {la dernière case (le bit de poids faible)}
    Sinon
      MOT_BINAIRE[31-INDICE]<- '1' {le reste de la division par deux est 1}
    FinSi
    INDICE<-INDICE+1 {permet un déplacement dans le tableau}
  Jusqu'à (PartieEntiere(QUOTIENT)=0) {fin de la conversion : plus de partie entière}
  FinRépéter
  Tant que (INDICE NON= 32)
    MOT_BINAIRE[31-INDICE]<- '0' {on remplit le début du tableau avec des zéros}
    INDICE<-INDICE+1
  FinTantque
Fin Conversion_Décimal_Binaire_dans_chaine_de_caractere
```

ALGORITHME AFFICHAGE DE LA VALEUR BINAIRE D'UN NOMBRE DECIMAL SAISI AU CLAVIER

```
Entrées:      DECIMAL Entier de 32 bits
Sorties:      BINAIRE Tableau de 32 Caractères
Variables internes:  REPONSE Caractère
Début Saisie_nombre_décimal_et_affichage_de_sa_valeur_binaire
  Répéter
    Afficher("saisir au clavier le nombre à convertir")
    DECIMAL<-LectureClavier
    BINAIRE<-Conversion_Décimal_Binaire_dans_chaine_de_caractere(DECIMAL)
    Afficher("sa valeur binaire est:")
    Afficher(BINAIRE)
    Afficher("continuer? O/N")
    REPONSE<-LectureClavier
  Jusqu'à (REPONSE='N' OU REPONSE='n')
  FinRépéter
Fin Saisie_nombre_décimal_et_affichage_de_sa_valeur_binaire
```

Ces exemples expliquent le fonctionnement des programmes désirés sans aucune référence à une quelconque implémentation, tant au niveau matériel (pas d'emploi de nom de registre de processeur...) que logiciel (on ne sait pas encore en quoi ce programme sera écrit).

Annexe 5 - Abaques du 2nd ordre.



Annexe 6- transformées de Laplace et en z.

$f(t)$	$F(p)$	$F(z)$
$\delta(t)$	1	1
$\delta(t - nTe)$	$e^{-n.Te.p}$	z^{-n}
$u(t)$	$\frac{1}{p}$	$\frac{z}{z-1}$
$t.u(t)$	$\frac{1}{p^2}$	$\frac{Te.z}{(z-1)^2}$
$\frac{t^2}{2}.u(t)$	$\frac{1}{p^3}$	$\frac{Te^2.z.(z+1)}{2.(z-1)^3}$
$e^{-a.t}.u(t)$	$\frac{1}{p+a}$	$\frac{z}{z - e^{-a.Te}}$

**MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur
la convocation ou la liste d'appel)

4A91-11

DR 1

Question II.C.2

Chaque case correspond à un octet.

En-tête MBAP						FC	Données ...												
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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

Question II.C.3

Adresse de l'esclave :

Menu et paramètre concernés :

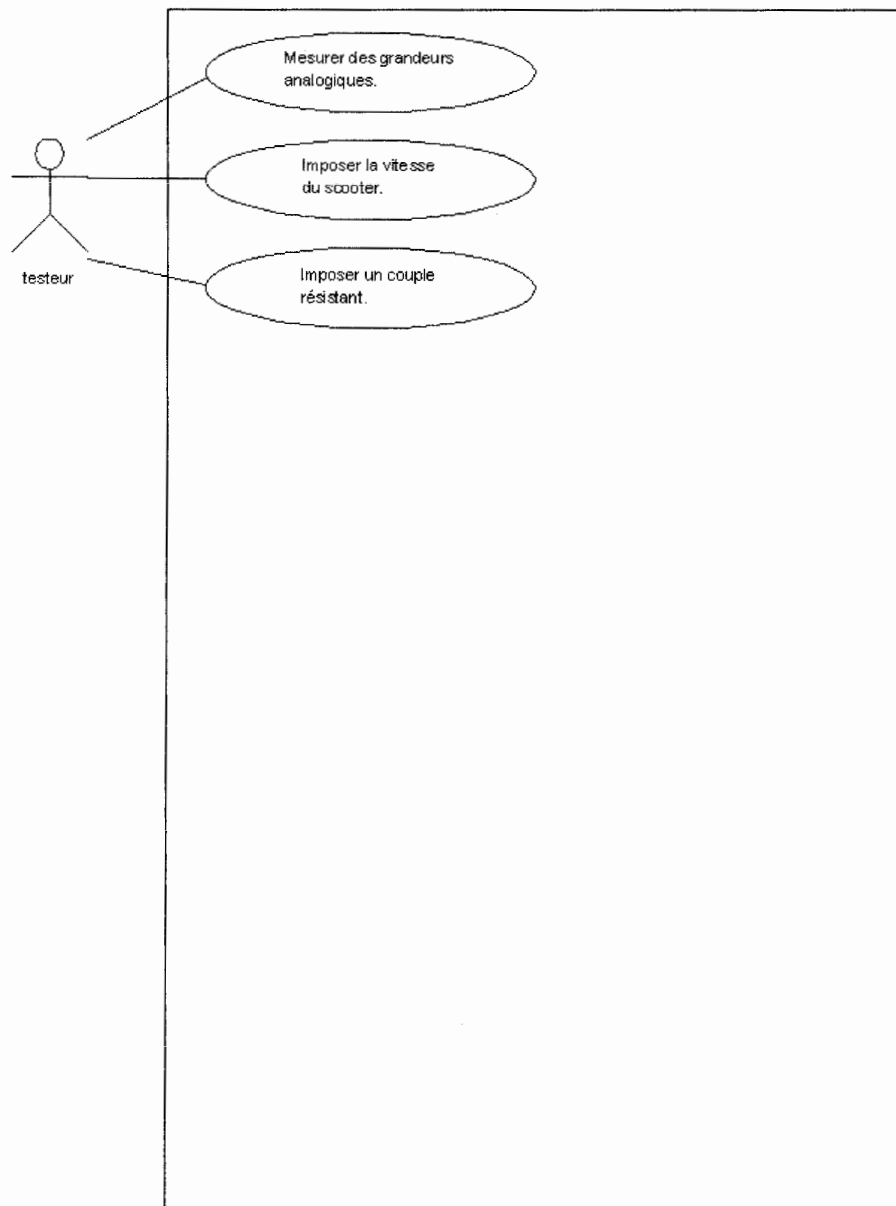
Opération réalisée :

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

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

Cas d'utilisation à compléter

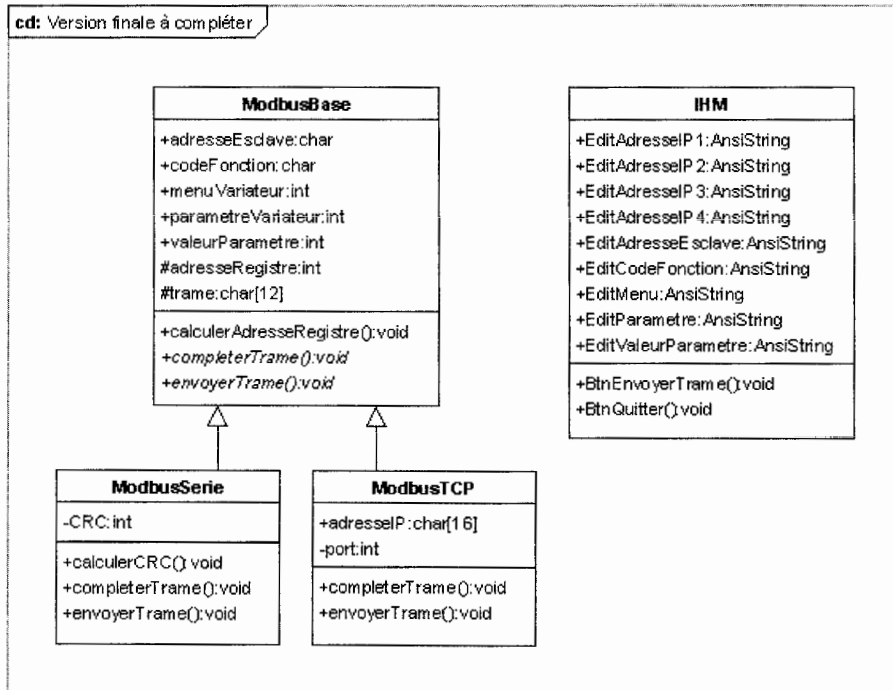


Rem : en cas de manque de place pour écrire le contenu d'un cas d'utilisation, le candidat pourra le repérer puis expliciter clairement ce contenu sur sa copie.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

DR 3 - Question III.B.4.2



Type de liaison :

Justification :

.....

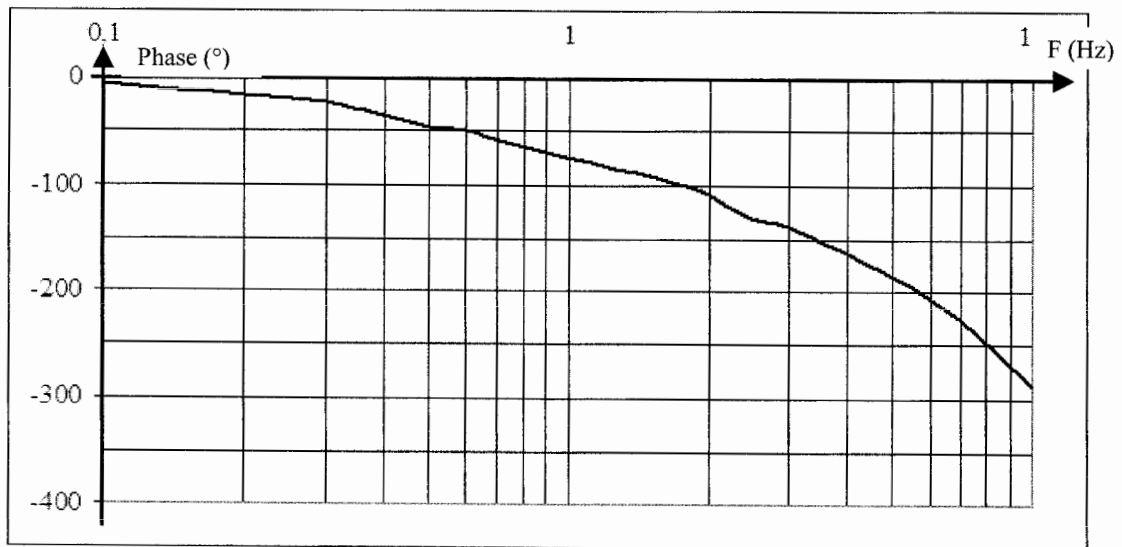
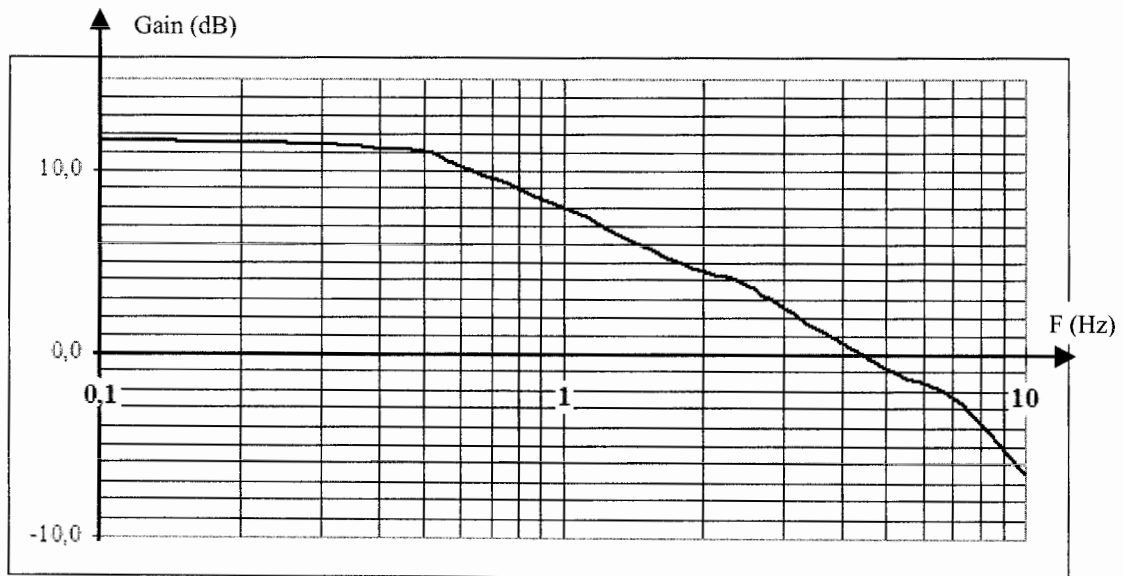
.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

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

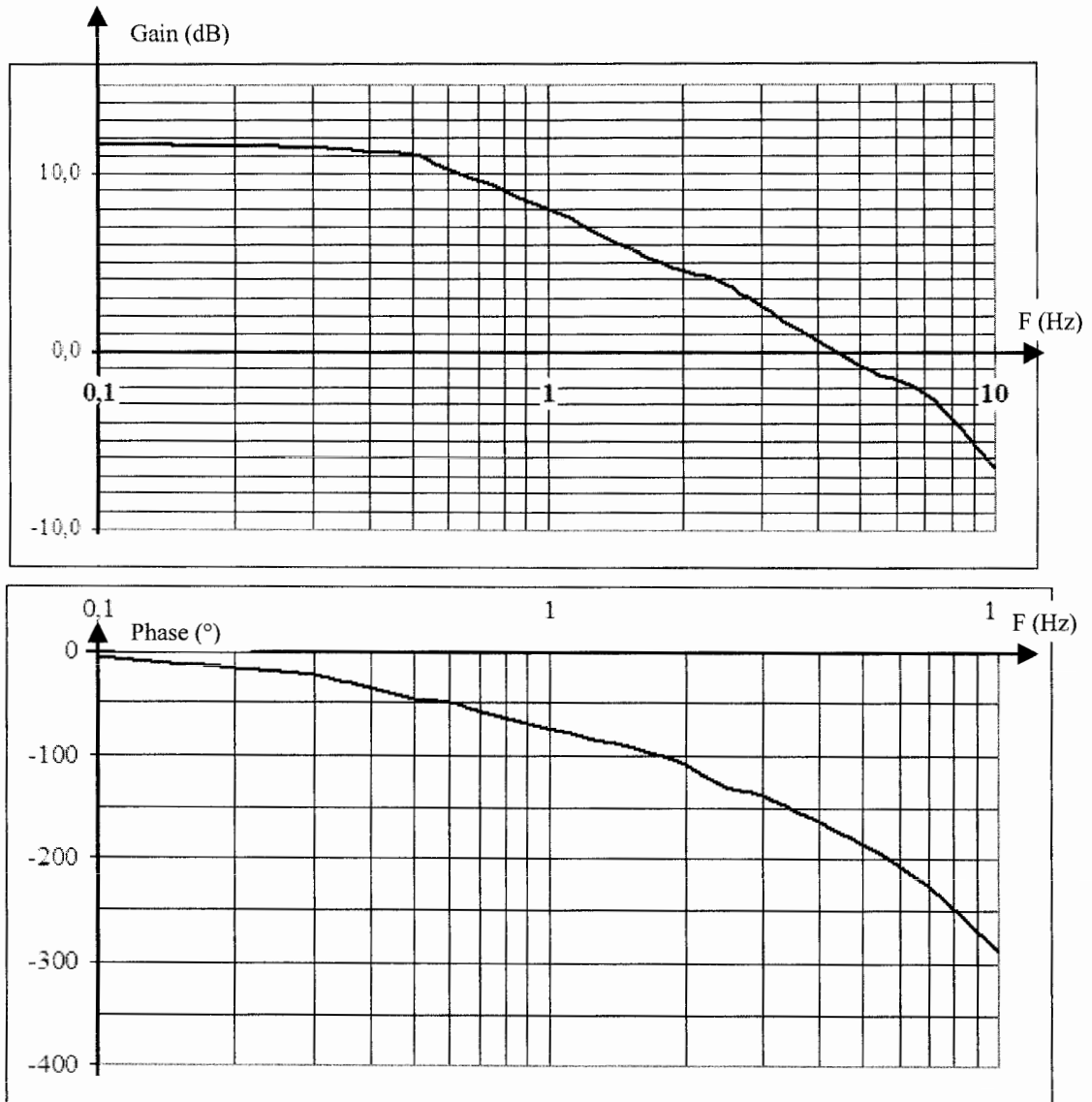


Au delà de 10 Hz, les mesures ne sont plus significatives (trop de bruit).

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

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



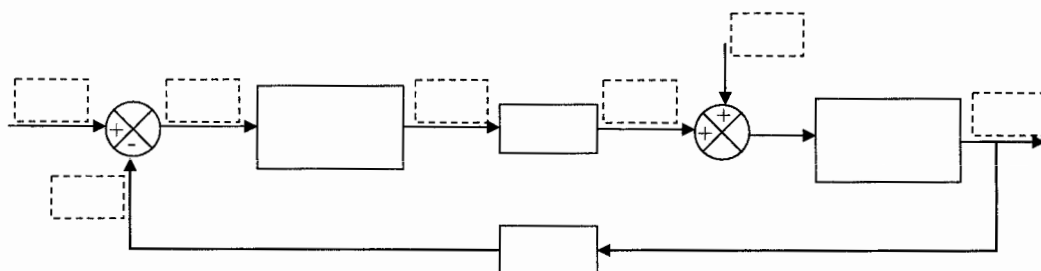
Au delà de 10 Hz, les mesures ne sont plus significatives (trop de bruit).

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

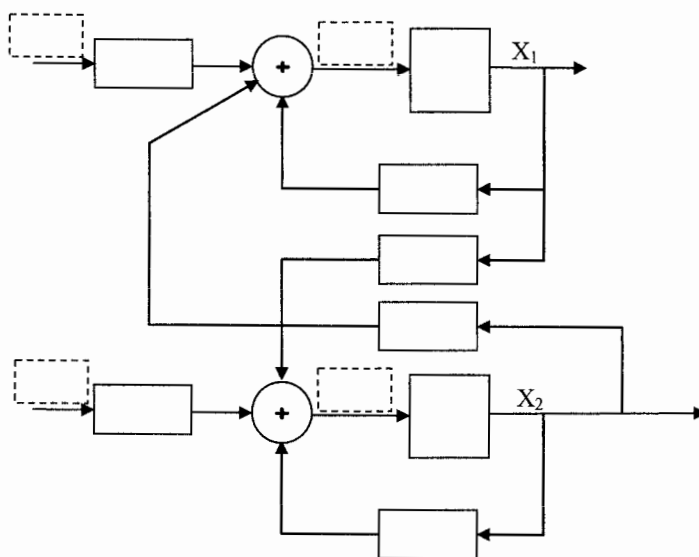
- DR 6 -

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 et IV.D.5



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.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

DR 7 - Question IV.E.2

