



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
INFORMATIQUE ET RÉSEAUX  
POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUE

ÉTUDE D'UN SYSTÈME INFORMATISÉ

Session 2012

—  
Durée : 6 heures  
Coefficient 5  
—

## Barème proposé.

B1	2		Machine frigorifique	D13	2		Multitâche
B2	2			D14	2		
B3	2			D15	2	6	
B4	3			D16	2		Implémenta- tion
B5	3			D17	3		
B6	2	14		D18	2		
C1	2		Protocole modbus	D19	2		
C2	2			D20	6	15	
C3	1			E1	1		Réseau
C4	1			E2	1		
C5	2			E3	2,5		
C6	1			E4	1,5		
C7	2			E5	3,5		
C8	2	13		E6	1		
C9	1		Modules TDA08	E7	1,5		
C10	1			E8	2		
C11	2			E9	1		
C12	3			E10	1,5		
C13	3			E11	1		
C14	2	12		E12	2,5		
D1	2			E13	2	22	
D2	1				<b>Total</b>	<b>100</b>	
D3	2		Package modbus				
D4	1						
D5	1						
D6	3						
D7	3						
D8	1						
D9	1						
D10	1						
D11	1						
D12	1	18					

## B. PRINCIPE DE PRODUCTION DU FROID PAR UNE MACHINE FRIGORIFIQUE

### B.1 Bilan énergétique

**Question B.1** En appliquant le principe de la conservation de l'énergie au cycle thermodynamique d'une machine frigorifique (toute l'énergie entrante est égale à l'énergie sortante), retrouver à partir de la figure 1 de l'annexe 3, l'équation du bilan énergétique de cette machine (on négligera les pertes).

$$E^+ + W = E^-$$

**Question B.2** Compléter le tableau suivant en précisant l'apport énergétique des quatre éléments de la machine frigorifique (choix possibles : **positif** (si la machine prend de l'énergie), **négatif** (si la machine rejette de l'énergie) ou **neutre**). On négligera les pertes.

	Evaporateur	Condenseur	Détendeur	Compresseur
Apport énergétique	<i>Positif</i>	<i>Négatif</i>	<i>Neutre</i>	<i>Positif</i>

### B.2 Dimensionnement du compresseur

**Question B.3** À masse égale, quel(s) autre(s) produit(s) pourrait(en)t également être entreposé(s) dans cette surface ? Cocher le(s) produit(s) possible(s).

Viandes	Poissons	Fruits et légumes	Laitages	Fromage/beurre	Boissons	Pain/pâtisserie
X				X		X

**Question B.4** Calculer l'énergie nécessaire pour refroidir 100 tonnes de viandes de  $-18^{\circ}\text{C}$  à  $24^{\circ}\text{C}$ .

Energie (en kWh) : 282 kWh

Energie (en kJ) :  $1015.10^3$  kJ

Justification :  $E^+ = m \cdot C \cdot \Delta t$  avec  $m = 100 \text{ tonnes} = 100.10^3 \text{ kg}$

$C = 0,47 \text{ Wh.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (lecture du tableau, produit déjà congelé)

$$\Delta t = 24 - 18 = 6 \text{ K}$$

$$E^* = 100.10^3 \times 0,47 \times 6 = 282.10^3 \text{ Wh} = 282 \text{ kWh}$$

$$E^* = 282.10^3 \times 3,6 = 1015.10^3 \text{ kJ}$$

**Question B.5** Afin de maintenir une température de chambre froide à  $-18^\circ\text{C}$ , la quantité d'énergie à enlever est de 1200 kWh sur 24 heures. Le temps de fonctionnement du compresseur sera de 80% par jour. Choisir dans la liste fournie annexe 4, le compresseur qui conviendra. En cas de plusieurs choix possible, on retiendra celui dont la puissance est la plus petite.

*Puissance frigorifique du compresseur :*

$$Q_0 = 1200 / (80/100 \times 24) = 62,5 \text{ kW}$$

$$\text{Température d'évaporation} = -18 + (-7) = -25^\circ\text{C}$$

$$\text{Température de condensation} = 35^\circ + 15^\circ = 50^\circ\text{C}$$

Référence du compresseur : HSN6461-50 (*Lecture croisée du tableau*)

**Question B.6** Le propriétaire de l'installation souhaite intégrer dans la supervision la puissance instantanée et la consommation énergétique du groupe frigorifique, indiquer les grandeurs physiques à mesurer et le type de capteur.

*Grandeurs physiques à mesurer :* La puissance (tension et courant) et le cos $\phi$ .

*Type de capteur :* Wattmètre, analyseur de puissance (accepter pince ampèremétrique+multimètre)...

## C. COMMUNICATION MODBUS

### C.1 Étude du protocole

**Question C.1** Compléter le tableau suivant en cochant les cases.

Type d'élément Modbus	PC Supervision	Centrale	Module TDA	Module TLY
Maître	X			
Esclave		X	X	X

**Question C.2** Avec ces caractéristiques, combien de bits sont nécessaires à la transmission d'un octet ? Justifier.

Nombre de bits : 11 bits

Justification : 1 start + 8 données + 1 parité + 1 stop

**Question C.3** Quel est le rôle du bit de parité ?

Détecter des erreurs de transmission.

**Question C.4** Sur la transmission de l'octet 0xFF, quelle est la valeur de ce bit de parité ?

Valeur du bit de parité : 0

**Question C.5** Quelle est la durée de transmission d'un octet ? Justifier.

Durée (en millisecondes) : 1,15 ms

Justification : Un octet est transmis sur 11 bits à 9600 bauds, soit :

$$\text{durée} = 11/9600 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1,15 \text{ ms}$$

**Question C.6** Comment s'appelle, dans la notation UML, le type de diagramme présenté figure 14 annexe 6 ?

Diagramme d'états-transitions.

**Question C.7** Quel est le temps maximal de silence entre deux octets consécutifs d'une même trame ? Justifier.

Temps (en millisecondes) : 1,725 ms

Justification : Temps maximal = 1,5 caractères

Durée de transmission d'un caractère = 1,15 ms

D'où : Temps maximal =  $1,5 * 1,15 = 1,725$  ms

**Question C.8** Quel est le temps minimal entre deux émissions de trame ? Justifier.

Temps (en millisecondes) : 4,03 ms

Justification : Temps minimal = 3,5 caractères

Durée de transmission d'un caractère = 1,15 ms

D'où : Temps minimal =  $3,5 * 1,15 = 4,03$  ms



## C.2 Étude du fonctionnement des modules TDA08

**Question C.9** Indiquer la position du switch rotatif du deuxième module TDA08, identifié TDA 2 sur le synoptique de l'annexe 1.

.....  
Position switch rotatif : 3 (page 4 de l'annexe 7)  
.....

**Question C.10** On doit remplacer un module défectueux par un module neuf. Expliquer pourquoi il n'est pas nécessaire de configurer la vitesse de transmission de ce nouveau module.

Explication : Configuration d'usine à 9600 bauds (page 4 de l'annexe 7).  
.....  
.....

**Question C.11** Quelle est l'adresse du mot que vous devez exploiter pour obtenir la température de cette sonde ? Quelle est la valeur hexadécimale contenue dans ce mot pour une température de  $-19,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ?

Mot : 0x201  
.....

Valeur hexadécimale : 0xFF3F valeur hexadécimale de -193  
.....  
.....

**Question C.12** Pour chaque variante, combien de requêtes modbus sont envoyées par la supervision sur le réseau ? (compléter le tableau ci-dessous)

<b>Variante 1</b> (utilisation de la méthode <i>ReadInputSingleRegister</i> )	<b>Variante 2</b> (utilisation de la méthode <i>ReadInputRegisters</i> )
24 En réalité : 22, une par sonde	6 Chaque module mesure 2* 4 sondes Il faut deux requêtes par module Il y a 3 modules : 2*3=6

**Question C.13** À l'aide de l'annexe 7, remplir le tableau ci-dessous.

	Lecture d'une température	Lecture de 4 températures
Nombre d'octets de la trame de demande	8	8
Nombre d'octets de la trame de réponse	7	13
Nombre d'octets total pour interroger les trois modules TDA	360	126

**Question C.14** Quelle est la variante la plus efficace en matière de charge réseau ? Justifier votre réponse.

La variante 2 est la plus efficace. Pour interroger les trois modules TDA, elle a besoin :

- de 126 octets au lieu de 360 pour la variante 1 ;
- de 6 requêtes modbus au lieu de 24 pour la variante 1.

## D. CONCEPTION ET CODAGE DE LA PARTIE SUPERVISION

### D.1 Études du package *FieldTalk™ Modbus®*

**Question D.1** Comment appelle-t-on la relation qui lie les classes *MbusMasterFunctions* et *MbusSerialMasterProtocol*? Quel est l'intérêt de ce type de relation entre classes ?

La relation est un héritage.

Permet de regrouper du code de classes différentes et favoriser la réutilisation du code.....

**Question D.2** Comment s'appelle dans la notation UML l'identifiant *DataTablePtrArr* ?

Un rôle.

**Question D.3** À quoi correspond le symbole # devant l'identifiant *DataTablePtrArr*? Quelle est sa signification ?

C'est le symbole « protégé ».

Il indique que l'identifiant *DataTablePtrArr* (attribut de la classe *MbusSlaveServer*) est inaccessible à l'extérieur de la classe, mais accessible pour les classes dérivées

**Question D.4** Choix de la catégorie de classes : définir la catégorie répondant à notre problème (cocher une des deux cases ci-dessous).

The *FieldTalk™ Modbus®* Master C++ Library.



The *FieldTalk™ Modbus®* Slave C++ Library



**Question D.5** Parmi l'ensemble des classes proposées, indiquer celle qu'il faudrait utiliser pour répondre à notre problème.

La classe *MbusRtuMasterProtocol*.

**Question D.6** Cocher les bonnes réponses concernant ces différents fichiers dans le tableau ci-dessous.

Type de fichier	Contenu du fichier ( <b>texte</b> : code ascii)	Contenu du fichier ( <b>binaire</b> : code machine)	Utilisé en entrée de la phase de <b>compilation</b>	Utilisé en entrée de la phase <b>d'édition de lien</b>
*.cpp	X		X	
*.obj		X		X
*.h	X		X	
*.lib		X		X
*.exe		X		

**Question D.7** La classe proposée est-elle une classe abstraite ? Justifier votre réponse. Dans le cas d'une réponse positive, indiquer quelles sont les « conséquences » d'une classe abstraite.

⇒ Oui

♣ Non

Justification :

Cette classe possède au moins une méthode virtuelle pure, comme par exemple « `virtual int isOpen() = 0;` ».

Conséquences :

Il n'est pas possible d'instancier une classe virtuelle pure.

Les classes dérivées doivent obligatoirement définir toutes les méthodes virtuelles pures de la classe mère.

**Question D.8** Identifier le ou les constructeur(s) de la classe.

Cette classe possède deux constructeurs :

- `protected: MbusMasterFunctions();`
- `private: MbusMasterFunctions(const MbusMasterFunctions &);`

**Question D.9** Y-a-t-il un constructeur en public ? Quelle est la conséquence ?

♣ Oui

⇒ Non

.....  
Conséquence :

.....  
Le seul constructeur autorisé est protégé. La conséquence est que l'on ne peut pas instancier un objet de cette classe. Seul un objet d'une classe dérivée peut être instancié. Mais l'instanciation de cette classe est déjà interdite par le fait qu'elle est abstraite. Je ne vois pas ce qu'apporte en plus le fait de déclarer le constructeur de cette classe protégé ?  
.....  
.....  
.....

**Question D.10** À quoi correspond cette ligne ?

.....  
C'est la surdéfinition de l'opérateur d'affectation.  
.....  
.....

**Question D.11** Quelle est la valeur de MAX\_FC23\_READ ?

.....  
Valeur de MAX\_FC23\_READ : 125  
.....  
.....

**Question D.12** Qu'évoque pour vous la notion de bigEndianMachine ?

.....  
Cela définit l'ordre de stockage en mémoire des octets d'un entier.

.....  
En « bigEndian », l'octet de poids fort est stocké à l'adresse mémoire la plus petite.  
.....  
.....

## D.2 Gestion des classes contrôles

**Question D.13** Les deux threads **CAcquisitionTempératures** et **CDemandeMA** ayant besoin de faire des accès (requêtes et réponses) sur le réseau modbus, quel problème peut se poser ? Expliquer.

Il y a le risque qu'un thread lise la réponse modbus destinée à l'autre thread. L'accès au réseau modbus par le mécanisme requêtes/réponses est critique. On considère qu'une écriture ou une lecture dans le buffer du port série est non sécable. (On peut accepter toute réponse qui met en évidence un accès critique à modbus).

.....

.....

.....

.....

**Question D.14** Que signifie le terme mutex Expliquer brièvement le fonctionnement d'un tel mécanisme.

Mutex : anglais : Mutual exclusion, Exclusion mutuelle

.....

Autre formulation possible : mutex = sémaphore binaire.

.....

Un Mutex est une primitive de synchronisation utilisée en programmation pour éviter que des ressources partagées d'un système ne soient utilisées en même temps.

.....

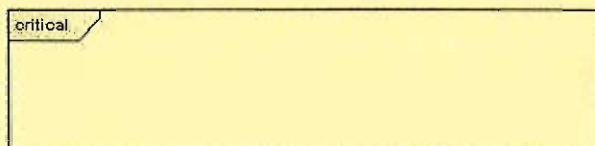
Fonctionnement : On demande à prendre le mutex pour pouvoir accéder à la ressource critique (via un code non sécable) et on le libère après l'accès à la ressource.

.....

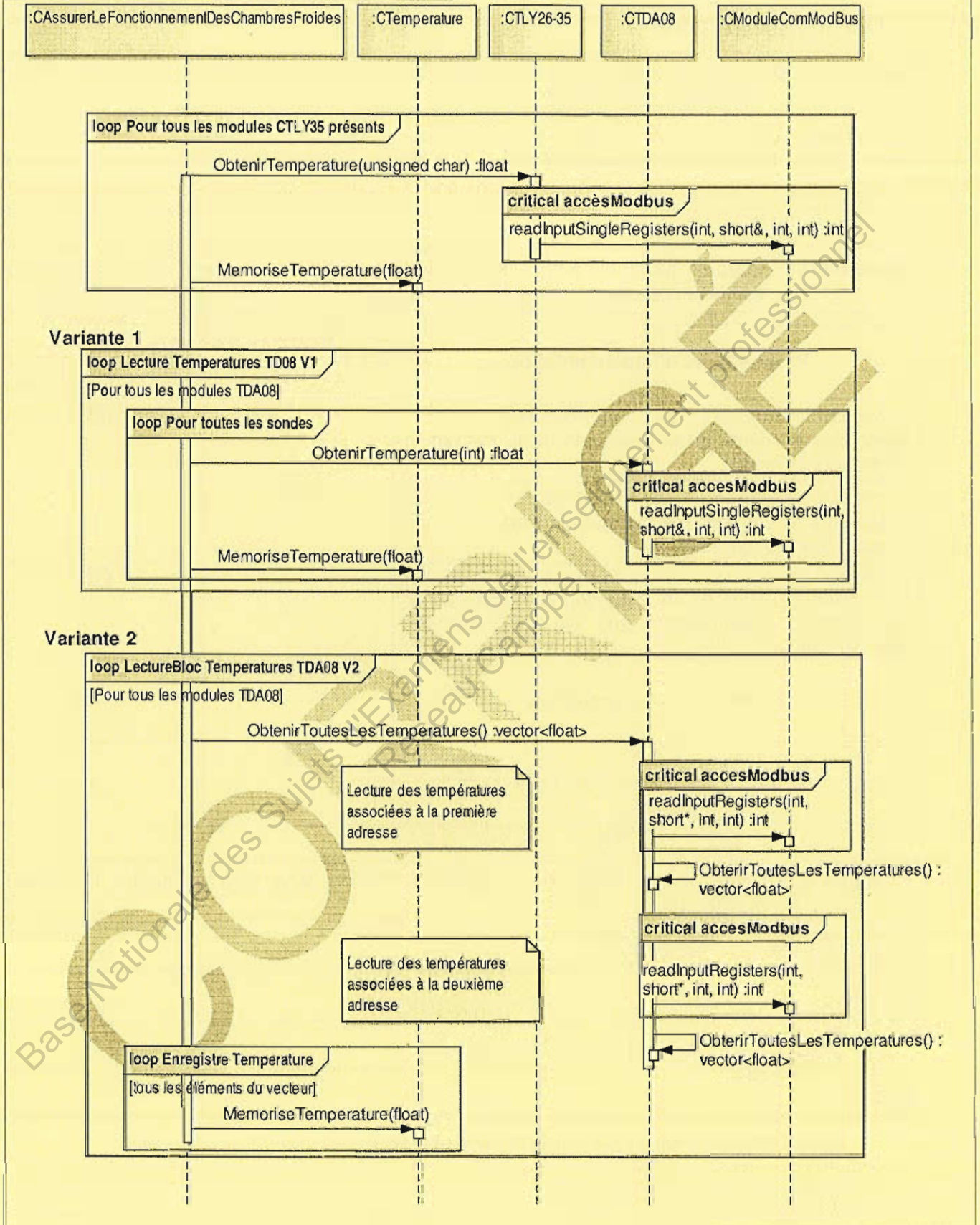
.....

.....

**Question D.15** Indiquez, sur le diagramme de séquence du relevé des températures page suivante, en utilisant le formalisme ci-dessous, où se trouve la (ou les) section(s) critique(s) évoquée à la question D.13.



sd Diagramme de séquence du relevé des températures



La section critique correspond à tous les accès au réseau Modbus.

### D.3 Implémentation

**Question D.16** Comment appelle-t-on la relation entre la classe *CTDA08* et la classe *CModuleComModBus* ?

Une association.

**Question D.17** Indiquer, parmi les propositions suivantes, lesquelles implémentent correctement la relation précédente entre les deux classes *CTDA08* et *CModuleComModBus*.

Propositions d'implémentation	Cocher les bonnes réponses	
	Convient	Ne convient pas
<code>CModuleComModBus&amp; liaisonModbus ;</code> Avec mise en place de la résolution de la référence, dans le constructeur.	⇒	<input type="checkbox"/>
<code>CModuleComModBus* liaisonModbus ;</code> Avec dans le constructeur un <code>new</code> afin de créer une nouvelle <code>liaisonModbus</code> .	<input type="checkbox"/>	⇒
<code>CModuleComModBus* liaisonModbus ;</code> Avec mise en place de la résolution de l'association, soit dans le constructeur, soit via une méthode <code>setAssociation</code> .	⇒	<input type="checkbox"/>
<code>CModuleComModBus liaisonModbus ;</code>	<input type="checkbox"/>	⇒
<code>class CTDA_08 : CModuleComModBus{...};</code>	<input type="checkbox"/>	⇒

**Question D.18** Écrire la déclaration de la classe *CTDA08*, sans faire apparaître la relation précédente.

`class CTDA08`

{

`unsigned char adrModbus1, adrModbus2 ;`

`public :`

`vector<float> ObtenirToutesLesTempertes();`

`float ObtenirTemperature(int);`

`};`



**Question D.19** Écrire la déclaration (le prototype) de cette méthode dans la classe CTDA08.

.....  
void ExtraitTemperaturesSondes(const short Mots[4],vector<float> & v) ;  
.....  
.....  
.....

**Question D.20** Écrire l'implémentation (le code) de cette méthode.

```
void CTDA08::ExtraitTemperaturesSondes(const short Mots[4],vector<float> & v)
{
    float temp;

    for(int i=0;i<4;i++)
    {
        switch(Mots[i])          // Traitement température
        {
            case -10000 :
            case 10000 :
            case 10003 :
                temp = Mots[i];
                break;
            default: // cas nominal (pas d'erreur)
                temp = Mots[i]/10.0; // division réelle
        }
        v.pushback(temp); // stockage de la température
    }
}
```

## E. RÉSEAU

**Question E.1** Indiquer à quoi correspondent les deux abréviations WAN et LAN que l'on voit sur le schéma.

WAN : Wide Area Network, réseau grande distance

.....

.....

LAN : Local Area Network, réseau local

.....

.....

**Question E.2** Indiquer la topologie physique des réseaux ethernet et modbus en cochant la bonne réponse dans le tableau ci-dessous.

	Etoile	Triangle	Anneau	Bus
Modbus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ethernet 10/100 base T	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Question E.3** En complétant le tableau ci-dessous, indiquer le masque de sous-réseau dans la notation décimale pointée, le nombre d'adresses disponibles pour les machines hôtes du sous-réseau, la première adresse disponible, la dernière adresse disponible et l'adresse de diffusion (broadcast).

Masque de sous-réseau	255.255.255.0
Nombre d'adresses disponibles	254
Première adresse disponible	192.168.1.1
Dernière adresse disponible	192.168.1.254
Adresse de diffusion (broadcast)	192.168.1.255

**Question E.4** En complétant le tableau ci-dessous, indiquer la classe d'adresse du réseau et le masque standard de sous-réseau dans la notation décimale pointée.

Classe d'adresse	Classe B
Masque standard de sous-réseau	255.255.0.0
Adresse du réseau global	172.16.0.0

**Question E.5** Compléter le tableau ci-dessous.

Adresse du sous-réseau logistique	172.16.64.0
Masque de ce sous-réseau en notation décimale pointée	255.255.224.0
Nombre de sous-réseaux disponibles	8
Nombre d'adresses disponibles du sous-réseau logistique	4096 - 2
Première adresse disponible du sous-réseau logistique	172.16.64.1
Dernière adresse disponible du sous-réseau logistique	172.16.95.254
Adresse de diffusion (broadcast) du sous-réseau logistique	172.16.95.255

**Question E.6** Quelle est la différence entre une adresse IP publique et une adresse IP privée du point de vue routage ?

Une adresse IP privée n'est pas routée sur internet.

.....

.....

.....

**Question E.7** Quelles sont les adresses IP privées parmi les propositions suivantes (plusieurs réponses possibles) ?

- 172.46.125.2
- 192.167.10.10
- ⇒ 172.16.16.4
- ⇒ 192.168.5.5
- 224.0.0.9
- ⇒ 10.10.10.10

**Question E.8** Indiquer l'adresse IP de la route par défaut (ou passerelle par défaut pour l'accès WAN) des machines précisées dans le tableau ci-dessous.

Machines	Adresse IP de la route par défaut
Supervision	192.168.1.254
Serveur BDD	172.16.95.254
Routeur NAT « SDM »	172.16.95.254
Machine utilisateur	172.16.95.254

**Question E.9** Que signifie NAT ? (Cocher la bonne réponse)

- Network Address Transport
- Network Access Transport
- Network Address Translation
- Network Access Translation

**Question E.10** Lesquelles des propositions suivantes s'appliquent à un routeur NAT ? (plusieurs réponses possibles)

- Un routeur NAT permet à plusieurs machines d'un réseau local privé d'accéder à internet avec une seule adresse IP publique.
- La traduction d'adresses s'effectue sur les adresses MAC.
- La traduction d'adresses s'effectue sur les adresses IP.
- Une machine de l'extérieur peut initier une communication avec une machine de l'intérieur.
- Il est possible à quelqu'un sur internet de connaître l'adresse IP locale de ma machine si je suis derrière un routeur NAT.
- Il faut mettre en œuvre le « port forwarding » si on veut rendre accessible un service de l'extérieur.

**Question E.11** Justifier la présence du routeur NAT « SDM »

Pour des raisons de sécurité, le réseau de production est toujours séparé du réseau bureautique. C'est le cas ici où le réseau SDM (le réseau de production) est séparé du réseau logistique par le routeur NAT « SDM » qui joue le rôle de firewall.

.....

.....

.....

**Question E.12** Compléter ci-dessous les adresses IP et MAC manquantes dans les trames qui circulent sur les réseaux SDM et logistique lors d'une requête de l'ordinateur de supervision vers le serveur BDD.

Trame entre l'ordinateur de supervision et le routeur NAT « SDM » sur le réseau SDM (compléter l'adresse MAC destination et l'adresse IP destination) :

Couche Accès Réseau	Couche Internet	Couche Transport	Couche Application	Couche Accès Réseau
@MACsup -> ...@MACrouteurSDM	192.168.1.1 -> ...172.16.64.10	En-tête TCP	Données applications	CRC

Trame entre le routeur NAT « SDM » et le serveur BDD sur le réseau logistique (compléter les adresses MAC source et destination, et l'adresse IP source) :

Couche Accès Réseau	Couche Internet	Couche Transport	Couche Application	Couche Accès Réseau
...@MACrouteurLOG -> ...@MACbdd	...172.16.95.1 -> 172.16.64.10	En-tête TCP	Données applications	CRC

**Question E.13** On suppose à présent que le routeur NAT « SDM » est remplacé par un routeur classique (il n'y a plus de translation d'adresses). Compléter ci-dessous les adresses IP et MAC manquantes dans les trames qui circulent sur les réseaux SDM et logistique lors d'une requête de l'ordinateur de supervision vers le serveur BDD.

Remarque : on ne s'intéresse pas dans cette question au routage de la réponse du serveur BDD.

Trame entre l'ordinateur de supervision et le routeur classique « SDM » sur le réseau SDM (compléter l'adresse MAC destination et l'adresse IP destination) :

Couche Accès Réseau	Couche Internet	Couche Transport	Couche Application	Couche Accès Réseau
@MACsup -> ...@MACrouteurSDM	192.168.1.1 -> ...172.16.64.10	En-tête TCP	Données applications	CRC

Trame entre le routeur classique « SDM » et le serveur BDD sur le réseau logistique (compléter les adresses MAC source et destination, et l'adresse IP source) :

Couche Accès Réseau	Couche Internet	Couche Transport	Couche Application	Couche Accès Réseau
...@MACrouteurLOG -> ...@MACbdd	...192.168.1.1 -> 172.16.64.10	En-tête TCP	Données applications	CRC

