

BTS INFORMATIQUE ET RESEAUX POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES

Session 2009

EPREUVE E.4 Etude d'un système informatisé

Surveillance du viaduc de Millau

Sujet

Durée : 6h00 Coefficient 5

« *Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999).* »

Aucun document autorisé

Toutes les réponses sont à fournir sur le livret « Document réponse » à l'exclusion de tout autre support.

Les réponses doivent être exclusivement placées dans les emplacements prévus à cet effet. Si nécessaire, le candidat a la possibilité de rectifier ses réponses sur la page non imprimée en regard.

On ne justifiera une réponse que si le document le demande.

Pour des raisons de confidentialité certains procédés ont dû être modifiés.

Temps conseillés et barèmes indicatifs :

Lecture du sujet :	30 minutes	
B) ETUDE DE L'INSTRUMENTATION	60 minutes	15 points
C) INFORMATIQUE INDUSTRIELLE	75 minutes	25 points
D) ANALYSE	15 minutes	15 points
E) ACQUISITION DES DONNEES STATIQUES	45 minutes	15 points
F) PROGRAMMATION SCRIPT PHP	45 minutes	10 points
G) COMMUNICATION ET RESEAUX IP	60 minutes	20 points
Relecture	30 minutes	

A. PRESENTATION DU SYSTEME

A.1 Présentation du Viaduc :



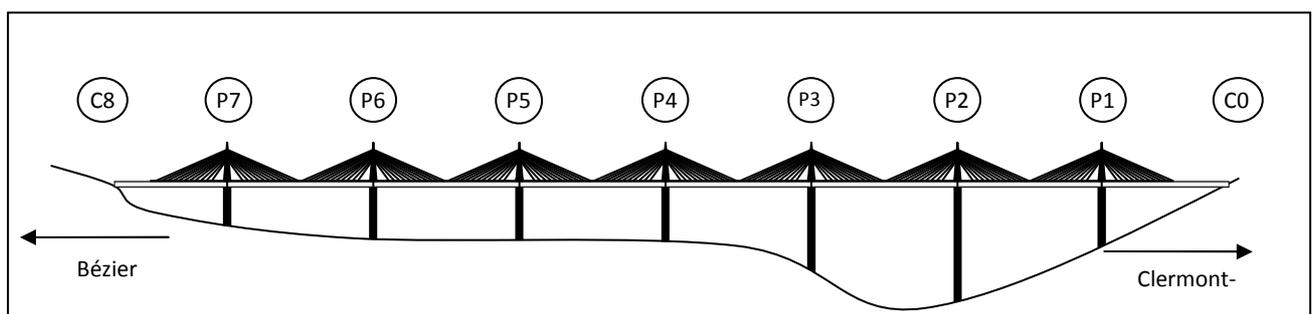
Figure 1 : vue de la culée C0 © Fabien Gandilhon

Le viaduc de Millau est un pont à haubans franchissant la vallée du Tarn (Aveyron) sur l'autoroute A71 entre Clermont-Ferrand et Béziers.

Il permet de contourner la ville de Millau et d'éviter ainsi les embouteillages estivaux. Son tablier de 32 m de large accueille une autoroute de 2 fois 2 voies ainsi que 2 voies de secours.

Ce pont, achevé en 2004, détient quatre records du monde :

- Les piles les plus hautes : les piles P2 et P3 mesurent respectivement 244,96 et 221,05 m.
- La flèche la plus haute : le haut du pylône de la pile P2 culmine à 343 m.
- Le tablier routier le plus haut : 270 mètres par rapport au sol.
- Le tablier suspendu par haubans le plus long (2 460 m).



Les culées C0 et C8 sont les points d'ancrage à chaque extrémité du viaduc. Les véhicules circulent sur le tablier reposant sur les deux culées et les piles. Les haubans, dont les extrémités sont constituées par les pylônes et le tablier, ils stabilisent l'ensemble.

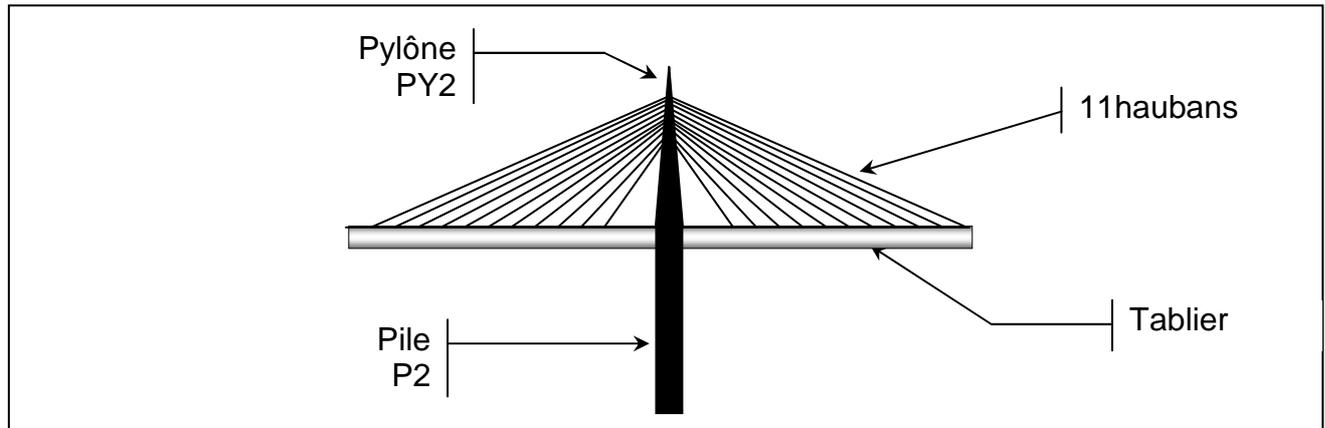


Figure 2 : pile P2, pylône PY2, haubans et tablier

A.2 La surveillance de l'ouvrage

Le cahier des charges prévoit une durée d'utilisation du pont de 120 ans. La surveillance de l'ouvrage sur le long terme doit donc pouvoir respecter cette contrainte.

Cette surveillance comporte trois aspects : contrôle des conditions d'exploitation, contrôle du comportement du viaduc et contrôle du vieillissement de la structure.

- contrôler les conditions d'exploitation : le but est d'assurer la sécurité des véhicules et de leurs passagers. Trois fonctionnalités sont assurées :
 1. surveiller le trafic
 2. mesurer la vitesse du vent
 3. détecter le verglas.
- contrôler le comportement du pont et vérifier la conformité par rapport aux prévisions définies dans le cahier des charges.
- surveiller le vieillissement : l'ouvrage est équipé de dispositifs permettant de suivre sur le long terme les fondations du pont, les haubans, les piles, les pylônes et le tablier.

A.3 Instrumentation de surveillance

La surveillance a été mise en place à l'aide de capteurs, ce qui permet le contrôle et l'analyse de phénomènes dont la durée va d'une seconde à plusieurs années. Chaque capteur a été minutieusement choisi pour répondre parfaitement au cahier des charges :

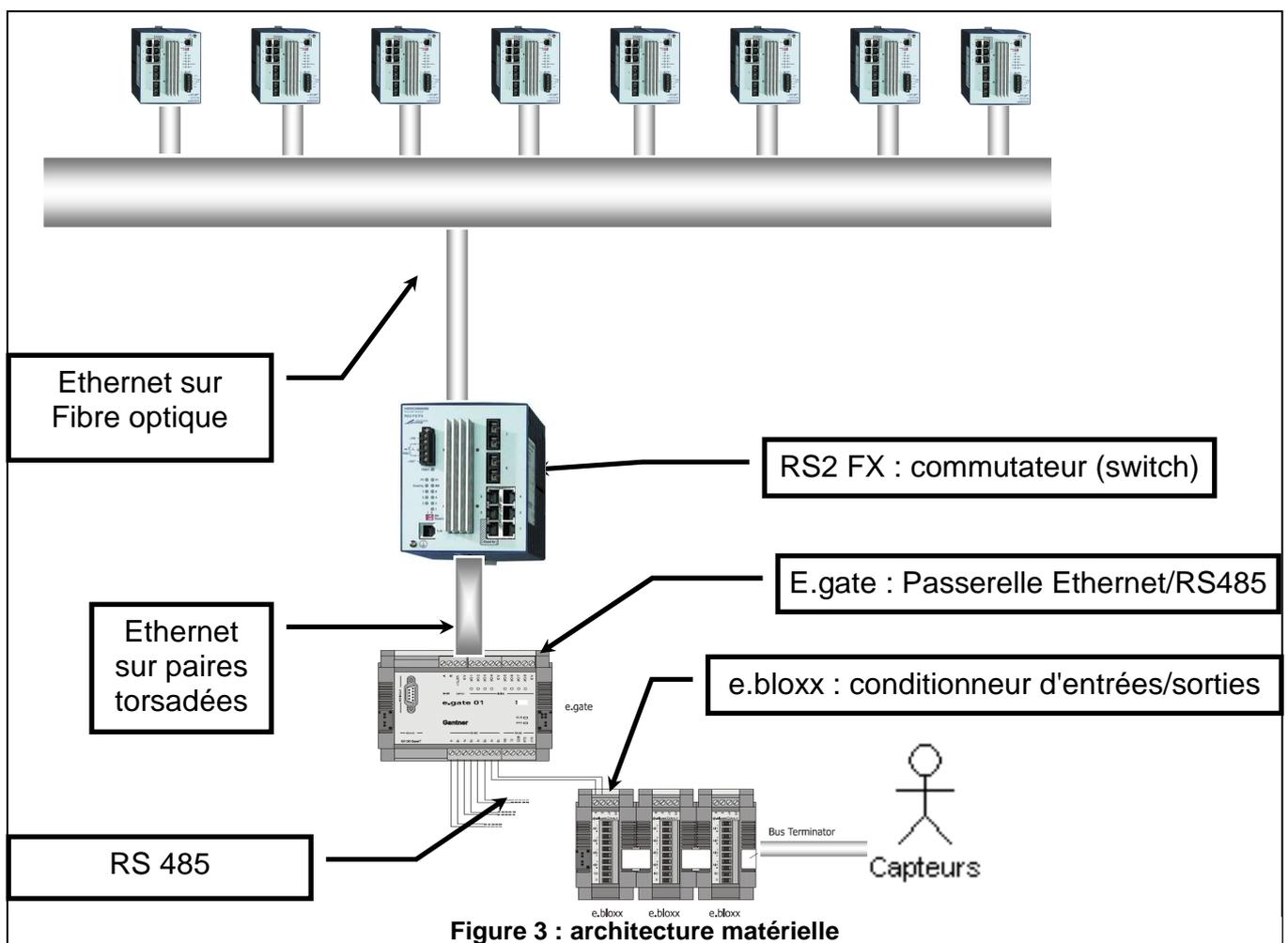
- Des anémomètres sont utilisés pour la surveillance du vent à tout moment, ils se trouvent sur les pylônes (PY2, PY4, PY6) et sur le tablier.
- Pour la surveillance des mouvements d'oscillation, une instrumentation d'accéléromètres est installée sur les piles, pylônes et tablier.
- Les déplacements des joints de chaussée du tablier, sont mesurés par des capteurs de déplacement.
- Pour la surveillance des contraintes subies par les piles et l'évolution de la structure du béton, des extensomètres à fibres optiques, ont été scellés dans le béton des piles P2 et P7

- Pour suivre tous les paramètres naturels, il y a des hygromètres mesurant l'Humidité Relative (ou %HR) et des capteurs de température dont les données seront corrélées avec celles fournies par les autres capteurs.

A.4 L'architecture réseau

Le réseau informatique constitue la colonne vertébrale du système ; toutes les données provenant des capteurs sont récupérées grâce à une association fibre optique, commutateurs (switch) et passerelles (RS485/Ethernet) :

- Les **e.bloxx** sont des conditionneurs d'entrées/sorties logiques et analogiques et délivrent les résultats de leurs acquisitions (provenant des capteurs) aux e.gate
- Les **e.gate** sont des concentrateurs de données ; ils constituent également des passerelles de communication entre les e.bloxx (RS485) et les **RS2 FX-FX**.
- Ces derniers sont des commutateurs industriels (switch) offrant deux ports fibre optique et 5 ports Ethernet. Il en existe neuf dans le système.



B. ETUDE DE L'INSTRUMENTATION

Plus de 400 capteurs ont été déployés depuis le début de la construction et près de 180 sont encore utilisés en phase d'exploitation.

B.1

Voici une liste de capteurs se trouvant actuellement dans l'ouvrage :

Type de capteur	Type de mesure	But de la mesure
Capteurs de température	Température	Mesurer la température des tôles en acier pour déterminer son impact sur le tablier.
Anémomètres	Vitesse et direction du vent	Mesurer la vitesse et la direction du vent pour déterminer son impact sur pylônes, haubans, tablier et piles
Inclinomètres	Rotations	Mesurer les rotations de la structure
Extensomètres	Déformations	Mesurer la déformation du béton des piles
Accéléromètres	Vibrations	Mesurer l'amplitude et la fréquence des oscillations et vibrations (effets du vent)
Hygromètres	Humidité de l'air	Renseigner sur la possibilité de phénomènes climatiques (nuages, précipitations, brouillard etc.)
Capteurs de déplacement	Déplacement	Surveiller les déplacements des joints de chaussée

Figure 4 : instrumentation en phase d'exploitation

Question B.1.1 En utilisant l'annexe N°1 page 4, **compléter** le tableau donnant le nombre de capteurs par type de mesure

Sur le schéma du viaduc, les capteurs seront positionnés en respectant la règle suivante :

- (type, nombre)
- *A*n pour les anémomètres 2D/3D
 - *C* pour les capteurs de déplacement
 - *T* pour les capteurs de T°

←

→

Nombre de capteurs positionnés à cet endroit

Sur le document réponse, (C,2) indique que deux capteurs de déplacement sont localisés près de l'endroit pointé par la flèche (voir document réponse).

Question B.1.2 **Compléter** le schéma du viaduc en y positionnant les capteurs suivant :

- capteurs de déplacement
- capteur de température sur le tablier et dans les piles
- anémomètres sur les pylônes

B.2 Mesure de la température

La mesure de la température se fait par l'intermédiaire de 69 capteurs avec une précision inférieure à 0.2°C.

La sonde utilisée est de type PT100 : elle est composée d'un fil de platine dont la résistance vaut 100Ω à 0°C et 138.5Ω à 100°C .

L'annexe N°2 *Pt100 selon DIN EN 60751* donne la valeur de la résistance de la sonde en fonction de la température. Par exemple, à -59°C la résistance vaut 76.73Ω et à $+59^\circ\text{C}$ $R=122.86\Omega$.

Soit R_θ la résistance correspondant à la température θ .

Question B.2.1 Tracer la courbe donnant R_θ en fonction de la température θ . $R_\theta = f(\theta)$
(cinq points suffisent)

Question B.2.2 Proposer l'équation liant R_θ et θ .

La précision (ou tolérance) de la mesure ne dépend pas uniquement de la sonde. Deux autres types d'erreurs interviennent : celle liée à l'électronique et celle liée à l'affichage (ou à la précision de sauvegarde du résultat).

La précision de l'ensemble de la mesure est donnée par :

$$\left(\sqrt{\text{erreur_sonde}^2 + \text{erreur_électronique}^2 + \text{erreur_sauvegarde}^2} \right)$$

Et la tolérance (ou erreur sonde) de la sonde PT 100 de classe A est : $\pm (0.15+0.002 \cdot T)$

Question B.2.3 Soient $\text{erreur_électronique} = \pm 0.2^\circ\text{C}$ et $\text{erreur_sauvegarde} = \pm 0.001^\circ\text{C}$,
calculer la précision totale pour une sonde PT100 à 30°C

B.3 Etude de l'extensomètre

Les extensomètres permettent la mesure des déformations du béton. Ils sont coulés dans le béton.

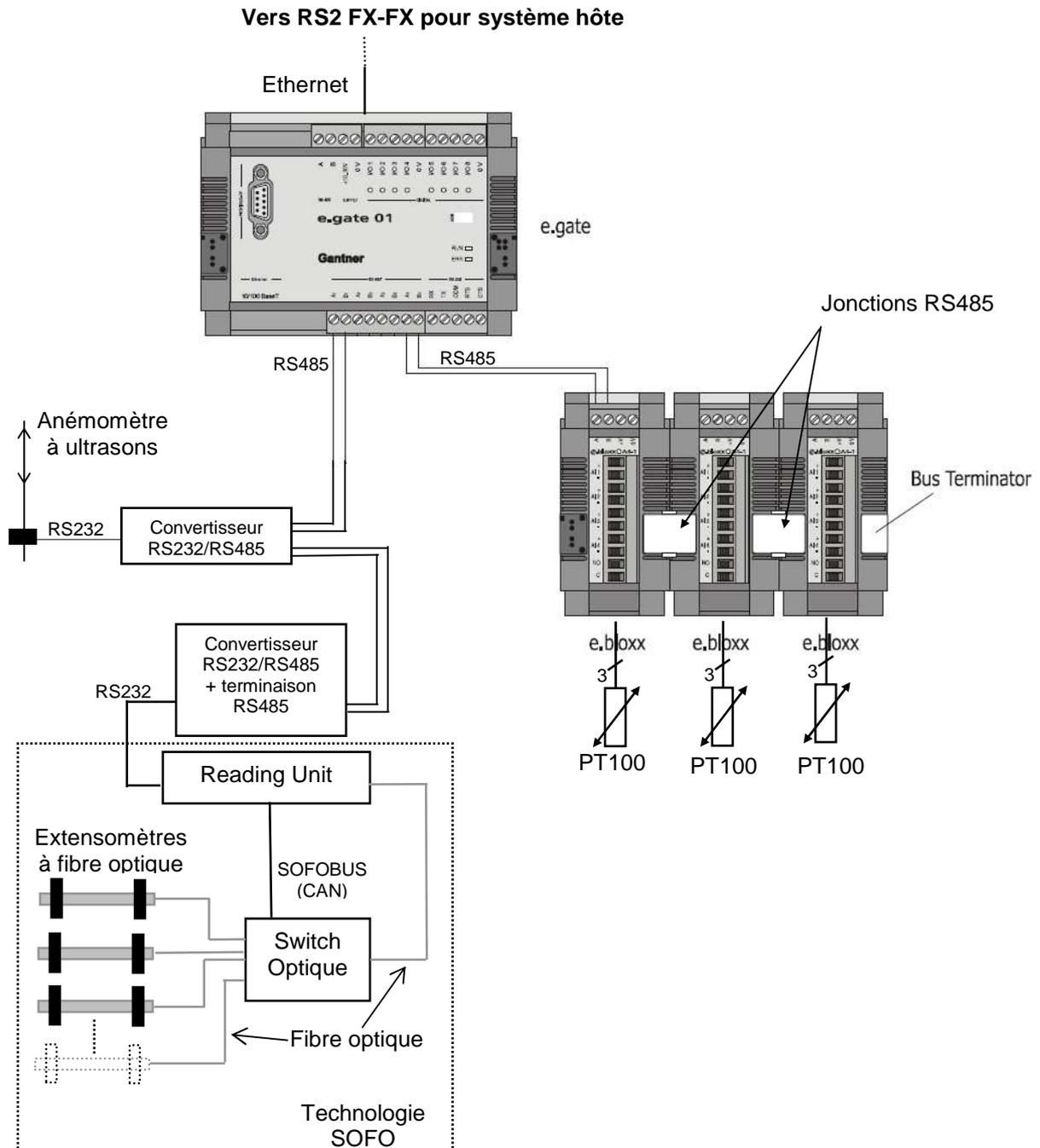
Question B.3.1 Plusieurs technologies sont mises en œuvre dans ce système. A l'aide de l'annexe 3, **relier** par des flèches le repère de chaque bulle avec le (ou les) domaine(s) technologique(s) correspondant(s).

C. INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Comme mentionné précédemment, divers capteurs disposés tout au long de l'ouvrage sont à l'origine de la chaîne d'acquisition.

On s'intéressera plus particulièrement ici aux équipements SOFO, à l'interfaçage de l'anémomètre à ultrasons et aux composants d'interconnexions amenant les grandeurs physiques mesurées aux réseaux Ethernet FX via les switches RS2 FX-FX.

Une partie de la chaîne d'acquisition peut-être représentée ainsi :



C.1 Equipements SOFO

Le SOFO bus est en fait un bus **CAN** dont une documentation est fournie en annexe 4. La face arrière d'un switch optique se présente de la façon suivante :



DC
Power
Supply

RS232
Port

SOFObus
in

SOFObus
Out
or Terminator

Question C.1.1 Préciser le composant électronique contenu par le « Terminator ».

La face avant d'un switch optique se présente de la façon suivante :



Address
selector

Manual
switch

Display

Question C.1.2 Donner le champ d'une trame CAN dans lequel il serait judicieux de coder la valeur des roues codeuses « Address selector ».

Le SOFO BUS repose sur un bus CAN à base de fils de cuivre. Il aurait pu reposer sur un support fibre optique pour transporter l'information binaire.

Question C.1.3 Exprimer, selon la terminologie CAN, les états correspondants à une présence ou à une absence de lumière dans la fibre.

Soit un SOFO BEE, dont la fiche de présentation est donnée en annexe 5, équipé de l'option *logger* 4 MB (*Data logger capacity*).

Question C.1.4 Calculer, en heures, la durée d'enregistrement minimale *tlog* de l'appareil s'il effectue une mesure toutes les dix minutes sur un ensemble de 10 capteurs.

C.2 Concentration des données d'acquisition

Les **e.gate** sont des concentrateurs de données. Ils jouent également le rôle de passerelle de communication entre des **e.bloxx** et un réseau hôte. Ce dernier peut-être soit Ethernet, comme c'est le cas sur le Viaduc de Millau, soit un réseau PROFIBUS.

Les **e.bloxx** sont des conditionneurs d'entrées/sorties logiques et analogiques. Ils délivrent les résultats de leurs acquisitions aux **e.gate**. On dénombre 80 **e.bloxx** sur l'ensemble de l'ouvrage qui reçoivent directement les capteurs PT100.

Question C.2.1 A partir de l'illustration d'un réseau PROFIBUS fournie en annexe 6, **citer** ce qu'apporte PROFIBUS par rapport à Ethernet concernant la politique d'accès au support par les maîtres.

Question C.2.2 **Désigner**, au sein des spécifications d'un **e.gate** fournies en annexe 7, ce qui permet d'affirmer que ce système intègre au moins une partie du protocole ICMP.

La communication entre un **e.gate** et un **e.bloxx** se fait selon le protocole **MODBUS** sur un support **RS485**. Le format de transmission est **8, E, 1**, soit 8 bits de données, un bit de parité paire et un bit de STOP.

Un document fourni en annexe 8 donne quelques détails de ce protocole.

CT correspond au temps de transmission d'un caractère.

Le champ d'adresse est codé sur un octet, le **CRC** est codé sur deux octets.

Question C.2.3 La table 5.1 de la documentation évoque un temps T_{2min} . **Entourer**, sur le document réponse, la proposition correspondante à la bonne signification de ce paramètre.

On fixe une vitesse de transmission de **57600 bps**. Cela donne un **CT** de **191 μ s**.
On considère **$T_1=1.5CT$** , **$T_2=2CT$** , **$T_3=3CT$** .

Question C.2.4 Soit un télégramme de requête de 8 octets, suivi d'un télégramme de réponse de 9 octets. **Calculer** le temps **T_{it}** entre le début d'une requête et le début d'une éventuelle requête suivante.

Soit la lecture par un **e.gate** de deux variables réelles de type *float* d'un **e.bloxx** à partir de la **variable 2** du paragraphe 5.4 « Register Contents » de l'annexe 8.

On considère que les variables ont chacune une valeur réelle courante dont le codage (du MSB au LSB) résultant est :

- **42 49 3C D3** pour la première variable ;

- **C6 22 02 68** pour la deuxième variable ;

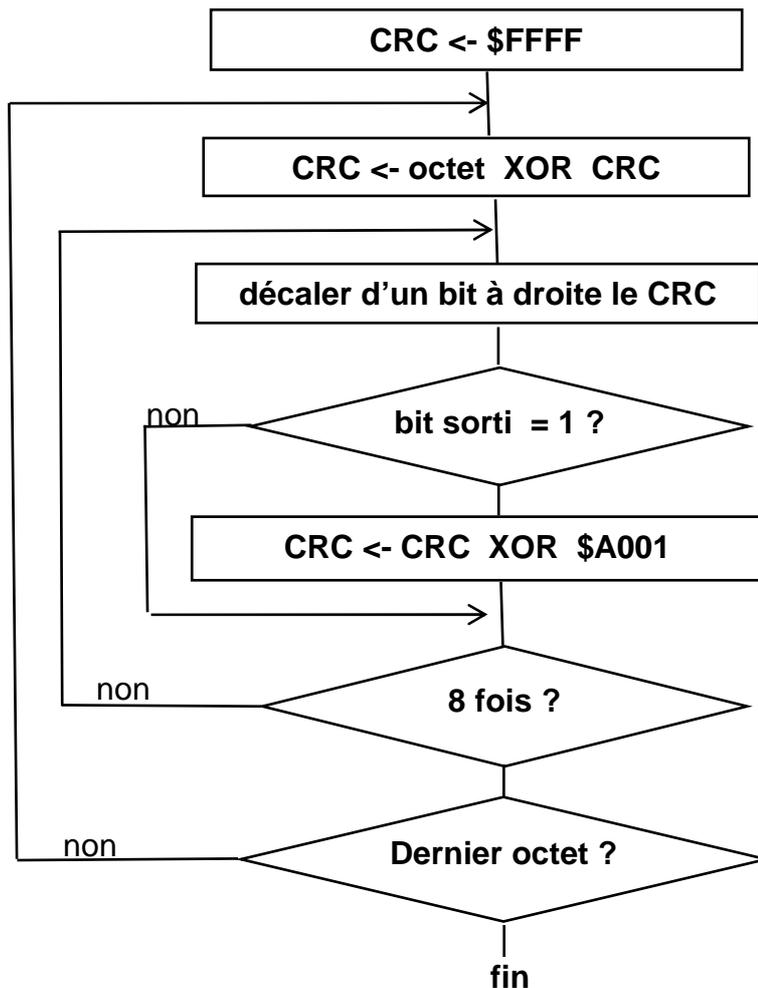
L'adresse de l'esclave interrogé est **0xA4**.

Question C.2.5 **Donner**, sur le document réponses, la valeur des champs demandés et compléter le contenu des télégrammes occasionnés par cette lecture.

Afin d'obtenir les quatre octets d'un réel à déposer dans le télégramme, on peut supposer que l'e.bloxx intègre l'extrait de code C du document réponses permettant d'obtenir dans le tableau **T** la valeur de chaque octet d'un *float*.

Question C.2.6 Compléter cet extrait de code.

Le protocole MODBUS fait apparaître un contrôle d'intégrité des télégrammes par **CRC**, exprimé sur **16 bits** et calculé à partir de tous les octets de la trame. L'organigramme ci-dessous montre la méthode de calcul où octet désigne successivement un des octets du télégramme situé avant le CRC :



La méthode donnée dans le document réponse doit calculer et retourner le CRC à partir de l'adresse de base d'un tableau passée en paramètre. Le paramètre « *nb_octet* » indique le nombre d'octets que contient le télégramme avant le CRC.

Question C.2.7 Compléter le codage de la fonction membre « **calcul_crc** ».

C.3 Direction et vitesse du vent

Ces mesures sont confiées à l'anémomètre à ultrasons **USA1** de **METEK**. Cet appareil, dont une représentation est fournie en annexe 9, repose sur trois groupes émetteur-récepteur d'impulsions ultrasoniques disposés sur trois plans différents. La transmission du son repose sur un fluide, l'air dans le cas présent.

Le vent modifie les caractéristiques de ce fluide et donc influe sur le temps que mettent les ultrasons pour parvenir d'un émetteur à un récepteur.

Un traitement informatique intégré à l'appareil permet d'obtenir numériquement sur une voie série RS232 la vitesse et la direction du vent.

La partie « communication » de la documentation indique :

« Because there is no support for hardware-handshake the USA-1 uses the **XON/XOFF-protocol** (software-handshake) ».

Question C.3.1 Décrire le contrôle de flux XON/XOFF.

La documentation indique **9600, N, 8, 1** comme vitesse/format de transmission.

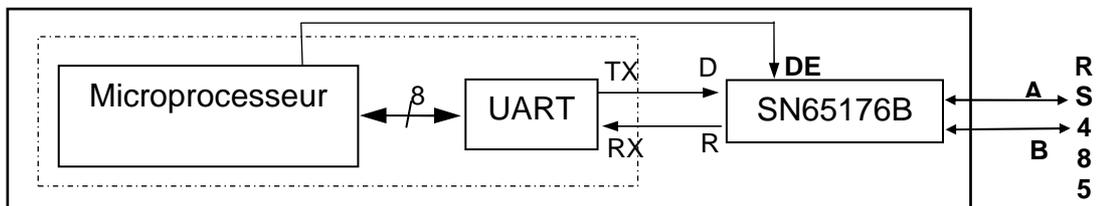
Question C.3.2 Compléter sur le document réponses l'oscillogramme de l'émission du caractère 'A' sur la ligne RS232 TX. Indiquer les niveaux électriques et la valeur de T.

L'USA1 peut-être livrée avec une connectivité **RS422**. Mais un e.gate possède des ports **RS485**. Il faut donc utiliser la version RS232 de l'USA1 et avoir recours à un adaptateur RS232 <-> RS485.

On rappelle que :

- la RS422 repose sur une transmission différentielle unidirectionnelle sur deux fils, 4 fils sont nécessaires pour une transmission bidirectionnelle *full duplex*.
- la RS485 repose sur une transmission différentielle bidirectionnelle sur deux fils.

La documentation d'un driver de lignes RS485, le **SN65176B**, est fournie en annexe 10. Ce composant s'intègre dans un appareil à connectivité RS485 selon le synoptique suivant :



Question C.3.3 Indiquer le rôle de DE.

Question C.3.4 Préciser si cette architecture électronique permet d'obtenir une liaison RS485 *half duplex* ou *full duplex*. Justifier la réponse.

L'USA1 est livré avec l'utilitaire de configuration « **Tcopy** » pouvant être exécuté sous UNIX qui possède une option « **/o<fichier>** » permettant de rediriger dans un fichier tous les caractères normalement destinés à la console.

Question C.3.5 Citer le mécanisme d'un shell permettant d'obtenir le même résultat puis **donner** la commande correspondante.

D. ANALYSE

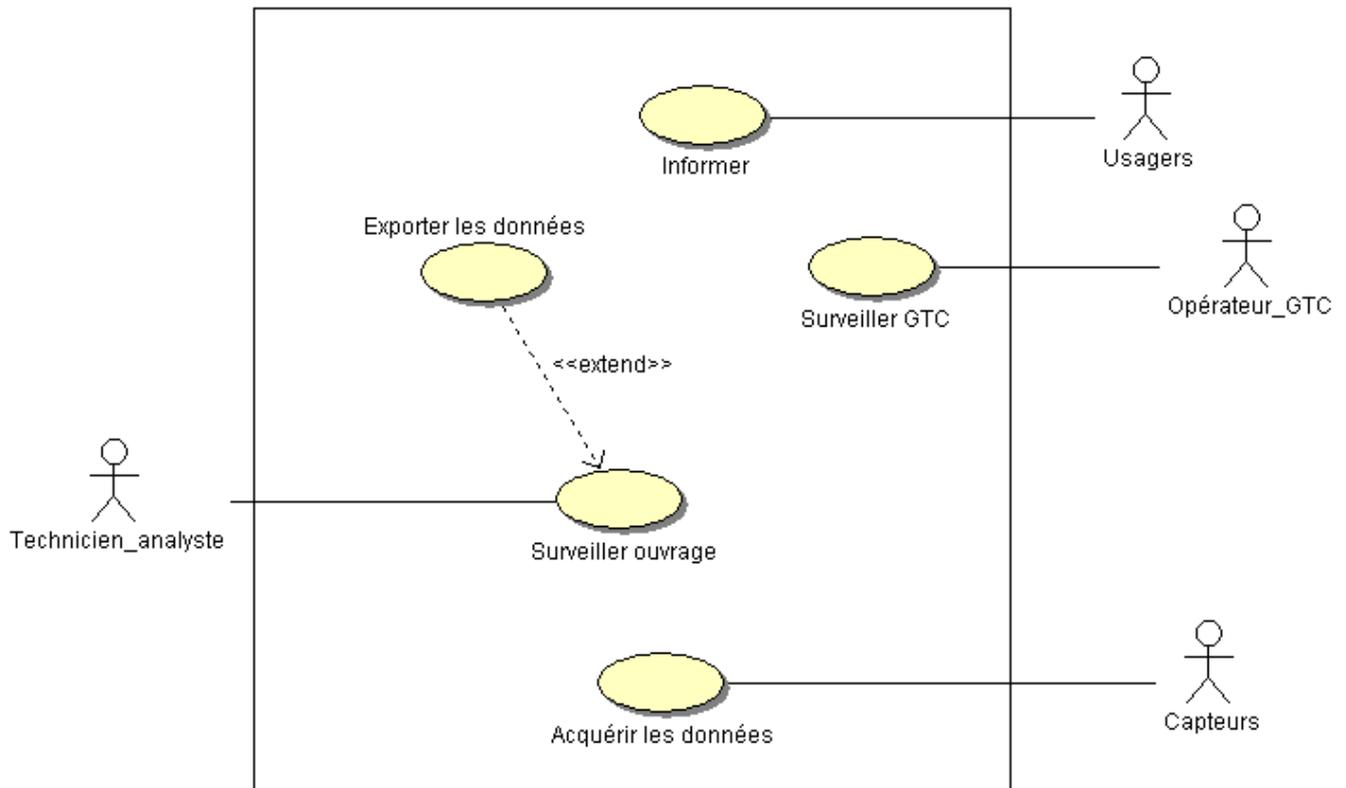


Figure 5 : cas d'utilisation

Description des acteurs :

- Usagers : conducteurs de voiture, de motos ou de poids lourds.
- Opérateur GTC : personne se trouvant au péage et assurant la gestion technique centralisé (GTC)
- Technicien analyste : il va surveiller et analyser le fonctionnement des capteurs.
- Capteurs : ce sont tous les capteurs de l'ouvrage

Description des cas d'utilisation :

- Informer : les usagers peuvent être tenus au courant des conditions de circulation et météorologiques par l'intermédiaire de panneaux à message variable (PMV)
- Surveiller GTC : supervision et surveillance GTC (incendie, intrusion, trafic) ...
- Exporter les données : lors de la surveillance, le technicien peut exporter dans un fichier, les données « brutes » qui sont envoyées à un organisme public chargé de la surveillance sur le long terme.
- Acquérir les données : les données provenant de tous les capteurs sont récupérées et enregistrées dans une base de données.
- Surveiller ouvrage : surveiller l'instrumentation (capteurs et matériels réseau).

Les systèmes assurant les deux derniers cas d'utilisation étant totalement indépendants, il n'est donc pas systématique d'acquérir les données pour gérer la surveillance.

Question D.1.1 Justifier la présence de la relation « extend » et l'absence d'une relation « include » entre *Surveiller ouvrage* et *Acquérir données*

L'instrumentation du pont est divisée en deux ensembles distincts : statique et dynamique.

En outre l'ouvrage possède également des capteurs spécialisés pour le trafic routier : des boucles de courant associées à des capteurs piézoélectriques (mesure de poids) sont ainsi capables de compter le nombre de voitures et de distinguer jusqu'à 12 types de véhicules différents.

Question D.1.2 Compléter le diagramme partiel des cas d'utilisation en y mettant des relations:
 - entre acteurs
 - entre cas d'utilisation
 - entre cas d'utilisation et acteurs

D.2 ACQUERIR LES DONNEES DE LA CHAINE STATIQUE

Le système d'acquisition statique est composé de 89 voies de mesures pour 8 concentrateurs e.gates. Les caractéristiques de cette acquisition sont :

- Le rafraîchissement des valeurs toutes les 30 secondes.
- La copie dans la base de la moyenne des valeurs toutes les 30 minutes.

En tenant compte de ces fonctionnalités, le diagramme de classe suivant est proposé :

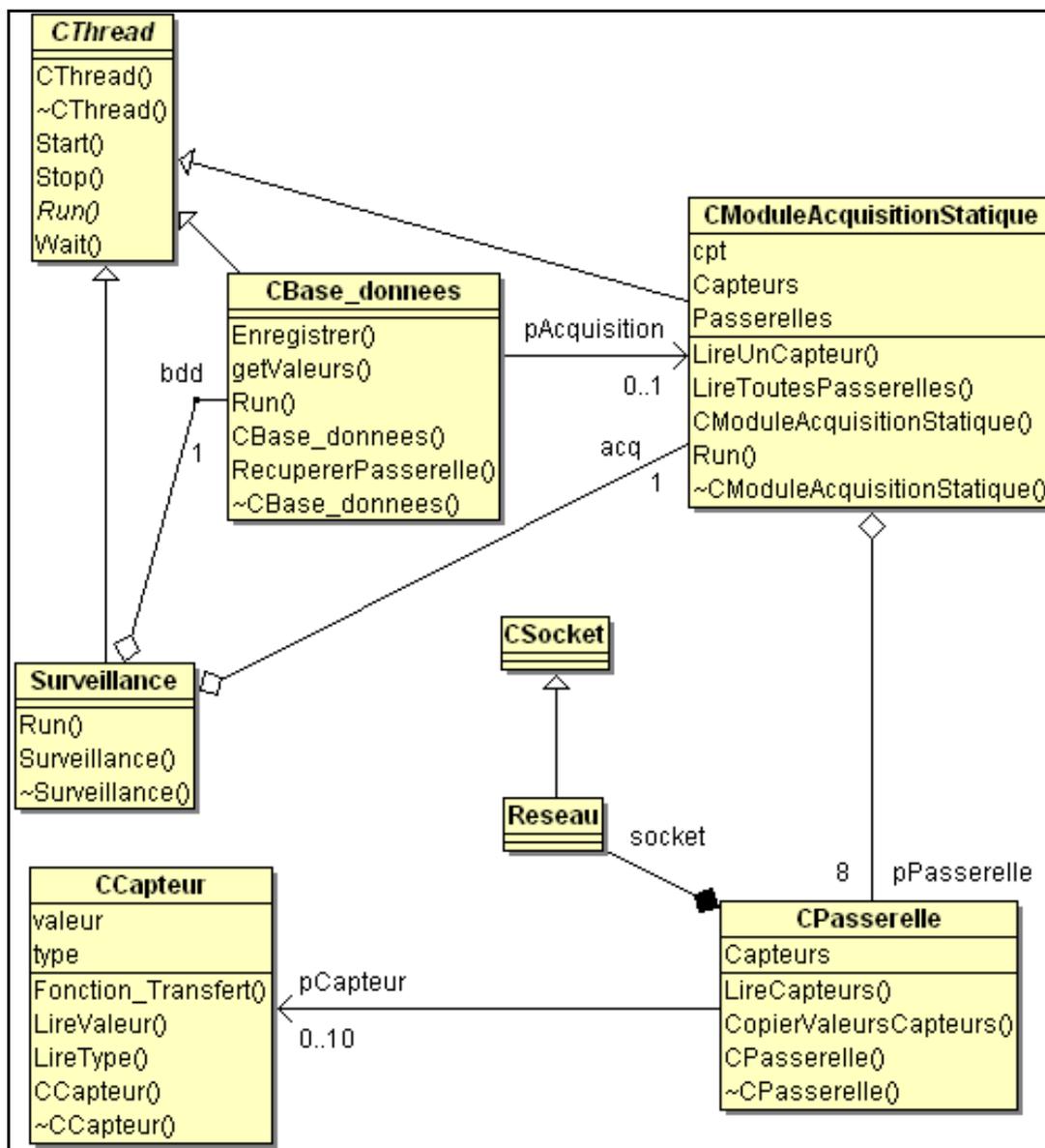


Figure 6 : diagramme de classes simplifié

Question D.2.1 **Indiquer** la raison pour laquelle, *CThread* est écrit en italique. Que cela implique-t-il au niveau de ses méthodes ?

La relation entre *CBase_donnees* et *CModuleAcquisitionStatique* est une association qui se traduit par un attribut (donnée membre).

Question D.2.2 **Donner** la signification de la relation entre *CModuleAcquisitionStatique* et *CBase_Donnees* et **l'implémenter** en C++.

Par rapport à une agrégation, la composition traduit une appartenance plus forte

Question D.2.3 **Traduire** en C++ les deux relations *CPasselle/Reseau* et *Surveillance/CBase_donnees*.

E. DEVELOPPEMENT DU CAS D'UTILISATION « ACQUERIR LES DONNEES DE LA CHAINE STATIQUE »

Le schéma précédent montre :

- un thread de type *CBase_donnees* qui se charge d'enregistrer les valeurs dans la base de données toutes les 30 minutes.
- un autre thread (*CModuleAcquisitionStatique*) fait l'acquisition des valeurs toutes les 30 secondes

CPasserelle mémorise dans un tableau les dernières valeurs acquises. Ce tableau est ensuite récupéré par un objet de type *CModuleAcquisitionStatique*.

E.1 Etude de l'enregistrement

CPasserelle ::*Capteurs*[] est un tableau représentant les valeurs des capteurs. Par souci de simplification la taille est de *NB_CAPTEURS* éléments.

Les types des capteurs (Accéléromètre, Anémomètre, Capteur de déplacement, Capteur de température, Extensomètre, Hygromètre, Inclinomètre) sont implémentés de cette façon :

```
enum TypeCapteur {ACC, ANE, DEP, TEM, EXT, HYG, INC};
```

On dispose d'un type structuré de données nommé *Structure_Capteur* dont les caractéristiques sont :

- Un premier champ qui indique le type du capteur
- Le second champ est la valeur du capteur de type *double*

L'attribut *CPasserelle*::*Capteurs* se code alors par :

```
Structure_Capteur Capteurs[NB_CAPTEURS];
```

Question E.1.1 Proposer la définition du type *Structure_Capteur*.

Une instance de la classe *CModuleAcquisitionStatique* va copier les valeurs mémorisées dans le tableau *Capteurs*, par l'intermédiaire de la méthode *CPasserelle* :: *CopierValeursCapteurs*.

Question E.1.2 Coder cette méthode (fonction membre).

E.2 Valeur moyenne et médiane

Un objet de classe *CBase_donnees* va mettre dans la base de données une valeur toutes les 30 minutes.

Cette donnée n'est pas la moyenne mais la médiane : c'est la valeur qui se trouve au milieu d'un ensemble de nombres trié par ordre croissant.

Si l'ensemble contient un nombre pair de nombres, la valeur médiane est la moyenne des deux nombres du milieu

Exemples :

- Soit la liste {10, 5, 3}, le nombre 5 est la valeur médiane.
- Soit la liste {10, 5, 4,3}, le nombre 4,5 est la valeur médiane (moyenne de 5 et 4)

Voici deux listes de mesures provenant d'un capteur sur une période de 1m30s :

L1 : 35,23°C, 35,10°C, 34,45°C, 35,02°C, 35,53°C

L2 : 35,53°C, 35,23°C, 35,10°C, 34,45°C, 12,22°C

Question E.2.1 **Calculer** pour chacune de ces deux listes, la moyenne et la médiane. A votre avis, dans la seconde liste, quelle mesure est incohérente. **Justifier** l'utilisation de la médiane à la place de la moyenne, notamment pour les mesures dans l'industrie.

La valeur médiane est donc préférable à la valeur moyenne. Cependant son utilisation implique le tri des données au préalable.

Le tri utilisé est le tri à bulles qui consiste à faire remonter progressivement les plus petits éléments d'une liste, comme des bulles d'air remontent à la surface de l'eau.

Question E.2.2 **Compléter** le code CBase_donnees ::Tri() qui implémente le tri à bulle

Question E.2.3 **Proposer** le code de la méthode :
`double CBase_donnees::Mediane(double * t)`

F. PROGRAMMATION SCRIPT PHP

L'application décrivant le cas d'utilisation « Surveiller l'ouvrage » permet, sur un intervalle donné, l'affichage :

- des valeurs instantanées des capteurs
- des graphiques journaliers de température, des joints de chaussée

Si l'utilisateur le désire, il peut exporter les résultats vers un fichier « Excel » par l'intermédiaire d'un fichier texte.

The image shows a screenshot of a web browser displaying a PHP application titled "Visualisation des données". The browser address bar shows "http://localhost/visualisation.php". The application interface includes a menu titled "MENU GENERAL" with the following sections:

- Intervalle d'exportation:** Contains two date input fields: "Date début" (08/12/2004) and "Date fin" (09/12/2004).
- Type d'export:** A list of options with corresponding "Exporter vers Excel" buttons:
 - Afficher les valeurs enregistrées
 - Afficher les événements
 - Graphique journalier température
 - Graphique journalier des joints de chaussée
 - Graphique avec échelle logarithmique des joints de chaussée et températures

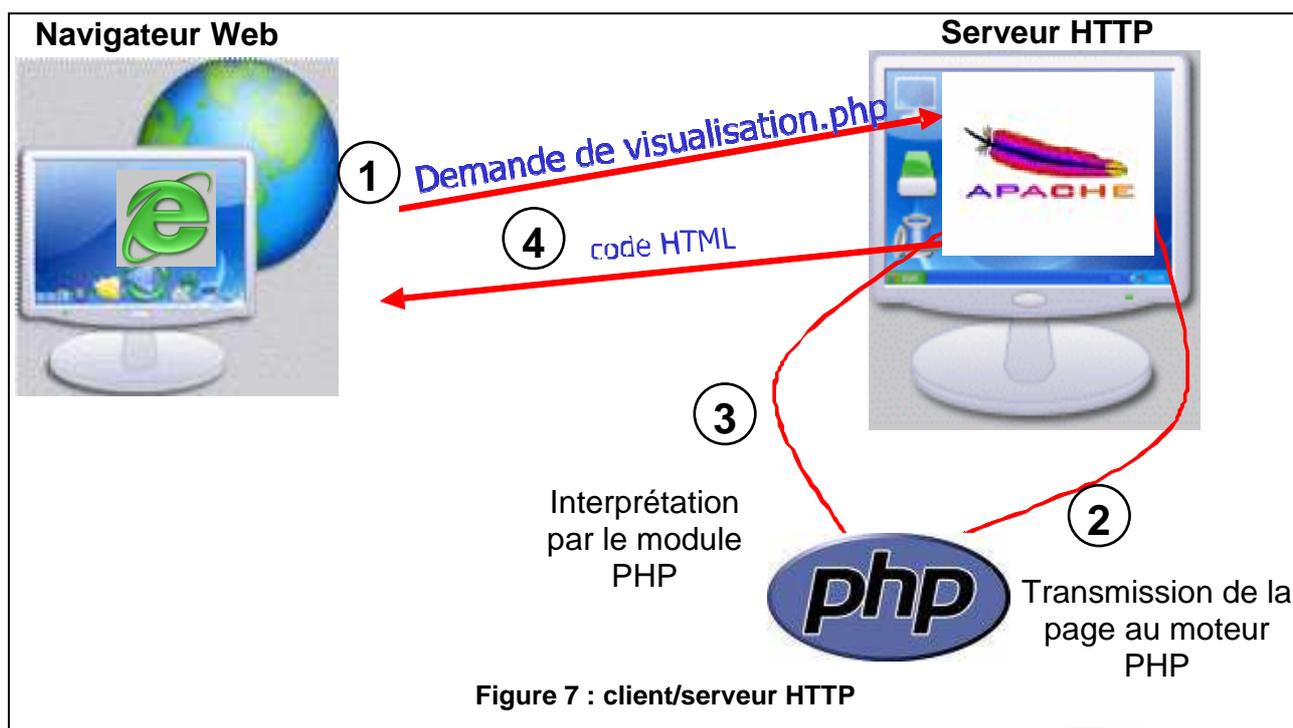
Below the menu, it states "Base de données gérant l'instrumentation du viaduc de Millau V 1.03" and features the "SITES" logo.

On the left side of the screenshot, seven callout boxes with arrows point to specific elements of the interface:

- 1. "Période à remplir pour l'exportation" points to the date input fields.
- 2. "Afficher les données sur la période sélectionnée" points to the "Afficher les valeurs enregistrées" button.
- 3. "Afficher les événements sur la période sélectionnée" points to the "Afficher les événements" button.
- 4. "Graphique des températures sur la période sélectionnée" points to the "Graphique journalier température" button.
- 5. "Graphique des joints de chaussée sur la période sélectionnée" points to the "Graphique journalier des joints de chaussée" button.
- 6. "Graphique des joints de chaussée et des températures sur la période sélectionnée" points to the "Graphique avec échelle logarithmique des joints de chaussée et températures" button.
- 7. "Exportation Excel des données affichées par le bouton à gauche" points to the "Exporter vers Excel" button next to the "Afficher les valeurs enregistrées" option.

Le contenu du script PHP gérant l'exportation est étudié dans cette partie.

F.1 PHP et HTML



Le navigateur demande le fichier `visualisation.php` par le protocole `http` au serveur Web. Le script PHP est exécuté sur le serveur qui lui renvoie un fichier HTML.

Une page HTML est un fichier contenant du texte formaté avec des balises. Celles-ci permettent de mettre en forme le texte, gérer des images, créer des formulaires, etc...

Une balise est un texte (son nom) encadré par le caractère '`<`' et le caractère '`>`', par exemple '`<TITLE >`'.

Les balises vont par paire : une balise ouvrante et une autre fermante. Par exemple : `< TITLE >` et `</ TITLE >`

Question F.1.1 Compléter avec les balises, `HEADER`, `HTML`, `TITLE`, `/HEADER`, `/HTML` et `/TITLE` le code HTML du fichier reçu à la suite de la demande de `Visualisation.php`.

F.2 Exporter les données

La gestion de milliers de données exige un soin tout particulier. Les données ont été organisées au début du suivi : codes, formats d'enregistrement, noms et formats. Les enregistrements et fichiers de données sont structurés pour être exportés directement dans un tableur.

Question F.2.1 Ecrire le code PHP qui exporte les valeurs de la table `pt100` (capteur de températures) dans le fichier texte `export.txt`. Celui-ci sera créé dans le répertoire courant.

Le format d'enregistrement de ce fichier est :

- retour à la ligne (`\n`) entre chaque enregistrement (`mesure ; date ; heure`)
- les trois valeurs (`mesure ; date ;heure`) sont séparés par des points-virgules (`;`).

G.COMMUNICATION ET RESEAUX IP

Les postes et les équipements du site sont répartis dans les réseaux IP suivant :

- . Un sous réseau par pile pour les instruments de mesure et de transmissions.
- . Un sous réseau à la culée C0 pour centraliser les informations recueillies par les caméras et les différents capteurs installés dans le viaduc.
- . Un sous réseau à la barrière de péage pour les postes de supervision et régulation de trafic ainsi que le PC industriel pour centraliser les mesures en vu d'archivage ou de supervision.
- . Un sous réseau pour le serveur du site Web www.leviaducmillau.com
- . Un sous réseau d'interconnexion.

Les réseaux entre la culée C0 et la barrière de péage sont reliés par une liaison en fibre optique d'une longueur de 6 km. Pour simplifier l'architecture du site, les réseaux physiques et les sous réseaux IP seront confondu.

Les sous réseaux suivants sont protégés par un garde barrière (FireWall) :

- . Les 7 sous réseau (un sous réseau par pile) des instruments de mesures et transmissions.
- . Sous réseau à la culée C0 pour centraliser les mesures en vu d'archivage ou supervision.
- . Sous réseau à la barrière pour les postes de supervision et régulation de trafic.

Le serveur du site Web www.leviaducmillau.com se trouve dans la zone DMZ.

Le réseau d'interconnexion-centralisation est en redondance pour assurer un service sans rupture.

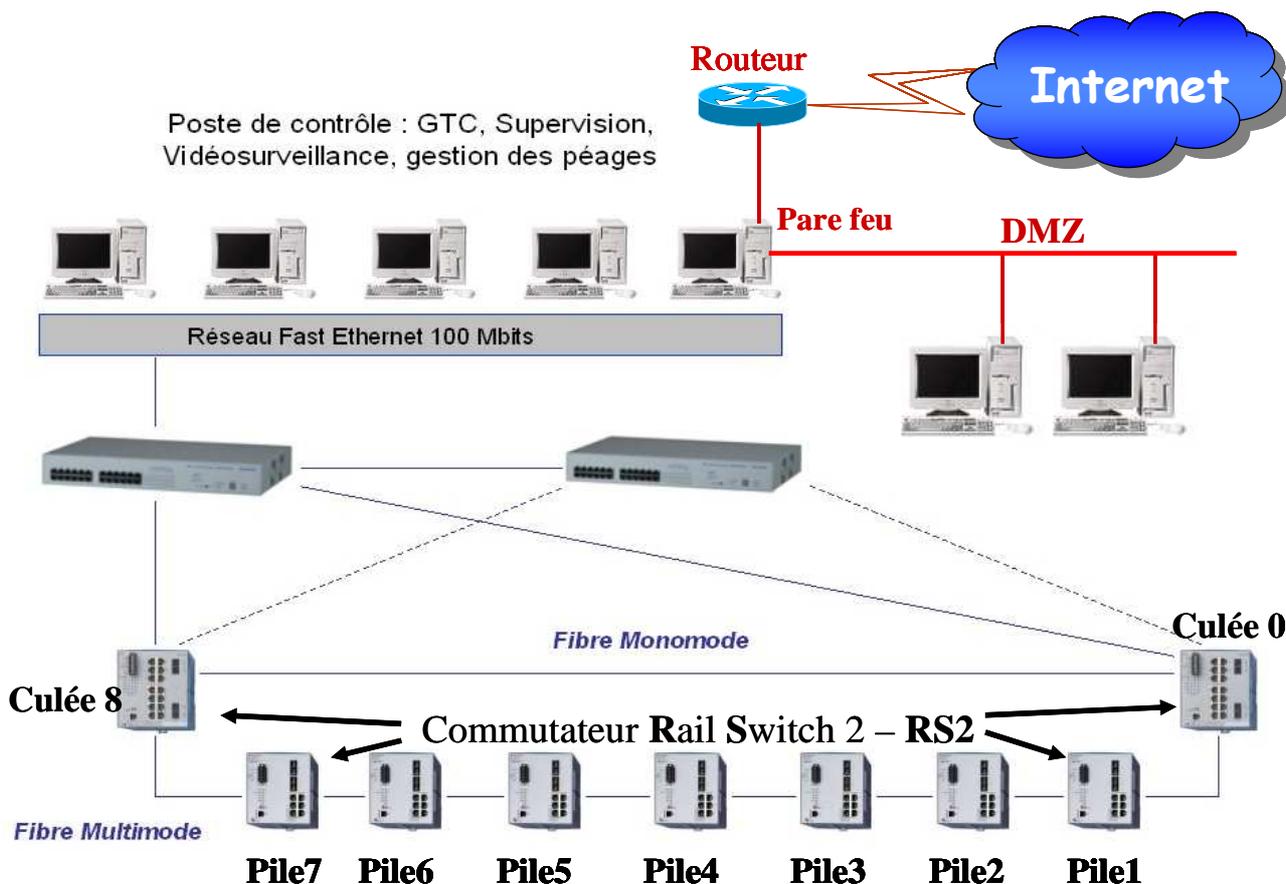


Figure 8 : Architecture réseaux

G.1 Supports Ethernet et Equipements de bas niveau

Pour relier les locaux techniques qui se trouvent au sommet des piles **un support de réseau filaire est utilisé**, sachant que la distance entre deux piles est de 342 mètres. Afin de choisir un (des) support(s) de réseaux qui répond aux exigences du site.

Question G.1.1 Compléter le tableau des caractéristiques des supports sur le document réponses puis **choisir** le(s) support(s) qui répond(ent) aux exigences du site.

La culée C0 et la barrière de péage sont reliées par une liaison en fibre optique **100BaseFx**

Question G.1.2 Citer les avantages et les inconvénients d'une liaison en fibre optique. Expliquer ce que signifie **100BaseFX**.

Nous nous intéressons ici au commutateur "RS2FX" et plus précisément à la fonctionnalité de gestion des Vlan du commutateur (voir annexe technique du "Rail Switch 2").

Question G.1.3 Citer les avantages et les inconvénients des Vlan. Sur quelle couche du modèle OSI peut-on classer les commutateurs de la famille des "Rail Switch 2" ? Justifier la réponse.

G.2 Réseau IP et masque sous réseaux

Le réseau IP 172.16.0.0 est utilisé pour configurer les équipements de mesure et de surveillance du site de Millau.

Question G.2.1 Donner la classe et le masque naturel du réseau 172.16.0.0. Calculer le nombre d'adresse IP utilisable dans ce réseau.

Question G.2.2 Le réseau IP 172.16.0.0 est un réseau IP privé. Citer les autres réseaux IP privé ainsi que les masques de sous réseau associé. Expliquer les principes de l'utilisation des sous réseaux IP privés.

Nous nous intéressons ici au poste de contrôle à la barrière de péage. Pour les besoins de supervision et de régulation de trafic, il faut connecter au minimum **34 équipements** (Postes PC fixe, PC portable des agents, écrans de contrôle et surveillance du trafic, imprimants). Les adresses IP sont prises dans le réseau 172.16.0.0 mais avec un masque de sous réseaux approprié qui **minimise le nombre d'adresses IP inutilisées**. Pour cela il faut découper le réseau 172.16.0.0 en sous réseaux.

Question G.2.3 Pour configurer ces 34 équipements, proposer un ensemble qui se compose de :

- Adresse sous réseau.
- Masque de sous réseau.
- Adresse de diffusion.
- Plage d'adresse à utiliser.

Question G.2.4 Citer l'intérêt de répartir les équipements du site de Millau dans les sous réseaux séparés ?

Le pare feu est un PC sous Linux, ce PC utilise le réseau 192.168.1.0 sur interface eth1 pour interconnecter avec le routeur. La zone DMZ est sur l'interface eth0 et la zone protégée est sur l'interface eth2. Ci-dessous l'affichage d'**une partie** de la table de routage

netstat -nr

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	MSS	Fenêtre	irrt	Iface
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth1
192.168.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
0.0.0.0	192.168.1.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth1

Question G.2.5 Expliquer la destination et la passerelle indiquées dans **les deux dernières lignes**. Quelle est l'interface réseau qui correspond à "lo" ? Expliquer l'utilisation de cette interface.

G.3 Pare feu et routeur

Question G.3.1 Expliquer le rôle d'un pare feu.

Question G.3.2 Expliquer le rôle de la zone DMZ d'un pare feu. Que peut-on placer dans la zone DMZ d'un pare feu ? Les postes de cette zone sont-ils protégés ? **Justifier** la réponse.

Question G.3.3 **Justifier** la place du serveur web www.leviaducmillau.com dans la zone DMZ. Peut-on placer le serveur DHCP dans la zone DMZ ? **Justifier** la réponse.

Le site de Millau est relié au réseau internet via un routeur Cisco. Ce routeur échange les informations avec d'autres routeurs en utilisant les protocoles de routage,

Question G.3.4 Citer au moins deux protocoles de routage dynamique utilisés par les routeurs de l'internet.