

**BTS INFORMATIQUE ET RÉSEAUX  
POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES**

**Session 2010  
ÉPREUVE E.4  
Étude d'un Système Informatisé**

**AIDE À L'EXPLOITATION D'UN TRAMWAY  
ET INFORMATION DES VOYAGEURS**

**SUJET**

Durée : 6h00 - Coefficient : 5  
« Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre  
1999) »  
Aucun document autorisé

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

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

Une réponse ne doit être justifiée que si la question le demande.

Pour des raisons de confidentialité certaines informations industrielles ont été  
modifiées.

**Temps conseillés et barèmes indicatifs :**

<b>A. PRÉSENTATION DU SYSTÈME</b>	30 mn
<b>B. ANALYSE DU CONTEXTE</b>	60 mn 15 points
<b>C. ORGANISATION DES DONNÉES</b>	15 mn 5 points
<b>D. CONCEPTION DU SYSTÈME EMBARQUÉ</b>	45 mn 15 points
<b>E. PROGRAMMATION DU SYSTÈME EMBARQUÉ</b>	80 mn 25 points
<b>F. INFORMATION STATION DES VOYAGEURS</b>	65 mn 20 points
<b>G. RÉSEAU MULTI SERVICE</b>	65 mn 20 points

<b>BTS INFORMATIQUE ET RÉSEAUX POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES</b>		
SESSION 2010	Étude d'un système informatisé	IRSES
Coefficient : 5	Présentation du support et Questions	Durée : 6 heures

## A. PRÉSENTATION DU SYSTÈME

### A.1 SOUS-SYSTÈMES OBJETS D'ÉTUDE



Le Système d'Exploitation du Tramway d'une grande ville française est constitué de nombreux sous-systèmes. Ceux qui font l'objet de cette étude sont :

- le **SAEIV** constitué par le Système d'Aide à l'Exploitation (**SAE**) et le Système d'Information Voyageur (**SIV**) ;
- le Réseau Multi Service (**RMS**).

Le Système d'Aide à l'Exploitation (**SAE**) désigne globalement un SAE Temps Différé (SAE-TD) et un SAE Temps réel (SAE-TR). C'est un système informatique implanté au Poste de Commande Centralisé (**PCC**), en liaison avec les Systèmes d'Exploitation Embarqués (**SEE**) des tramways et Systèmes d'Information Station (**SIV Station**) des stations.

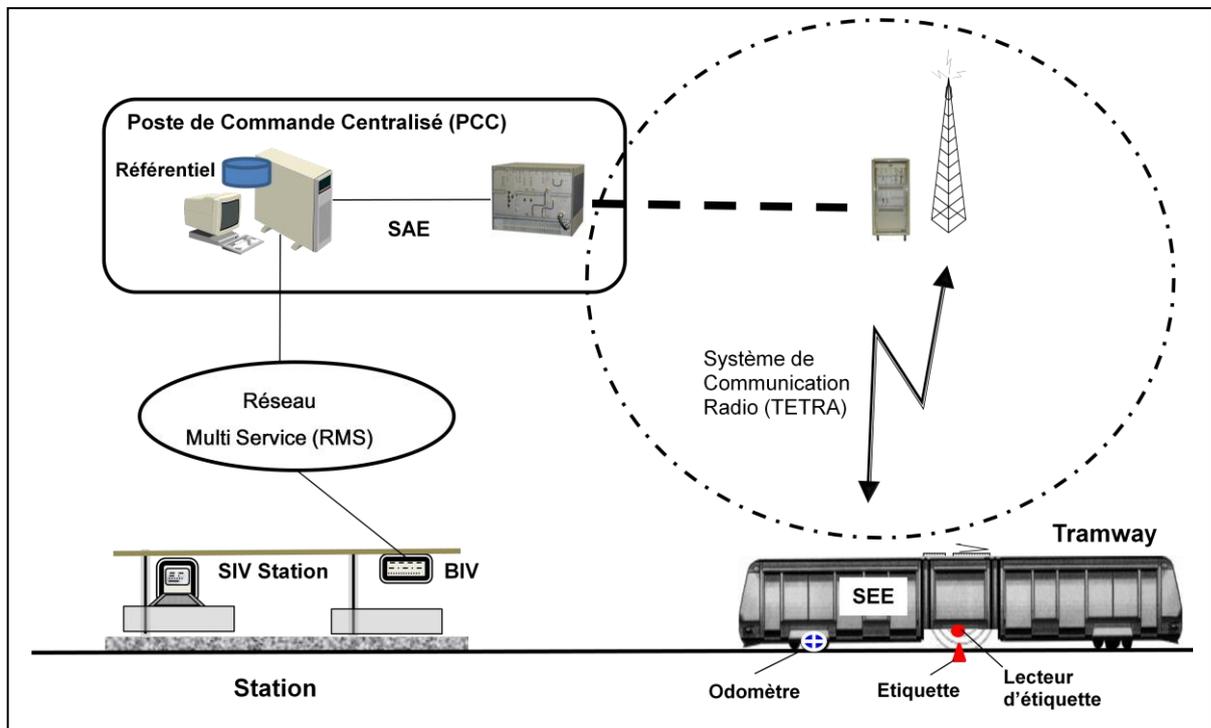


Figure 1 : Organisation du SAEIV et du RMS

Le **SAE** assiste le personnel exploitant (opérateurs du PCC et conducteurs) dans ses principales missions d'exploitation du réseau de tramway. Les fonctionnalités principales du **SAE** sont :

- l'élaboration du **référentiel** ;
- le transfert des données du référentiel vers un SEE ;
- la localisation centralisée des rames ;
- l'information des voyageurs aux stations et dans les rames ;
- la gestion billettique globale.

Le **référentiel** est un ensemble de données descriptives de l'exploitation du réseau (référentiel SAE). Ces données concernent :

- la description de la topologie du réseau : lignes, arrêts, chaînages des tronçons, étiquettes de recalage etc.
- la description des horaires : calendriers, services matériels etc.
- la description des ressources : conducteurs, véhicules etc.

Ces données sont mémorisées dans la base de données du serveur SAE-TD, et mises à disposition des différents sous-systèmes en fonction de leurs besoins.

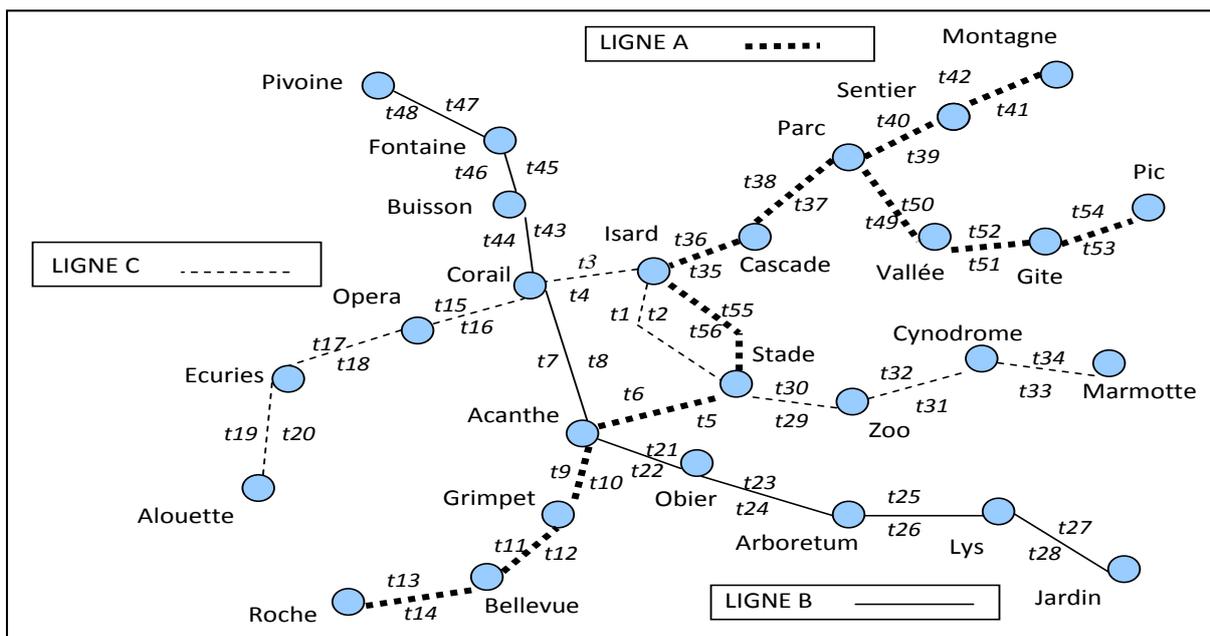


Figure 2 : Topologie du réseau du tramway

Le SAE-TD assure la fonction de **transfert des données du référentiel** :

- vers le serveur SAE-TR : données nécessaires aux sept journées d'exploitation suivantes transférées au serveur SAE-TR automatiquement chaque jour avant l'heure de début d'exploitation ;
- vers les SEE de chaque rame : données descriptives de la topologie et des horaires des prochains jours, préparées et transférées automatiquement tous les soirs.

La fonction de **localisation des rames** s'appuie sur les informations de localisation transmises par le SEE de chaque rame au SAE-TR en utilisant le réseau de radio-télécommunications TETRA. Elle permet de visualiser la position des rames de tramways sur les schémas synoptiques des lignes ferroviaires.

Pour l'**information des voyageurs** aux stations, le serveur de communication SCOM dialogue avec les Bornes d'Information Voyageur (BIV) des stations au travers d'un réseau TCP/IP pour transmettre les messages à diffuser dans chaque station.

Le Poste de Commande Centralisé (**PCC**) est composé :

- d'un système d'aide à l'exploitation en Temps Réel (**SAE-TR**) en relation avec le Système d'Exploitation Embarqué (**SEE**) de chaque rame ;
- d'un système d'aide à l'exploitation en Temps Différé (**SAE-TD**) en relation avec le Système d'Information Station (**SIV Station**) de chaque station de voyageurs ;
- d'un Système de COMMunication (**SCOM**) qui dialogue avec les Bornes d'Information Voyageur (BIV) du SIV d'une station ;
- d'un Système Radio Numérique (**TETRA**) qui permet de dialoguer avec le Système d'Exploitation Embarqué (**SEE**) de chaque rame de tramway.

Le Système d'Exploitation Embarqué (**SEE**) est composé :

- pour chacune des deux loges d'une rame :
  - d'une Unité Centrale Embarquée (UCE) qui intègre un écran/clavier ;
  - d'un Tiroir de Phonie Embarqué (TPE) ;
  - d'un contrôleur de feux qui permet de demander le passage au rouge des feux de signalisation des carrefours ;
- pour l'ensemble de la rame, d'un Système d'Information Voyageurs Tramway (**SIV Tramway**) formé :
  - d'un annonceur vocal ;
  - de divers dispositifs d'affichage de messages pour les utilisateurs.

Le Système d'Information Voyageur (SIV) désigne de façon commode les moyens d'information à destination des voyageurs en station et à bord des tramways.

Le **SIV** est composé :

- du Système d'Information Voyageur Station (**SIV Station**) qui gère les Bornes d'Information Voyageur (**BIV**) de chaque station ;
- du Système d'Information Voyageur Tramway (**SIV Tramway**) qui gère l'information des voyageurs à bord des tramways.

Les informations fournies portent principalement sur les destinations, les arrêts desservis par les rames, et les temps d'attente en station voyageur. La gestion du SIV est effectuée depuis le PCC. Cette gestion centrale dialogue avec des équipements informatiques en station via le Réseau Multi Service (**RMS**) essentiellement constitué d'un réseau filaire de communications TCP/IP et avec les équipements embarqués à bord des rames via le réseau radio numérique.

L'architecture détaillée du SAEIV, des BIV et d'un SEE est représentée en « **Annexe 1** : Schémas d'architecture du SAEIV ». Cette annexe comporte notamment le diagramme de nœud du SAEIV.

## A.2 SYSTÈME D'EXPLOITATION EMBARQUÉ (SEE)

Les fonctionnalités réalisées par le SEE sont :

- l'acquisition des référentiels en provenance du SAE;
- la localisation géographique des rames ;
- l'enregistrement et de transfert des données d'exploitation vers le SAE ;
- la communication avec le PCC (par radio et par téléphonie) ;
- l'information sonore et visuelle des voyageurs dans les rames ;
- la gestion billettique locale.

L'information de **localisation des rames** (état + position) est transmise au SAE-TR du PCC par l'UCE via le réseau radio numérique TETRA de façon cyclique.

L'**information des voyageurs** consiste en des annonces parlées et des affichages des stations, ainsi que des messages vocaux délivrés en inter phonie par le conducteur.

La **gestion de la billettique** permet de comptabiliser les tickets de transports validés.

## A.3 BORNE D'INFORMATION VOYAGEUR (BIV)

Le Système d'Information Voyageurs en Station (**SIV Station**) repose sur les Bornes d'Information Voyageur (**BIV**). Le système central du SIV au PCC réalise les fonctions :

- de **dialogue avec les équipements informatiques des BIV** en stations via le réseau TCP/IP ;
- d'**affichage de messages** à destination des voyageurs.

Le sous-système Borne d'Information Voyageur (BIV) est un des composants du Système d'Information Voyageurs (**SIV**).

Il est installé dans chaque station constituant les points d'arrêts du réseau de tramway. Sa fonction principale est de renseigner l'utilisateur sur les conditions de desserte des véhicules. En pratique, les informations diffusées sont la destination, le temps d'attente pour le prochain tramway, l'heure et des informations commerciales du réseau.

Chaque quai de station est équipé de deux afficheurs permettant l'affichage de 4 lignes de 40 caractères, de hauteur 33 mm. La hauteur des caractères et le réglage de la luminosité permettent une bonne lisibilité de jour comme de nuit à une distance de 20 mètres environ.

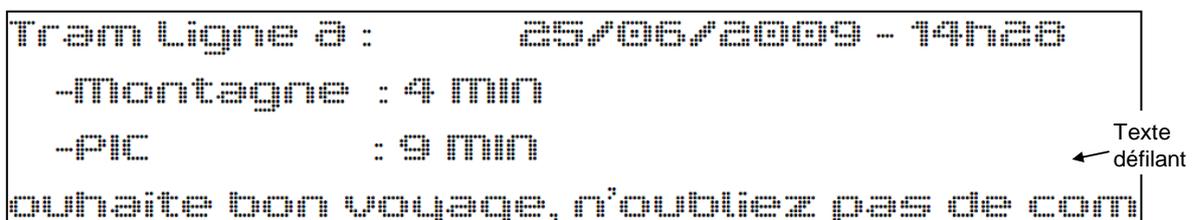


Figure 3 : Exemple d'affichage

Le pilotage des BIV s'effectue depuis un poste opérateur situé dans la salle du Poste de Commande Centralisé (PCC). L'information transite ainsi depuis le sous-système SAE-TR jusqu'aux BIV via le serveur de communication (SCOM), et le réseau multiservice (RMS).

En station, elle est restituée aux BIV à travers une passerelle ModBusTCP / ModBusRTU avec une liaison série RS485.

En cas de rupture de liaison avec le serveur central, une situation de repli permet d'afficher un message fixe et configurable.

## B. ANALYSE DU CONTEXTE

### B.1. Topologie du réseau du tramway

Document à consulter : « **Annexe 2** : Topologie et référentiel SAE »  
Réponses à inscrire dans le Document réponse.

La topologie du réseau du tramway décrit les lignes de circulation des tramways, les tronçons, les voies et les arrêts, ou stations, qui les composent.

**Question B1.1.** Répondre, dans le document réponse, aux questions sur la topologie du réseau du tramway, en cochant pour chaque question la case « Oui » ou « Non ».

**Question B1.2.** Quel est le sens du parcours BUISSON-ACANTHE ( ID\_Parcours = 9 ) ?

**Question B1.3.** A quoi sert le champ « ordre » dans la table DESSERT, donner l' exemple pour PIVOINE-BUISSON ( ID\_Parcours = 12 ) ?

**Question B1.4.** En vous basant sur les parcours « ID\_Parcours 4 » et « ID\_Parcours 13 » compléter la table DESSERT « ID\_Parcours 15 ».

### B.2. Système d'Exploitation Embarqué (SEE)

Documents à consulter : « **Annexe 3** : Boîtier odomètre».  
Réponses à inscrire dans le Document réponse.

L'une des principales fonctionnalités du SEE est la localisation géographique des rames de tramway.

Il utilise pour cela un boîtier odométrique pour calculer la position odométrique (voir Annexe 3) et un lecteur d'étiquette (voir Annexe 4) pour lire les étiquettes fixées sur les voies et identifier la position absolue d'un tramway.

Pour calculer la position odométrique, le boîtier odométrique est interfacé avec un capteur à effet Hall qui permet de détecter la rotation d'une roue crénelée (Annexe 3).

**Question B2.1.** Le système permettant de détecter la rotation (capteur + roue crénelée) peut-il être assimilé à un codeur incrémental ou un codeur absolu (justifier votre réponse) ?

La roue odométrique comporte 64 créneaux.  
Le diamètre de la roue d'un tramway est de 0,6 m.

**Question B2.2.** Calculer la distance parcourue par le tramway entre deux impulsions générées par le capteur à effet Hall.

Le calcul de la position odométrique est effectué par comptage des impulsions sur un compteur 32 bits.

**Question B2.3.** Sachant que le compteur 32 bits représente une valeur signée, donner les positions odométriques extrêmes (en m) que peut calculer le boîtier odométrique.

*B.3. Borne d'Information Voyageurs (BIV)*

Document à consulter : « **Annexe 7** : Afficheur SX502 »  
Réponses à inscrire dans le Document Réponse.

**Question B3.1.** Justifier le choix de l'afficheur SX502 – 440/03/ 2R/131/5A – M0 (Annexe 7).

**Question B3.2.** Déterminer les fontes de caractères pouvant être utilisées.

## C. ORGANISATION DES DONNÉES

Document à consulter : « **Annexe 2** : Topologie et référentiel SAE »  
Réponses à inscrire dans le Document réponse.

Le SAE transfère uniquement la partie utile du référentiel à chaque SEE.  
A cette fin, il utilise un format d'échange basé sur le langage XML.

Le codage en langage XML découle directement du modèle conceptuel des données et de la représentation tabulaire.

Pour passer du modèle conceptuel des données au format XML, on adopte les règles de codage suivantes :

1. Chaque instance de classe est codée par un élément XML du nom de la classe
2. Chaque donnée membre monovaluée est codée par un attribut XML
3. Pour une donnée multivaluée ou pour un ensemble de plusieurs instances d'une classe, on crée un élément XML conteneur (ex : *liste\_arrets*)

### Encadré 1 : règles de codage en XML

Les règles de codage des relations ne sont pas décrites ici.

Le tableau ci-après est un extrait de ce fichier (les points de suspension « ... » indiquent les sections manquantes) :

```
1 <?xml version='1.0' encoding='ISO-8859-1?>
2 <!DOCTYPE tram_sae_refembarque SYSTEM "tram_sae_refembarque.DTD">
3 <référentiel_Embarque>
4
5 <liste_arrets>
6 <arret id_arret='1' nom='montagne' />
7 ...
8 <arret id_arret='3' nom='parc' />
9 <arret id_arret='4' nom='pic' />
10 <arret id_arret='5' nom='gite' />
11 <arret id_arret='6' nom='vallee' />
12 <arret id_arret='7' nom='cascade' />
13 ...
14 </liste_arrets>
15 <liste_parcours>
16 ...
17 <Parcours ID_Parcour = '3' sens='aller' nom='montagne-Cascade'
18 destination='roche' id_ligne='97' voie='66'>
19 <liste_dessert>
20 <dessert id_arret='1'ordre='1' />
21 <dessert id_arret='2'ordre='2' />
22 <dessert id_arret='3'ordre='3' />
23 <dessert id_arret='7'ordre='4' />
24 </liste_dessert>
25 </Parcours >
26 ...
27 </liste_parcours >
28 ...
29 </référentiel_Embarque >
```

Tableau 1 : extrait du fichier d'échange XML du référentiel embarqué

**Question C1.1.** Dans la liste des arrêts, l'arrêt 2 est manquant. Coder la balise « arret » correspondante.

**Question C1.2.** Quel est l'élément racine du fichier XML fourni ?

**Question C1.3.** En vous aidant de la table « LIGNE » présentée dans l'Annexe 2 : « Topologie et référentiel SAE », proposer un codage XML de la classe « LIGNE » qui respecte les règles de l'encadré 1 : Règles de codage en XML du sujet.

## D. CONCEPTION DU SYSTÈME EMBARQUÉ

### D.1. Fonctionnement général de la localisation

La **localisation des rames** d'un tramway est réalisée en exploitant les données suivantes :

- La description des itinéraires à parcourir fournie à l'UCE sous la forme d'un ensemble de fichiers (référentiel) décrivant : ces itinéraires sous la forme d'une liste ordonnée de points décrivant pour chacun d'entre eux la distance curviligne qui le sépare du point suivant, la description de la position des étiquettes sur les voies.
- Les positions absolues fournies par un dispositif constitué : d'étiquettes fixées sur les voies et d'un lecteur d'étiquettes installé sous la rame. Lors du passage de la rame au dessus d'une étiquette, un échange s'établit entre cette étiquette et le lecteur, permettant à celui-ci d'acquérir l'identification de l'étiquette et de la transmettre à l'UCE. Ces informations permettent le recalage de la position absolue du véhicule sur son itinéraire.
- La position relative fournie par un odomètre, fixé sur un axe de roue motrice du tramway et qui délivre une impulsion par fraction de tour de roue effectuée.
- La position absolue identifiant la position du véhicule dans un référentiel défini dans le parcours à réaliser.
- La distance parcourue, calculée par l'UCE à partir des informations fournies par l'odomètre. Le capteur de l'odomètre délivre une impulsion chaque fois qu'une fraction de tour de roue est effectuée. La distance parcourue s'en déduit en multipliant le nombre d'impulsions reçues par un facteur de conversion. Ce facteur de conversion est déterminé à la mise en service de chaque véhicule et fait partie du référentiel embarqué.
- Les recalages des localisations absolues par étiquette ou sur commande manuelle de recalage provenant du pupitre du conducteur qui permet de recalibrer la localisation.
- Les informations de détection de loge active, ouverture de portes et sens de marche sont délivrées par un Module d'Entrées/sorties Déportées (MESD) du matériel roulant.

Le calcul de la localisation est réalisé par l'UCE toutes les secondes.

### D.2. Conception générale du SEE

Le démarrage à froid du SEE consiste à réaliser :

- les tests internes du SEE ;
- le contrôle de la configuration du SEE ;
- le contrôle des périphériques ;
- le démarrage de l'interface conducteur du pupitre de la loge active (M1 ou M2) ;
- le démarrage des applicatifs de localisation ;
- le démarrage de la billettique.

Le conducteur peut communiquer avec le PCC à l'aide d'un téléphone portable et informer les voyageurs en direct par interphonie même si le SEE n'est pas démarré.

Le diagramme de cas d'utilisation de la Figure 4 suivante présente les principales fonctionnalités du SEE.

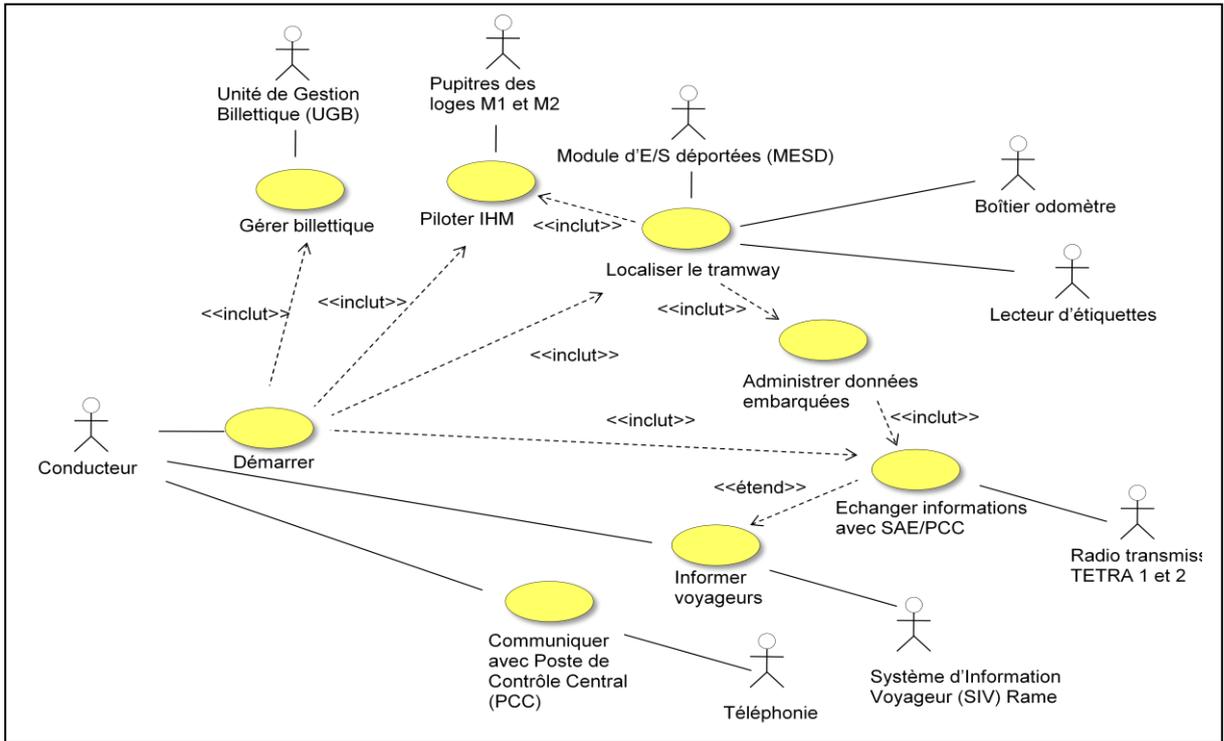


Figure 4 : Diagramme de cas d'utilisation du SEE

Le diagramme de la Figure 5 suivante représente un extrait du Diagramme des classes du SEE.

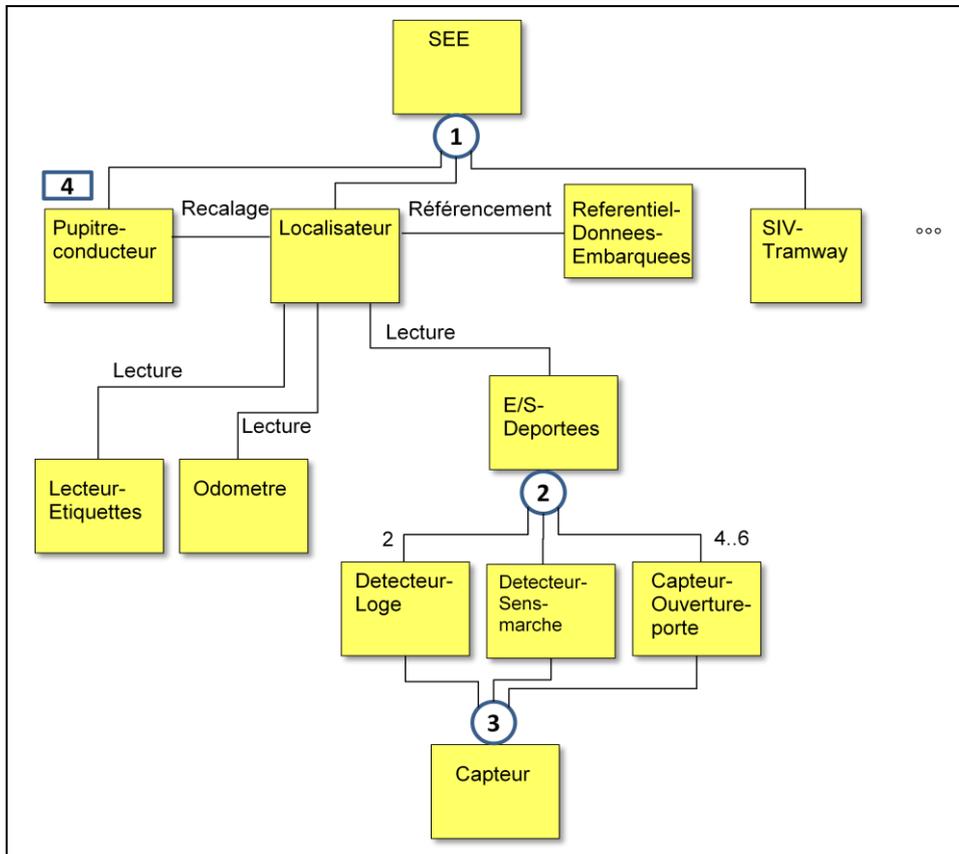


Figure 5 : Extrait du diagramme des classes du SEE

**Question D2.1.** Quelle est la différence entre « inclut » et « étend » dans le diagramme de cas d'utilisation de la Figure 4 ?

**Question D2.2.** Compléter, dans le document réponse, les types de relations de 1 à 3 entre classes et la cardinalité en 4 du Diagramme des classes de la figure 5. Consulter pour cela l'Annexe 1.

Les **états d'un tramway** en service et par rapport à une ligne sont :

- **en terminus départ** : cas où le véhicule est localisé comme étant présent au terminus départ d'un parcours en ligne,
- **en entrée de station** voyageur sur chaque voie (passage sur étiquette Amont),
- **en ligne** (croisière) : cas nominal (usuel) où la position calculée par l'UCE correspond à un point de l'itinéraire d'un parcours en ligne prévu,
- **en sortie de station** voyageur sur chaque voie (passage sur étiquette Aval),
- en terminus arrivée : cas où le véhicule est localisé comme étant présent au terminus arrivée d'un parcours en ligne,
- **hors ligne** : cas dégradé où le véhicule est en service mais n'est plus localisé par étiquette sur son parcours : il est localisé en position odométrique depuis la dernière étiquette reconnue,
- **en panne** : quand une étiquette n'est pas lue depuis 10 mn en régime de croisière, ou depuis 20 mn lors d'un arrêt.

L'information de localisation (état + position) est transmise au SAE-TR du PCC par l'UCE via le réseau radio numérique TETRA de façon périodique, toutes les 10 s, et sur **événement** (franchissement d'une étiquette, présence en station de voyageurs, étiquette non lue depuis longtemps, nouveau référencement etc.).

L'événement « **Étiquette non reconnue** » fait passer dans l'état « hors ligne ». Les événements « **Étiquette lue = Amont** » et « **Étiquette lue = Aval** » traduisent, respectivement, une entrée et une sortie de station, donc le passage à un arrêt. Les événements « **Étiquette lue = entrée terminus** » et « **Étiquette lue = sortie terminus** » traduisent, respectivement, une entrée de terminus arrivée et une sortie de terminus départ. L'événement « **Étiquette non lue depuis 10 min** » alors que le tramway roule ou « **Étiquette non lue depuis 20 min** » alors qu'il est à l'arrêt produisent un passage dans l'état « panne ».

Document à consulter : « **Annexe 5** : Spécifications avec UML de classes du SEE »  
Réponses à inscrire dans le Document Réponse.

La classe Localisateur gère l'ordonnancement des différents traitements de localisation en fonction des événements et des états d'un tramway. Cet ordonnancement est représenté par un diagramme d'état Figure 6.

**Question D2.3.** Relier par un trait, dans le document réponse, les événements, l'activité et les actions proposés avec les numéros correspondants de 1 à 6 du diagramme d'état de la Figure 6.

**Question D2.4.** Quels sont les objets et les fonctions membres qui réalisent les actions en sortie et les activités de l'état « En ligne » du diagramme d'état de la Figure 6 ?

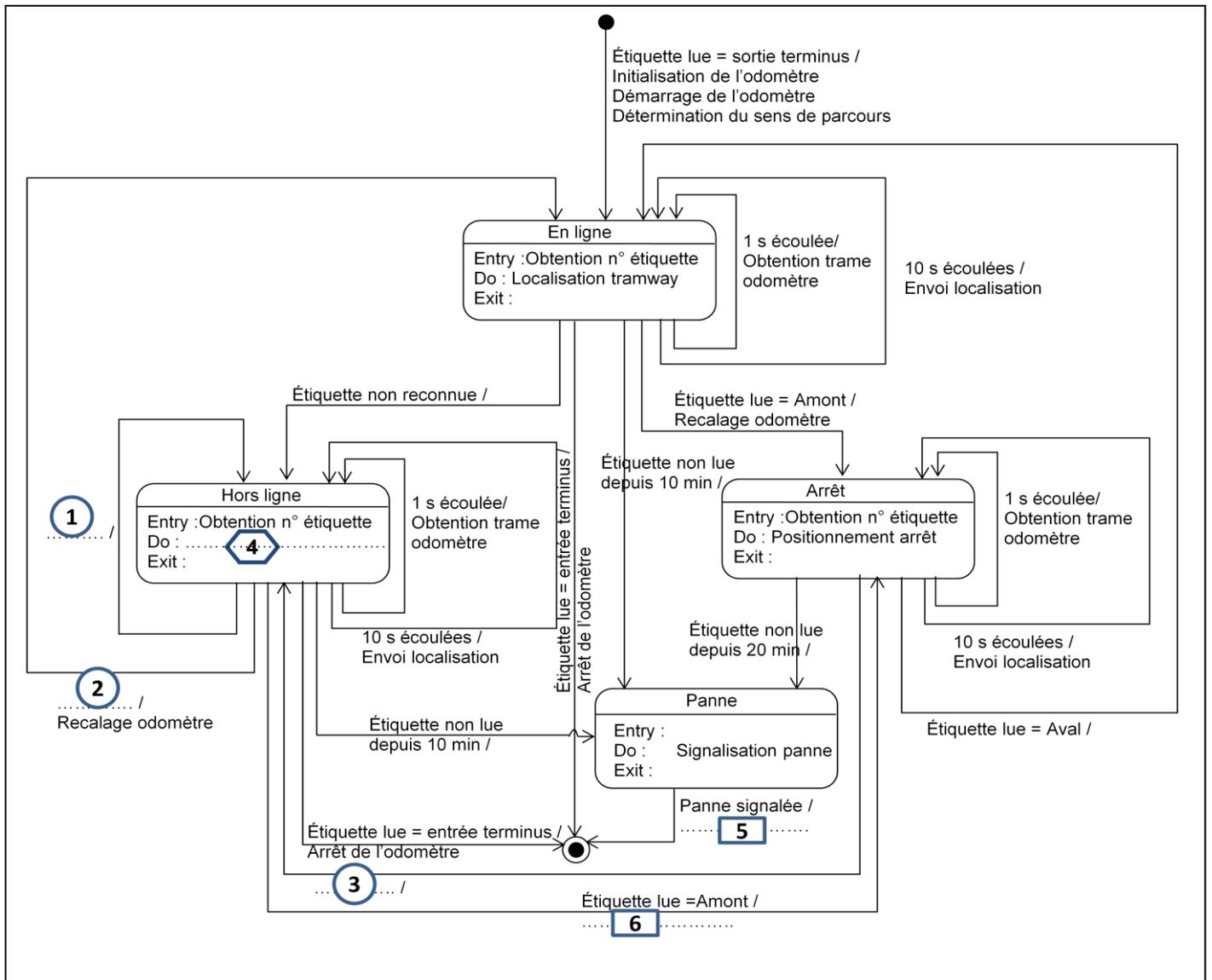


Figure 6 : Diagramme d'état de la localisation

**Question D 2.5.** Compléter la matrice Événement/État qui correspond au diagramme d'état Figure 6 et qui montre la transition qui s'opère quand un événement se produit lors d'un état donné.

## E. PROGRAMMATION DU SYSTÈME EMBARQUÉ

### E.1. Programmation de la classe Odomètre

En tête de la classe `Odometre` :

```
struct SDonneesOdometre
{
    float vitesseLineaire ;    // en m/s
    float positionOdometrique ; // en m
    int    tempsRoulage ;      // en s
    int    tempsImmobilisation ; // en s
};

class Odometre {
public :
    Odometre(CPortSerie *port, int diamRoue, short nbCren);
    ~Odometre();
    void Demarrer()    // met l'odometre en fonction
    void Arreter()     // met l'odometre hors fonction
    void Etalonner();  // étalonne le module odomètre
    void Recaler  () ; // recalage position
    void RAZ()       // remise à zéro pos odométrique et comptages
    void DelivrerDonneesOdo(SDonneesOdometre *) ;
private :
    // Données membres privées
    CPortSerie *serieBoitierOdo;
    char trameBrute[29]; // pour stocker la trame reçue du boîtier odomètre
    struct SDonneesOdometre donneesOdometre;
    short diametreRoue ;    // en mm
    short nbCreneaux ;
    // Fonctions membres privées
    void extraireDonneesOdo() ; // renseigne donneesOdometre
};
```

Document à consulter : « **Annexe 3** : Boîtier odomètre ».

Réponses à inscrire dans le Document réponses.

Le constructeur de la classe `Odometre` reçoit trois arguments :

- Un pointeur sur un objet de classe `CPortSerie`
- Le diamètre de la roue pour étalonner le boîtier odomètre
- Le nombre de créneaux pour étalonner le boîtier odomètre

Le constructeur doit :

- Renseigner les données membres privées avec les arguments fournis
- Ouvrir la liaison série
- Etalonner le module odomètre

La classe `Odometre` utilise une classe `CPortSerie` pour communiquer avec le boîtier odomètre. Cette classe `CPortSerie` possède une fonction membre `ouvrir()` permettant d'ouvrir et de configurer la liaison. Voici son prototype :

```
CPortSerie ::ouvrir(char *config) ;
```

config est une chaîne de caractères contenant les paramètres de la liaison. Pour notre application, une macro la définit ainsi :

```
#define _PORTSERIE_CFG "19200,8,1,N"
```

**Question E1.1.** Compléter dans le document réponses le constructeur de la classe Odometre.

La classe CPortSerie dispose d'une méthode RecevoirTrame(char \*trameRecue) qui permet de recevoir une trame du module odomètre.

**Question E1.2.** Ecrire dans le document réponses la ligne de code permettant à la classe Odometre de lire une trame du boîtier odomètre et de la placer dans la donnée membre privée trameBrute.

Pour faciliter l'exploitation de la trame trameBrute on utilise une série de macros donnant les indices des éléments contenus dans la trame brute :

```
#define I_STX 0 // indice du tableau où l'on trouve STX
#define I_VL 1 // indice du tableau où l'on trouve vitesseLineaire
etc...
```

**Question E1.3.** En vous aidant de l'annexe 3, compléter dans le document réponse cette série de « #define ».

La fonction membre extraireDonneesOdo() est chargée de remplir la structure privée donneesOdometre à partir des informations contenues dans trameBrute. Elle utilise atof() et atoi() pour renseigner les champs de la structure donneesOdometre à partir des chaînes contenues dans trameBrute.

Prototypes des fonctions atof() et atoi() :

```
// convertit une chaîne de caractères en un flottant double
float atof ( const char *str );
// convertit une chaîne de caractères en un entier
int atoi ( const char *str );
```

**Question E1.4.** Compléter dans le document réponses le code de la fonction membre void Odometre::extraireDonneesOdo ().

## E.2. Programmation de la classe LecteurEtiquettes

Document à consulter : « **Annexe 4** : Lecteur d'étiquettes Balogh »

Réponses à inscrire dans le document réponse.

En tête de la classe LecteurEtiquettes :

```
enum etatLecture_t
    {LECT_OK, ERR_TRAME, ERR_BALOGH, ERR_NOTAG, ERR_MSG, ERR_INIT};

class LecteurEtiquettes {
public:

    LecteurEtiquettes(char *cheminLiaisonBalogh);
    ~LecteurEtiquettes() ;
    etatLecture_t FournirNumeroEtiquette(
                                numeroEtiquette_t * pNumEtiquette,
                                time_t* pDateLecture = NULL);
private:
    // Données membres privées
    etatLecture_t      etatDerniereLecture;
    unsigned short     numeroEtiquette;
    time_t             dateLecture; // time_t = long
    fstream             liaisonBalogh;
    Thread*            pThreadRecevoirBalogh;
    // Fonctions membres privées
    unsigned short Char2NumeroEtiquette (char cfort, char cfaible);
    void RecevoirBalogh(); // Fournit les valeurs de
                                // etatDerniereLecture, et numeroEtiquette
                                //
    bool RecevoirTrame(char* tampon) ;
};
```

La fonction membre privée

`unsigned short Char2NumeroEtiquette (char cfort, char cfaible)`

fabrique un numéro d'étiquette, c'est à dire un mot de 16 bits, à partir des 2 caractères passés en arguments :

- `cfort` : octet de poids fort,
- `cfaible` : octet de poids faible,

et retourne ce numéro.

**Question E2.1.** Coder en C++ la fonction membre privée `Char2NumeroEtiquette`.

La fonction `bool RecevoirTrame(char* tampon)` est chargée d'analyser les octets reçus du lecteur Balogh, et de les stocker dans le tampon passé en paramètre.

Les octets sont reçus par le flux d'entrée `liaisonBalogh`, lequel a été ouvert en lecture lors de l'initialisation. Le format des trames Balogh est précisé dans l'annexe 4.

L'algorithme de la fonction membre privée `bool RecevoirTrame(char* tampon)` est le suivant :

- Recevoir le premier caractère depuis le flux `liaisonBalogh` et le placer dans le tampon.
- Si ce n'est pas un caractère STX (0x02), retourner `false` immédiatement.
- Recevoir les 6 caractères suivants et les placer dans le tampon.
- Calculer une somme de contrôle (checksum) à l'aide d'un « ou exclusif » bit à bit entre les 6 premiers caractères du tampon.
- Retourner `true` si la somme de contrôle est bonne, `false` sinon.

Remarque : Pour lire le flux d'entrée `liaisonBalogh` on peut utiliser :

- soit l'opérateur `>>`
- soit la fonction membre `istream::get ( char& c );`

**Question E2.2.** Coder en C++ la fonction membre privée `RecevoirTrame`

### E.3. Programmation multithread

Document à consulter : « **Annexe 5** : Spécifications avec UML de classes du SEE », « Annexe 6 : Noyau Temps Réel (NTR++) » .  
Réponses à inscrire dans le document réponse.

La réception des trames envoyées par le lecteur Balogh est assurée par un thread pointé par `pThreadRecevoirBalogh` (voir en-tête de la classe page précédente).

Ce thread est créé et lancé par le constructeur de la classe `LecteurEtiquettes`, et il exécute la fonction membre `RecevoirBalogh()` .

**Question E.3.1.** Compléter en C++ le constructeur de la classe `LecteurEtiquettes` de façon à lancer la fonction membre `RecevoirBalogh()` dans un thread pointé par `pThreadRecevoirBalogh` , avec une priorité par défaut.

Lorsqu'une étiquette est détectée avec succès, le thread qui exécute `RecevoirBalogh()` met à jour plusieurs données membres :

- `etatDerniereLecture` prend la valeur `LECT_OK`
- `numeroEtiquette` reçoit le numéro d'étiquette
- `dateLecture` reçoit la date de lecture du numéro d'étiquette (« timestamp »)

Parallèlement, la classe `Localisateur` possède un autre thread qui appelle la fonction `LecteurEtiquettes::FournirNumeroEtiquette()` pour lire les données de la dernière étiquette lue.

Ces 2 threads sont donc concurrents et accèdent aux mêmes données, l'un en écriture, l'autre en lecture.

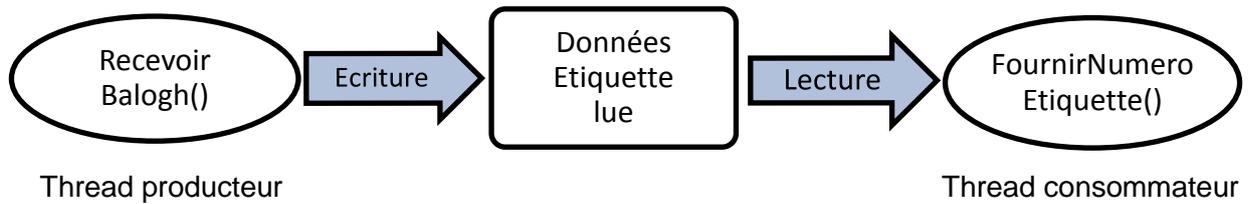


Figure 7 : Accès concurrents des threads aux données de l'étiquette lue

Le code ci-après est celui de la fonction `FournirNumeroEtiquette()` non protégé contre le risque d'accès concurrent :

```

etatLecture_t LecteurEtiquettes::FournirNumeroEtiquette(
    numeroEtiquette_t *pNumEtiquette,
    time_t *pDateLecture )
{
    etatLecture_t ret;
    ret = this->etatDerniereLecture;
    if (ret == LECT_OK ) {
        *pNumEtiquette = numeroEtiquette;
    }
    if (pDateLecture != NULL) *pDateLecture = dateLecture;
    return ret;
}
  
```

**Question E3.2.** Sur le code du document réponse, entourer la **section critique**.

Pour protéger la section critique, on décide d'implémenter un mécanisme d'**exclusion mutuelle**.

**Question E3.3.** Avec NTR++, quel type d'objet peut-on utiliser pour implémenter une exclusion mutuelle ?

**Question E3.4.** Indiquer la donnée membre privée qu'il faut ajouter à la classe `LecteurEtiquettes` pour implémenter cet objet.  
Ecrire les lignes de code à ajouter avant et après la section critique.

## F. INFORMATION STATION DES VOYAGEURS

### F.1. Etude de l'interconnexion des BIV

Documents à consulter : « **Annexe 7** : Afficheur SX502 », « **Annexe 8** : Modbus ». Réponses à inscrire dans le Document réponse.

Les messages à afficher sur les BIV sont élaborés depuis le Poste de Commande Centralisé et envoyés aux BIV sous forme de trame modbusTCP via le réseau RMS. Des passerelles ModbusTCP / Modbus RTU relaient ces messages aux BIV.

Le modèle des passerelles est : UDS1100IAP de la société Lantronix.

Le modèle des BIV est : SX502 de la société SIEBERT.

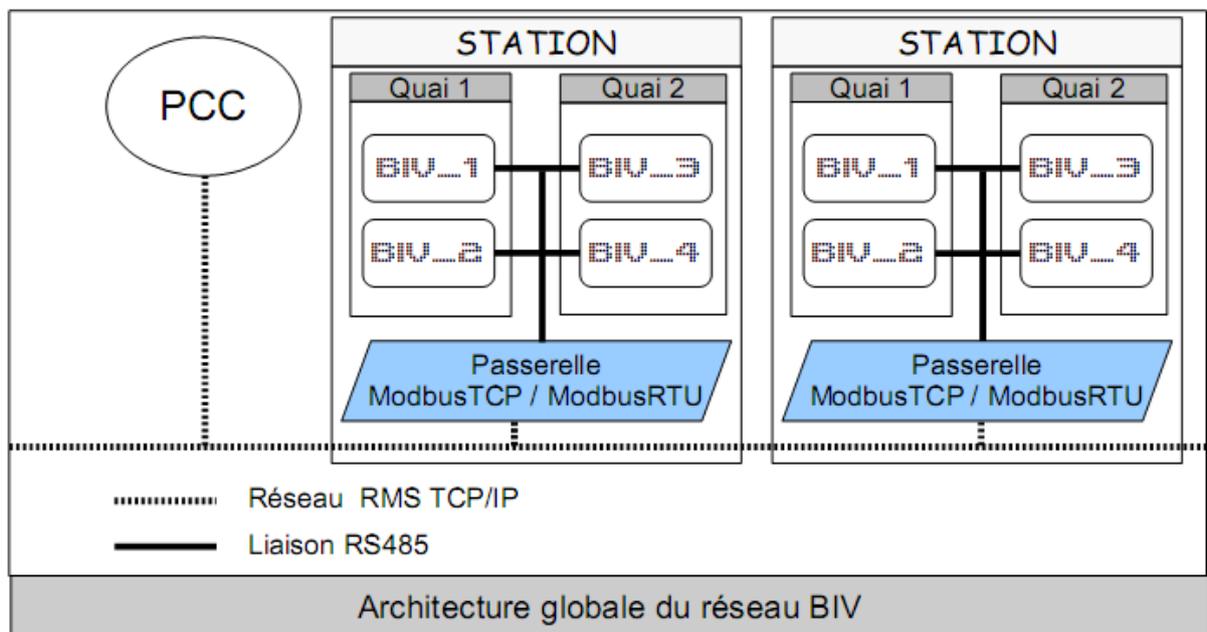


Figure 8 : Architecture globale du réseau SIV Station

**Question F1.1.** Donner le nombre et le type d'interfaces séries présentes sur les BIV (Voir Annexe 7).

**Question F1.2.** Justifier l'utilisation de la RS485 pour le raccordement des BIV.

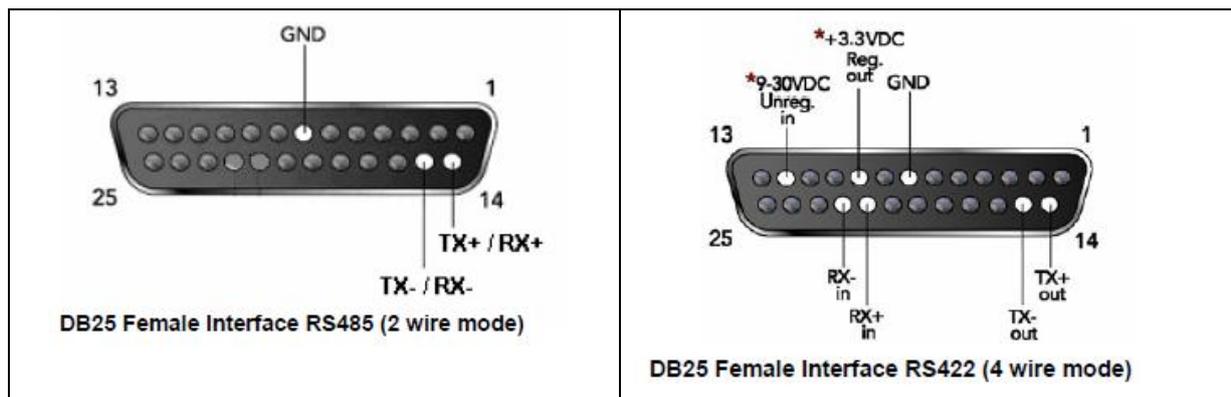


Figure 9 : Brochage du DB25 de la passerelle UDS1100IAP

Les BIV sont interconnectés à la passerelle ModbusTCP/ModbusRTU (UDS1100IAP) par une liaison RS485 deux fils.

**Question F1.3.** Compléter sur le schéma du document réponse l'interconnexion des BIV et de cette passerelle.

*F.2. Analyse des trames de commande des BIV*

**Question F2.1.** Quel est le principe de l'arbitrage maître / esclave utilisé par Modbus ?

**Question F2.2.** La passerelle ModbusTCP / ModbusRTU est-elle maître ou bien esclave sur le réseau RS485 des BIV (justifiez votre réponse) ?

Source	Destination	Protocol	Info
10.98.0.254	10.98.0.3	Modbus/TCP	query [ 1 pkt(s)]: trans:1; unit: 5, func: 16: Write Multiple Registers.
Ethernet II, Src: (00:16:d3:64:8e:14), Dst: (00:20:4a:b2:38:6c)			
Internet Protocol, Src: (10.98.0.254), Dst: (10.98.0.3)			
Transmission Control Protocol, Src Port: (30261), Dst Port: (502), Seq: 0, Ack: 0, Len: 65			
Modbus/TCP			
transaction identifier: 1			
protocol identifier: 0			
length: 59			
unit identifier: 5			
Modbus			
function 16: Write Multiple Registers			
reference number: 0			
word count: 26			
byte count: 52			
Data			
00 20 4a b2 38 6c 00 16 d3 64 8e 14 08 00 45 00	.	J.81...d....E.	
00 69 26 56 40 00 80 06 be 74 0a 62 00 fe 0a 62	.	i&V@....t.b...b	
00 03 76 35 01 f6 87 5a 7a 9b 04 2d 9a b8 50 18	.	v5...Zz...-...P.	
ff ff 16 20 00 00 00 01 00 00 00 3b 05 10 00 00	...	.....;....	
00 1a 34 24 46 31 24 4d 31 24 4c 30 34 49 6e 66	..	4\$F1\$M1\$L04Inf	
6f 72 6d 61 74 69 6f 6e 20 76 6f 79 61 67 65 75	ormation	voyageu	
72 20 3a 20 6c 69 67 6e 65 20 43 20 65 6e 20 70	r :	ligne C en p	
61 6e 6e 65 24 46 30	anne	\$F0	
----- ModbusTCP			
----- Modbus			

Tableau 2 : Capture d'une trame ModbusTCP

**Question F2.3.** Indiquer sur quel réseau cette trame a été capturée.

**Question F2.4.**

- Quel est le code fonction Modbus utilisé pour piloter l'afficheur (**Annexe7**) ?
- Donner sa signification.
- Quels sont les noms des champs de la requête Modbus associés à ce code fonction (**Annexe 8**)?

```
Tram Ligne 2 :      25/06/2009 - 14h28
  -Montagne : 4 min
  -PIC          : 9 min
ouhaite bon voyage, n'oubliez pas de com
```

Figure 10 : Exemple d'affichage

**Question F2.5.** Donner la commande à envoyer à l'afficheur permettant l'affichage de la 3ième ligne de l'exemple Figure 10 (**Annexe 7**)

Sur la capture de la trame Modbus TCP (Tableau 2), la partie Modbus TCP est soulignée en trait plein et la partie Modbus en trait pointillé

**Question F2.6.** Analyse de l'entête MBAP Header la trame Modbus TCP du tableau 2 :

- Trouver et donner dans l'entête ModbusTCP (MBAP Header, **Annexe 8**) le nom du champ qui contient l'adresse Modbus de l'afficheur.
- Donner l'adresse Modbus de l'afficheur qui va recevoir cette trame.

**Question F2.7.** Interpréter les 6 premiers octets de la requête Modbus contenus dans la trame ModbusTCP du tableau 2 : Capture d'une trame ModbusTCP.

**Question F2.8.** Extraire de la requête Modbus les commandes de manipulation de texte envoyées à l'afficheur (**Annexe 7**).

**Question F2.9.** Donner le résultat de cette commande en terme d'affichage sur le document réponse.

## G. RÉSEAU MULTI SERVICE (RMS)

Le réseau multiservice est chargé d'acheminer divers flux réseau, notamment :

- Téléphonie et interphonie
- Vidéosurveillance
- Information voyageurs
- Liaison entre PCC et automates (signalisation ferroviaire, énergie)
- GTC (gestion technique centralisée)
- Billettique

Le réseau multiservices (RMS) est basé sur une technologie de liaison de type Ethernet industriel.

Le câblage est organisé physiquement en boucles ou anneaux redondants. Au niveau logique, les boucles sont éliminées par un protocole de gestion de la redondance (hiper-ring).

Chaque station est équipée d'un commutateur (switch) Ethernet industriel.

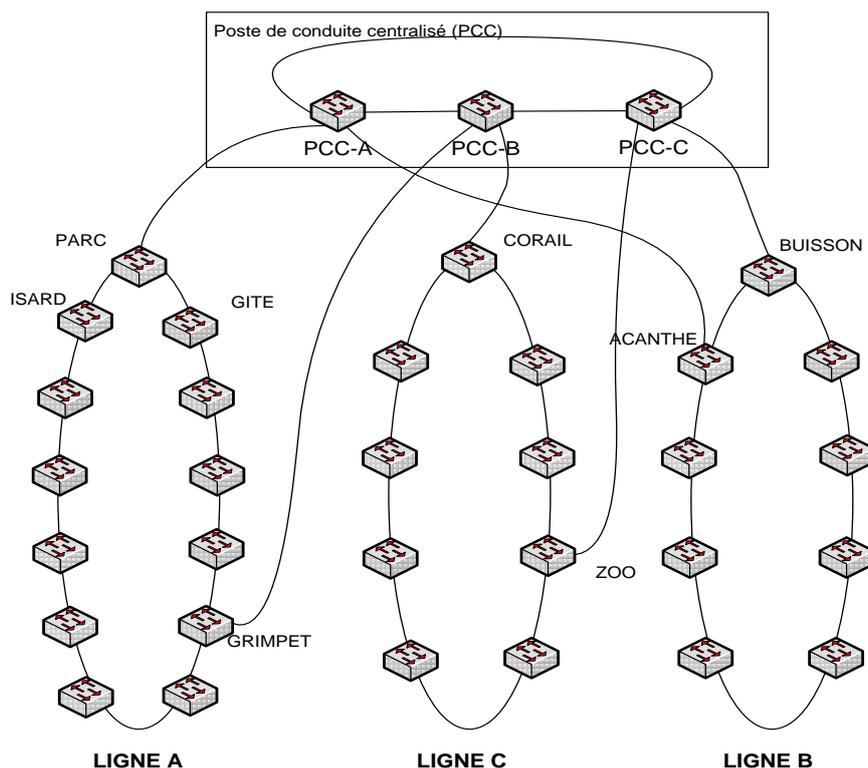


Figure 11 : Câblage du réseau multiservice

Les équipements sont répartis dans plusieurs VLANs Ethernet, chacun des VLANs étant associé à un sous-réseau IP.

L'ensemble des sous-réseaux IP est découpé dans le bloc d'adresses privées 10.0.0.0/8.

### G.1. Ethernet industriel

Document à consulter : « **Annexe 9** : Réseau Multi Service (RMS) »  
Réponses à inscrire dans le Document Réponse.

Ethernet industriel est une application de l'Ethernet commuté adapté aux exigences des applications industrielles. La première exigence est le **déterminisme**.

2 facteurs permettent de respecter l'exigence de déterminisme :

- l'abandon de la méthode d'accès CSMA/CD, au profit d'une autre méthode d'accès (full-duplex avec mécanisme de contrôle de flux en cas d'engorgement des tampons des commutateurs).
- la maîtrise du débit de données à la source, c'est à dire des débits de données émis par les différentes stations afin d'éviter l'engorgement du réseau.

**Question G.1.1.** Avec la méthode CSMA/CD, peut-on garantir le temps d'accès au support et le délai d'émission complète d'une trame ? Justifier la réponse.

Une deuxième exigence des réseaux industriels est la **tolérance aux pannes** d'équipements ou aux coupures de liaisons. Le réseau multiservices du tramway utilise des liaisons Ethernet redondantes afin d'assurer la continuité du service en cas de défaillance d'une liaison ou d'un équipement.

En fonctionnement normal, les **liaisons redondantes** sont **désactivées** de façon **éliminer les boucles**, lesquelles sont incompatibles avec la topologie d'un réseau Ethernet commuté.

Si une liaison est accidentellement interrompue ou qu'un équipement devient hors service, une liaison redondante est automatiquement réactivée pour rétablir le chemin manquant.

**Question G.1.2.** Quelle est la topologie **physique** :

- a) d'un réseau Ethernet sur câble coaxial ?
- b) d'un réseau Ethernet sur paires torsadées et fibres optiques, comportant plusieurs commutateurs ?

**Question G.1.3.** Sur le schéma de câblage du réseau multiservice, sur le document réponse :

- Marquer d'une croix (X) les liaisons redondantes à désactiver en fonctionnement normal (la topologie résultante doit être compatible avec un réseau Ethernet commuté normal).
- Indiquer le nombre total de liaisons désactivées.

### G.2. Etude de la volumétrie

Chaque station de tramway génère des flux entrants et sortants impliquant des besoins en bande passante réseau.

Le besoin en bande passante est le rapport de la quantité de bits occupés (en émission ou en réception sur le support de transmission) sur la période de référence. La période de référence est ici de 1 seconde.

Les communications téléphoniques et les messages de sonorisation sont transportés par le réseau multiservice en utilisant la technologie de Voix sur IP (VoIP).

En VoIP, le signal sonore est numérisé et traité par un CODEC. Les échantillons issus du CODEC sont regroupés en paquets, et les paquets sont transmis périodiquement (toutes les 10 à 30ms selon la configuration choisie) via le protocole RTP (realtime transport protocol).

On cherche à déterminer le besoin en bande passante Ethernet selon le CODEC utilisé.

Pour cela, il est nécessaire de calculer le nombre total de bits occupés sur le support de transmission. Cela comprend les bits d'information transmis mais aussi le préambule et la période de silence imposée entre 2 trames (IFG = InterFrame Gap).

**Question G.2.1.** En se reportant à « **Annexe 9** : Réseau Multi Service (RMS) », Compléter le tableau du document réponses.

Chaque station est équipée de 4 à 6 caméras de vidéosurveillance. Ces caméras sont des caméras IP qui encodent le flux vidéo avec un codec H264. Chaque caméra produit sur sa sortie Ethernet un flux sortant de 250kbits/s. Le flux entrant d'une caméra, pour les données de contrôle, est de 10kbit/s.

Un serveur d'enregistrement vidéo, situé au PCC, reçoit les flux vidéo de l'ensemble des caméras. Le serveur d'enregistrement est raccordé au réseau par une liaison **Ethernet 100BASE-TX full duplex**.

Pour conserver une marge de sécurité, on limite le débit maximal exploitable à **75% du débit nominal** de liaison.

**Question G.2.2.** Combien de caméras cette liaison permet-elle de traiter au maximum (détailler le calcul) ?

On envisage de diffuser une chaîne de TV dédiée « TV TRAM » sur une trentaine de bornes situées aux points d'attente en stations. Cette chaîne serait diffusée en protocole RTSP (realtime streaming protocol) sur une adresse IP multicast

**Question G.2.3.** Justifier le choix du multicast par rapport à l'unicast pour cette application.

### G.3. Câblage – choix du support

**Question G.3.1.** Choisir les types de câbles et les normes Ethernet adaptés à chaque liaison.  
Compléter le tableau du document réponses (consulter « **Annexe 9** : Réseau Multi Service (RMS) »).

#### G.4. Plan d'adressage IP

L'ensemble des adresses IP utilisées dans le réseau multiservice est contenu dans le bloc d'adresses privées 10.0.0.0/255.0.0.0 .

Ce bloc d'adresses est découpé en sous-réseaux ayant tous un masque 255.255.0.0

**Question G.4.1.** Avec le masque 255.255.0.0, combien peut-on créer de sous-réseaux dans le bloc d'adresses 10.0.0.0/255.0.0.0 (justifier la réponse) ?  
Combien y a-t-il d'adresses IP utilisables dans chaque sous-réseau ?

On doit affecter un numéro à 4 sous-réseaux. Ces sous-réseaux sont choisis librement parmi tous les sous-réseaux possibles avec le masque défini précédemment.

**Question G.4.2.** Compléter le tableau du document réponses en respectant le plan d'adressage préconisé.