AGREGATION D'INFORMATIQUE – Session 2000

Admissibilité

Epreuve d'application
Option : Informatique des systèmes industriels

GESTION INFORMATISEE D'UNE STATION DE PEAGE D'AUTOROUTE

A/ PRESENTATION

1. Introduction

L'étude proposée porte sur l'informatisation d'une station de péage d'autoroute appartenant à une société d'autoroutes qui exploite un ensemble de stations réparties sur le territoire et connectées à un système de gestion centralisé.

1.1 Description du fonctionnement général

Chaque station de péage comprend quatre voies à péage manuel et deux voies rapides à télé-péage (voies 1 et 6, voir figure 1). Une signalisation placée bien en amont de la station de péage indique aux automobilistes le type de chaque voie.

Les automobilistes qui passent fréquemment par cette station de péage ont la possibilité de s'abonner au système de télé-péage. Pour cela, chaque abonné se voit attribuer une balise émettrice munie d'un code qui sera fixée sur le pare-brise de sa voiture. Dès l'entrée dans la voie rapide, un émetteur-récepteur radio lit le code de l'abonné. Si toutes les conditions d'utilisation de la voie rapide sont réunies, l'automobiliste est autorisé à l'utiliser, sinon il est dirigé par des panneaux de signalisation vers une voie à péage manuel.

Les droits de passage de chaque automobiliste abonné sont comptabilisés par un système de gestion central qui édite à la fin de chaque mois la facture à envoyer à l'abonné.

Les automobilistes non abonnés doivent utiliser les voies à péage manuel. Chacune de ces voies est équipée d'un poste de péage géré par un opérateur qui encaisse le droit de passage et commande l'ouverture de la barrière.

Les opérateurs possèdent chacun une carte magnétique qui leur permet de s'identifier à chaque début de service. A la fin de son service, l'opérateur remet les droits de passage encaissés à l'agent responsable de la station.

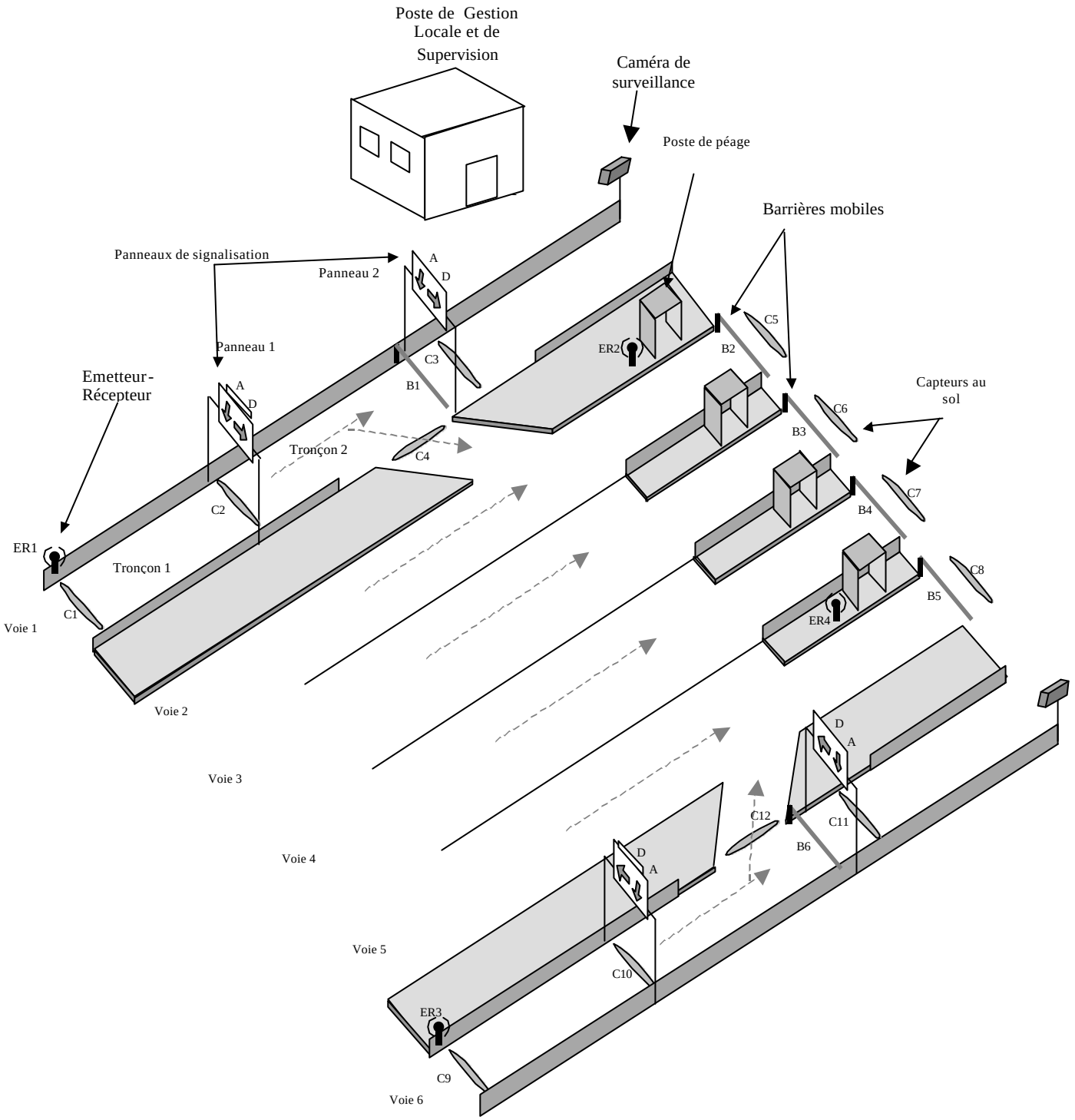


Figure 1 – Schéma d'ensemble de la station de péage d'autoroute

1.2 Description du système de traitement de l'information

Le système de traitement de l'information de la société d'autoroute comprend :

- une partie centralisée : le système de gestion central (SGC) implanté sur un micro-ordinateur et qui gère les données de la société (abonnés, employés,…).

- une partie délocalisée dans chaque site de station de péage comprenant :

  - des sous-systèmes de commande des voies rapides (SSCVR), implantés sur des cartes à micro-contrôleur,
  - des sous-systèmes de commande des voies à péage manuel (SSCVM), implantés sur des cartes à micro-contrôleur,
  - un sous-système de gestion locale et de supervision (SSGLS) implanté sur un micro-ordinateur.

  L'ensemble est interconnecté à l'aide d'un bus local industriel de type CAN (voir figure 2).

Les différents SSGLS (relatifs aux différentes station de péage de la société d'autoroute) sont connectés au système de gestion central par des liaisons longues distances.

Les informations relatives aux abonnés, aux employés et aux stations sont stockées dans une base de données implantée sur le système de gestion central. Pour accélérer les traitements, une image de cette base actualisée en permanence est implantée sur les différents sous-systèmes de gestion locale et de supervision.

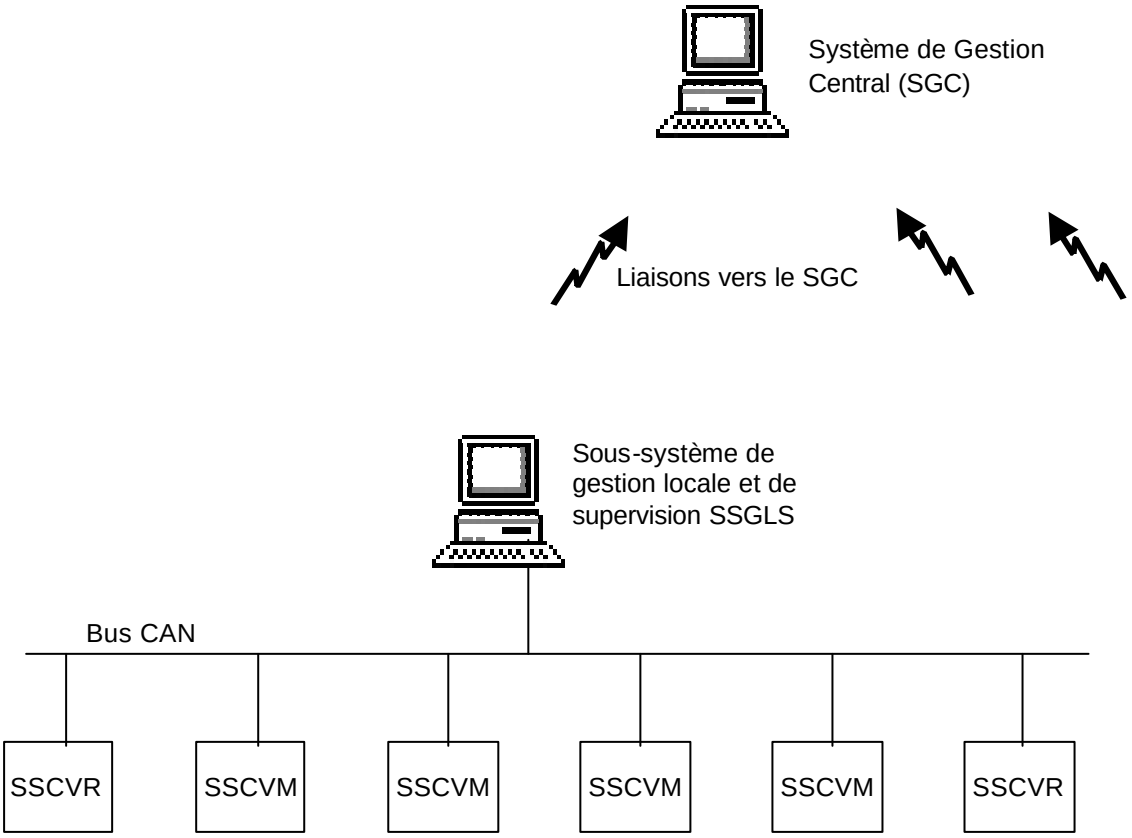


Figure 2 – Système de traitement de l'information

L'étude portera sur le sous-système de commande de la voie rapide, la communication par bus local industriel CAN et la base de données.

2 Etude du sous-système de commande d'une voie rapide

Les deux voies rapides 1 et 6 ont un fonctionnement identique. Seule la voie 1 sera décrite dans la suite (voir figure 3).

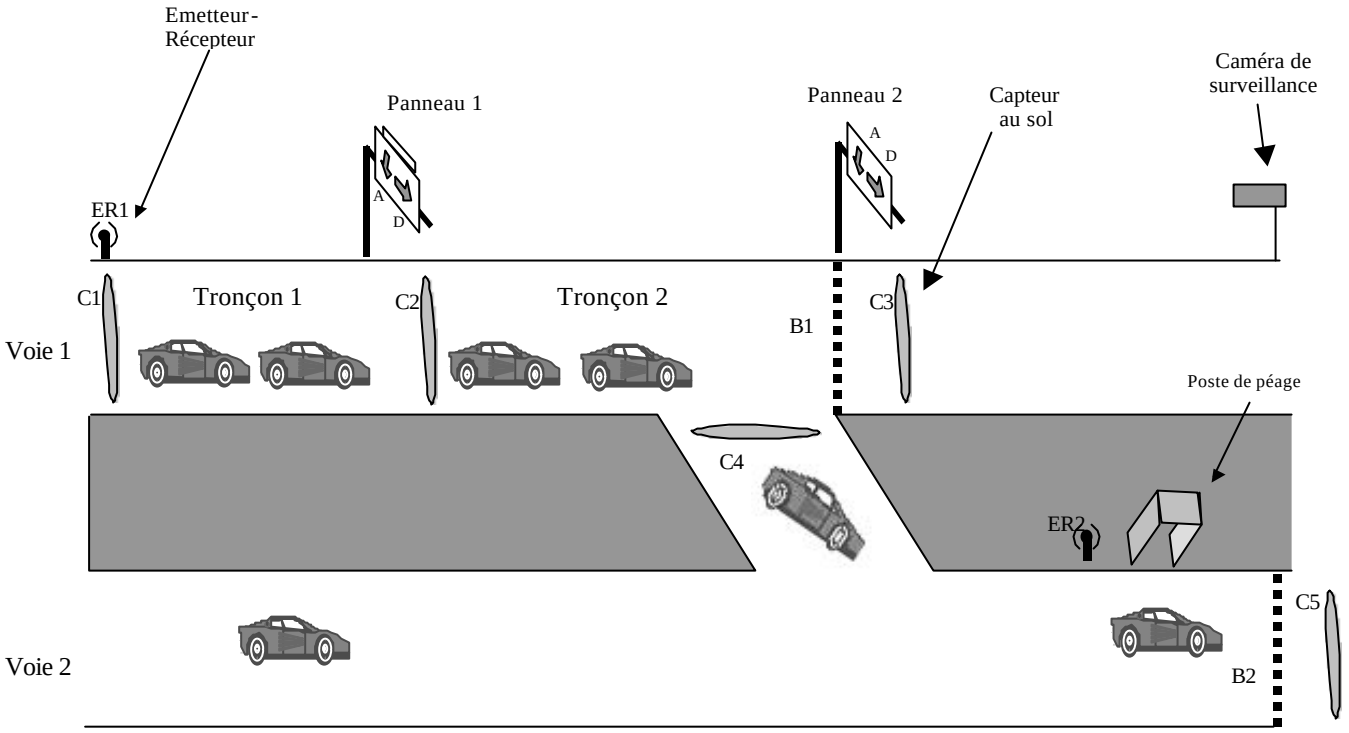


figure 3 – Description schématique des voies 1 et 2

2.1 Description d'une voie rapide

La voie rapide 1 comprend :

- un émetteur-récepteur ER1 permettant la lecture du code de l'abonné,
- un émetteur-récepteur ER2, situé sur la voie adjacente, permettant la lecture du code d'un abonné dévié,
- 4 capteurs au sol pour la détection des voitures (C1, C2, C3, C4),
- une barrière mobile B1 équipée d'un capteur infrarouge de sécurité signalant la présence d'un obstacle sous la barrière,
- 2 panneaux de signalisation comportant chacun deux flèches bicolores (vertes et rouges) "A" (autorisation) et "D" (Déviation). Le panneau 1 comporte en plus un signal lumineux "Ralentir",
- une caméra de surveillance connectée à travers une carte d'acquisition au sous-système de gestion locale et de supervision.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des capteurs et actionneurs gérés par le sous-système de commande d'une voie rapide.

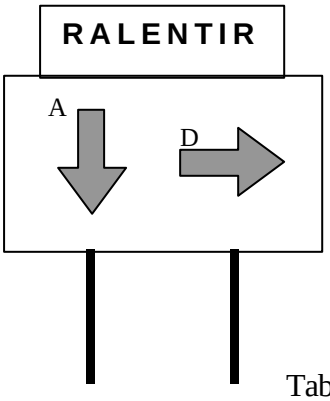
Dénomination	Variable associée	Information associée à la variable
Emetteur-récepteur ER1	Code1	Code lu par ER1
Emetteur-récepteur ER2	Code2	Code lu par ER2
Capteur au sol C1	C1	Passage d'une voiture sur C1
Capteur au sol C2	C2	Passage d'une voiture sur C2
Capteur au sol C3	C3	Passage d'une voiture sur C3
Capteur au sol C4	C4	Passage d'une voiture sur C4
Capteur infra rouge	CIR	Passage d'une voiture sous la barrière B1

Tableau 1-a – Capteurs

Elément commandé	Variable associée	Information associée à la variable
Barrière mobile B1	B1-Ouvrir	Ouvre la barrière B1
	B1-Fermer	Ferme la barrière B1
Panneau 1	A1V	Flèche "A" en vert
	A1R	Flèche "A" en rouge
	D1V	Flèche "D" en vert
	D1R	Flèche "D" en rouge
Panneau 2	A2V	Flèche "A" en vert
	A2R	Flèche "A" en rouge
	D2V	Flèche "D" en vert
	D2R	Flèche "D" en rouge
Afficheur "Ralentir"	Ralentir-On	Affiche le signal "Ralentir"
	Ralentir-Off	Eteint le signal "Ralentir"
Carte acquisition Vidéo	Dec_Saisie_Image	Déclenche la saisie d'une image par la carte d'acquisition
Alarme	Alarme	Déclenche une alarme vers le SSGLS
SSCVM	Ouverture_BA	Demande d'ouverture de la barrière envoyée au SSCVM de la voie adjacente

Tableau 1-b – Actionneurs

Les différentes combinaisons d'allumage des flèches "A" et "D" ont chacune une signification précise pour l'automobiliste qui rentre dans la voie rapide.



Couleur flèche "A"	Couleur flèche "D"	Signification
Rouge	Rouge	Voie rapide fermée (hors service)
Vert	Vert	Etat initial, la voie est libre et le système est opérationnel
Vert	Rouge	Voiture autorisée à passer par la voie rapide
Rouge	Vert	Voiture déviée

Tableau 2 - Indications des panneaux de signalisation

2.2 Fonctionnement en mode télé-péage

Le passage par la voie rapide est conditionné par :

- la lecture correcte du code de l'abonné par l'émetteur récepteur ER1 imposant une vitesse maximum de 50 Km/h aux véhicules,
- le règlement de la dernière facture par l'abonné.

Si l'une de ces conditions n'est pas remplie la voiture sera déviée vers la voie à péage manuel adjacente.

Le SSCVR doit permettre la gestion de plusieurs véhicules engagés dans le tronçon 1 (matérialisé en entrée par le capteur C1 et en sortie par le capteur C2) et le tronçon 2 (matérialisé en entrée par le capteur C2 et en sortie par les capteurs C3 et C4).

Dans l'attente de l'arrivée d'un automobiliste, la barrière B1 est fermée et le couple de flèches ("A","D") de chaque panneau de signalisation affiche les couleurs ("A":Vert, "D":Vert) ce qui indique aux automobilistes que la voie est opérationnelle.

Il est précisé aux automobilistes qui s'abonnent au système de télé-péage que les indications des panneaux de signalisation concernent uniquement la première voiture de la file engagée dans le tronçon concerné par le panneau (panneau 1 pour le tronçon 1, panneau 2 pour le tronçon 2). La signalisation n'est actualisée qu'après la sortie de la première voiture du tronçon (capteur C2 pour le tronçon 1 et capteurs C3 ou C4 pour le tronçon 2).

Dès qu'un automobiliste abonné s'engage sur la voie à télé-péage (capteur C1), le code de sa balise est lu par l'émetteur-récepteur ER1. Le système interroge la base de donnée du sous-système de gestion locale et de supervision (SSGLS) pour vérifier si l'abonné est autorisé à passer.

- Passage par la voie rapide

Si l'automobiliste est en règle et s'il est le premier dans la file présente sur le tronçon 1, le premier panneau de signalisation affichera les couleurs ("A":Vert, "D":Rouge) lui signifiant qu'il peut continuer sur cette voie. Dès qu'il quitte le tronçon 1, le premier panneau de signalisation affichera les indications relatives à la voiture suivante.

De la même manière, quand l'automobiliste est le premier dans la file présente sur le tronçon 2, le second panneau lui affichera les couleurs ("A":Vert, "D":Rouge) et au même moment la barrière B1 s'ouvre.

Quand la voiture franchit le capteur C3 la barrière se referme et le panneau de signalisation affichera les indications relatives à la voiture suivante de la file.

- Déviation vers la voie à péage manuel

Si l'une des conditions de passage par la voie rapide n'est pas remplie, l'automobiliste est dévié vers la voie à péage manuel adjacente de la manière suivante :

Le premier panneau de signalisation lui affichera le couple ("A":Rouge, "D":Vert). D'autre part, le message "Ralentir" clignotera pour indiquer aux voitures suivantes qu'il y a un risque d'encombrement. Lorsque la voiture franchit le capteur C2, le second panneau de signalisation lui indiquera également ("A":Rouge, "D":Vert). Dans ce cas, l'automobiliste a 30 secondes pour prendre la voie de dégagement.

S'il respecte les indications fournies par les panneaux de signalisation, il empruntera la voie de dégagement et le capteur C4 sera actionné. Le second panneau de signalisation affichera alors les indications relatives à la voiture suivante et le signal "Ralentir" sera éteint.

Si l'automobiliste refuse de prendre la voie de dégagement, deux cas peuvent se présenter :

- il arrive au niveau de la barrière B1 alors qu'elle est fermée et les 30 secondes écoulées : dans ce cas, le système déclenche une alarme au niveau du poste de gestion locale et de supervision. L'agent responsable de la station doit alors intervenir pour intimer l'ordre à l'automobiliste de passer par la voie de dégagement,

- il arrive alors que la barrière est en train de se refermer, le capteur infrarouge de la barrière détecte l'obstacle (la voiture) et la barrière est réouverte immédiatement : l'automobiliste peut passer mais le système déclenche une alarme au niveau du poste de gestion locale et de supervision et déclenche également une procédure de mémorisation de l'image fournie par la caméra. Cette image sera transmise au service contentieux pour entamer une procédure de réclamation.

Lorsqu'un automobiliste abonné est dirigé vers la voie de dégagement (mauvaise lecture du code abonné) il garde la possibilité d'utiliser le mode de télé-péage sur la voie 2. L'émetteur-récepteur ER2 lit son code et le SSCVR vérifie qu'il est autorisé à utiliser le télé-péage. Dans ce cas, il envoie au SSCVM l'ordre d'ouverture de la barrière B2 (Ouverture_BA).

3. Description du fonctionnement d'une voie à péage manuel

Lorsqu'un automobiliste se présente à un poste de péage manuel, l'opérateur :

- encaisse le droit de passage,
- fournit le reçu,
- commande l'ouverture de la barrière.

Dès que l'automobiliste dépasse le capteur de sortie (C5, C6, C7 ou C8), la barrière se referme automatiquement.

A la prise de son service, l'opérateur transmet son identifiant au SGC grâce à sa carte magnétique. Le SSCVM comptabilise le nombre d'ouvertures manuelles de la barrière.

En fin de service, le SSCVM transmet au SSGLS le nombre de voitures passées en mode manuel par la voie concernée. L'opérateur doit remettre à l'agent responsable de la station les droits encaissés.

Le SSCVM peut recevoir à travers le Bus CAN un ordre d'ouverture de la barrière (cas des voies 2 et 5). Cette ouverture automatique ne sera pas comptabilisée sur le compte de l'opérateur en service.

4. Etude de la base de données du SGC

On rappelle que les informations persistantes du système sont stockées dans une base de données implantée sur le système de gestion central (SGC). Le SGC inclut un système de gestion de base de données relationnelles. Celui-ci gère dans une base de données centralisée un ensemble d'informations se rapportant essentiellement aux abonnés, factures, employés (opérateurs et agents responsables de station) et infractions. La base de données est constituée à partir de six documents (donnés en annexe A5) circulant au sein de la société d'autoroutes. Une description de ces documents est donnée dans la suite.

4.1 Factures

Chaque abonné reçoit une facture mensuelle donnant le détail de ses passages dans les stations (voir annexe A5-1). Chaque facture porte une référence constituée des deux derniers chiffres de l'année en cours concaténés à un numéro d'ordre. Le prix du passage dépend de la station. Par exemple, le passage à Chott Meriem coûte 1,400 DT alors que le passage à Hamammet coûte 1,000 DT. Le prix de l'abonnement est fixe.

L'abonné dispose de quinze jours pour le paiement de sa facture. En cas de non paiement dans les délais, l'abonné n'est plus autorisé à passer par les voies rapides et sa facture est transmise au service des contentieux. On ne se préoccupera pas du suivi du contentieux.

4.2 Affectations

En début de semaine, chacune des stations reçoit un état des affectations. Ce document définit pour chaque jour de la semaine suivante et pour chaque service (la journée est divisée en 6 services de 4 heures chacun) l'affectation des opérateurs aux caisses ainsi que l'affectation des agents responsables aux postes de supervision (voir annexe A5-2). Pour une journée donnée, un même opérateur peut-être affecté à plusieurs services dans des caisses différentes. Cependant, un employé ne peut-être affecté qu'à poste appartenant à sa station d'origine. Il y a un seul agent responsable par service, pour une station donnée.

4-3 Etat des alarmes et état des infractions

Quotidiennement, chacune des stations transmet au siège un état des alarmes et des infractions (voir annexe A5-3). L'état des alarmes indique pour chacune des barrières l'heure précise de l'alarme. L'état des infractions précise en plus le nom du fichier contenant la séquence vidéo correspondant à l'infraction.

4.4 Transmission de caisse

A la fin de son service chaque opérateur remet à l'agent responsable de la station le montant de la caisse accompagné d'un document dûment signé (voir annexe A5-4). Ainsi le système est en mesure de vérifier la concordance entre le montant de caisse et le nombre de passages manuels.

4.5 Liste des employés

Tous les semestres, la liste de tous les employés est éditée selon le formulaire de l'annexe A5-5.

B/ QUESTIONS

Partie I – Etude du SSCVR

La spécification du SSCVR est conduite à l'aide de la méthode SA-RT selon l'approche Ward et Mellor. Une spécification partielle est fournie en annexe A1.

Dans les réponses aux questions on respectera les identifiants précisés dans le dictionnaire de données. L'implémentation sera effectuée en faisant appel aux primitives du noyau temps réel NTR présenté en annexe A2.

Spécification

Question I.1

Proposer une autre spécification, à l'aide d'un seul diagramme états-transitions, spécifiant la transformation de contrôle "Contrôler Tronçon 1".

Question I.2

Sur le document réponse N°1, compléter le diagramme états-transitions spécifiant la transformation de contrôle "Contrôler Tronçon 2".

Question I.3

La transformation "Exploiter Bus CAN" n'est pas terminale, continuer sa décomposition (DFD/CFD du ST4.0, mini-spécifications et éventuellement complément au dictionnaire de données).

Architecture matérielle

Le système sera implanté sur une carte à micro-contrôleur équipée du noyau temps réel NTR (annexe A2). Le schéma bloc décrivant l'architecture matérielle est fourni en annexe A3.

Question I.4

Sachant que les émetteurs-récepteurs sont reliés à la carte implantant le SSCVR par des liaisons séries et que la distance entre les émetteurs-récepteurs et la carte est d'environ 60 m. Proposer une norme pour les liaisons séries ainsi que le type du câble à utiliser. Justifier votre réponse.

Question I.5

Les paramètres de chacune des liaisons séries sont les suivants :

Débit : 9600 bits/s
Bits de données : 8 bits
Parité : paire
1 bit de stop

Par ailleurs, le bus CAN à un débit d'information de 500 Kbits/s.

Sachant que les temps des traitements sont supposés négligeables par rapport aux temps de transmission, calculer la distance parcourue par une voiture roulant à 50 Km/h entre le moment où le code est lu et la mise à jour du premier panneau.

nous supposerons que :

- la voiture est seule sur la voie rapide.
- le protocole d'échange entre le SSCVR et le SSGLS comporte une trame requête et une trame réponse.
- les trames seront considérés dans le format standard (CAN version 2.0 A) avec une zone de donnée de 8 octets.

Question I.6

Selon l'architecture proposée, les capteurs C1, C2, C3 et C4 sont connectés à l'interface parallèle. Le capteur CIR est relié au contrôleur d'interruption.

a- Commenter ce choix.
b- Selon les niveaux de priorité, affecter les demandes d'interruption aux entrées du contrôleur d'interruption (IRQ0 .. IRQ7).

Architecture logicielle

Question I.7

En tenant compte des choix retenus, compléter sur le document réponse N°2 le schéma préliminaire en y ajoutant les transformations d'entrées/sorties qui réalisent les échanges physiques entre le système et son environnement.

Question I.8

Identifier les tâches du système. Préciser leurs natures (logicielles ou matérielles) et leurs priorités respectives.

Question I.9

a- Proposer deux solutions possibles de structures de données permettant d'implémenter le stockage de données "File 1" du diagramme ST 1.0 "Gérer tronçon 1" sous la forme d'une file.
b- Choisir l'une des solutions en justifiant votre choix. (avantages/inconvénients).
c- Donner les primitives de gestion pour la solution choisie en mettant en évidence la résolution des accès concurrents.

Question I.10

Proposer un algorithme pour l'implémentation de la transformation d'entrée "Saisir Code 1" (voir document réponse N°2).

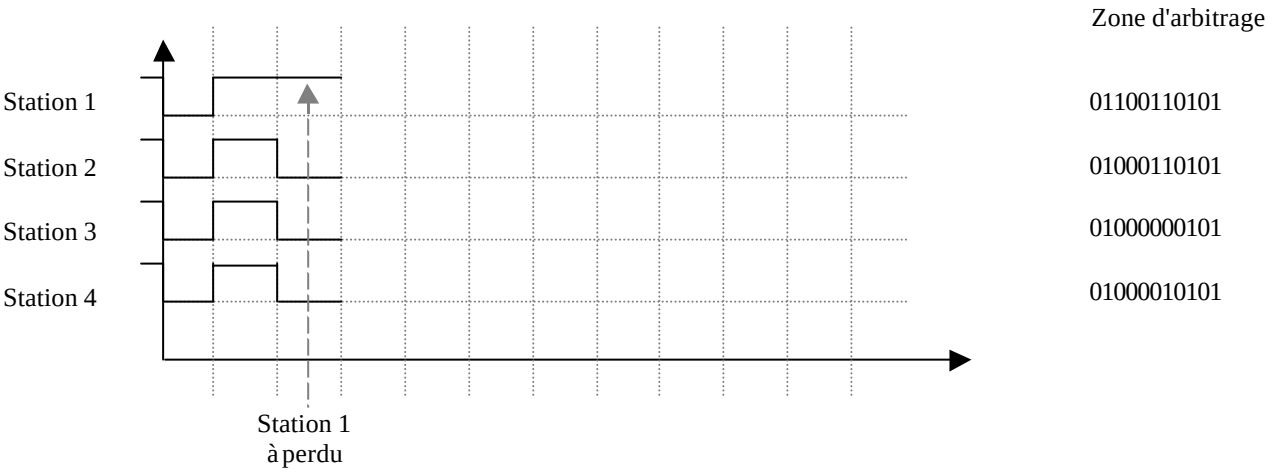
Partie II – Etude des communications sur le Bus CAN

Les différents sous-systèmes d'une station de péage (SSCVR, SSCVM, SSGLS) communiquent à travers le Bus CAN (dont les spécifications sont fournies en annexe A4). Pour toutes les questions de la partie II, nous considérerons les spécifications du bus CAN dans leurs versions standard 2.0 A.

Question II.1

Nous nous intéressons à l'étude de l'arbitrage du bus CAN

a- Le chronogramme ci-dessous représente la tentative d'accès simultané au médium de 4 stations. Compléter ce diagramme et indiquer la station qui va émettre le message sur le Bus.



b- En règle générale, quel est l'identificateur du message le plus prioritaire et celui du message le moins prioritaire.

Question II.2

Compléter le tableau suivant qui décrit tous les messages circulant sur le bus CAN en les classant par ordre de priorité (préciser, si nécessaire, les protocoles d'échanges utilisés).

Identificateur	Description du message	Taille du message utile en octet	Station source	Station destination

Question II.3

a- Sachant que toutes les stations reçoivent les messages émis, proposer différentes solutions logicielles qui permettent à chaque station de filtrer les messages qui lui sont destinés.

b- Représenter sur un diagramme de séquence les messages échangés à travers les trames entre le SSCVR et le SSGLS

c- Définir les structures de données pour les trames échangées (Question II.3.b) permettant aux stations réceptrices de reconnaître et de traiter les messages reçus.

Question II.4

Proposer une nouvelle architecture matérielle pour cette application permettant une exploitation optimale du bus CAN et assurant une meilleure évolutivité du système. Quel en serait l'implication sur les étapes de spécification et de conception.

Partie III – Etude de la base de données du SGC.

Question III.1

Donner le Modèle Conceptuel des Données (MCD) normalisé (Modèle Entités/Associations) de la base.

Question III.2

En déduire le modèle relationnel de la base.

Question III.3

Donner les requêtes en SQL permettant d'obtenir les informations suivantes :

a. Les heures de passage pour l'abonné No 123, par la station de Chott Meriem sur la voie 6 durant la semaine du 1/05/2000 au 8/05/2000.
b. Le nombre de services effectués par l'opérateur No 10 (affecté à la station de Chott Meriem) durant la semaine du 01/05/2000 au 08/05/2000.
c. Le heures des infractions qui ont eu lieu pendant que l'agent responsable No 24 (affecté à la station de Chott Meriem) est en service durant la semaine du 01/05/2000 au 08/05/2000.

C/ ANNEXES

Annexe A1 – Spécifications SART

Cet annexe fournit les spécifications partielles du SSCVM par la méthode SA-RT selon l'approche Ward et Mellor.

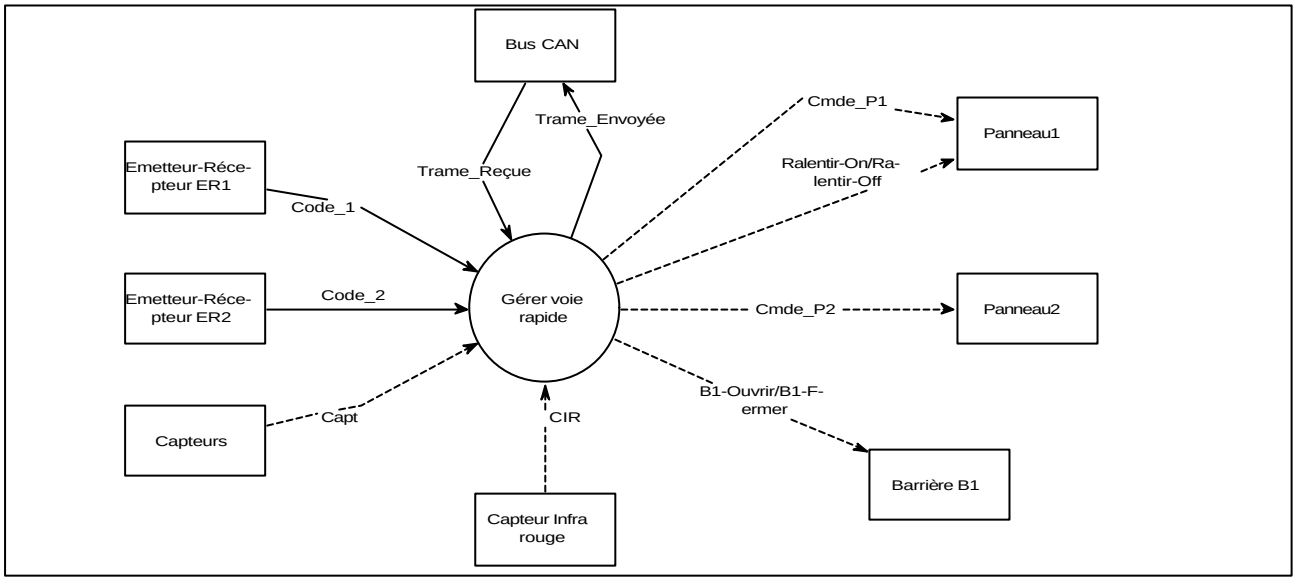


Schéma de contexte

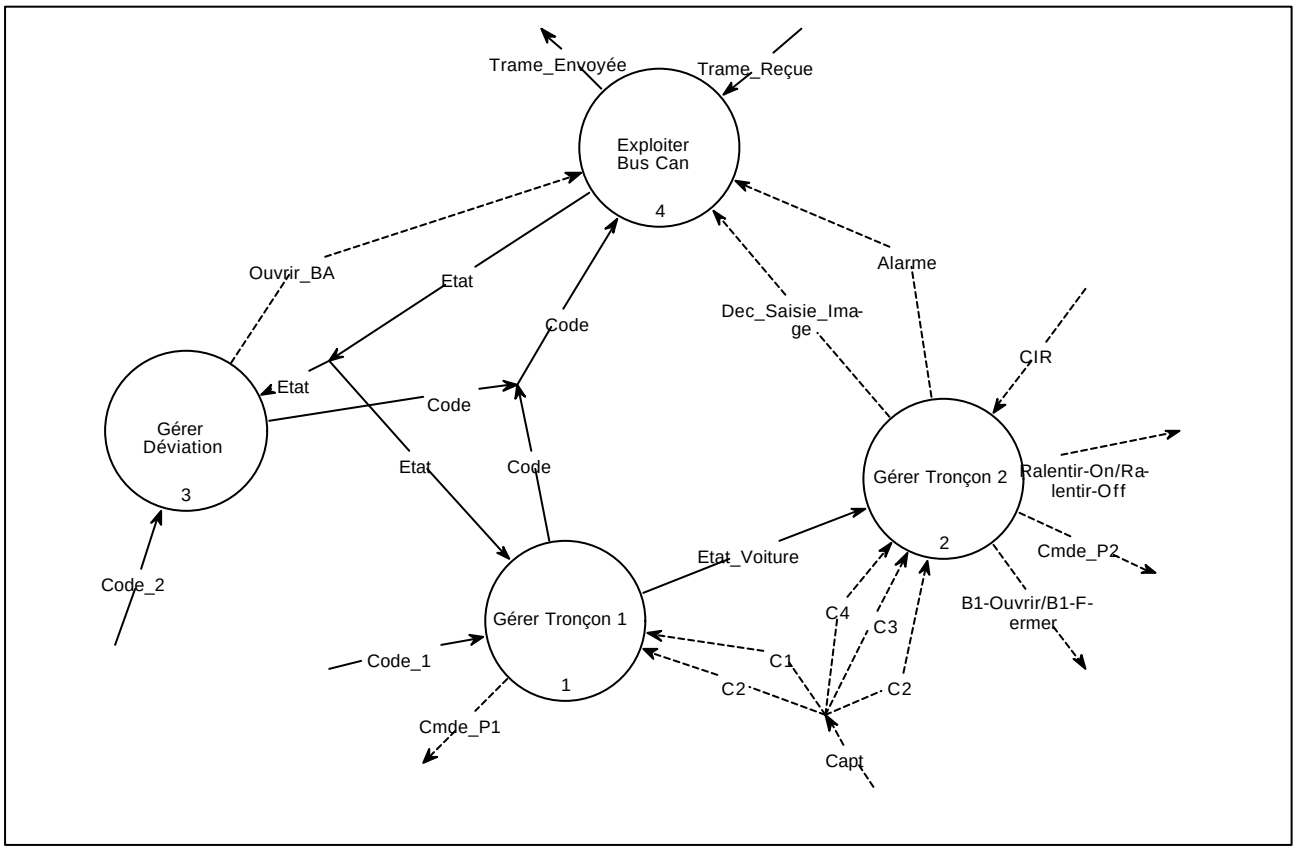


Schéma préliminaire – ST0 – "Gérer voie rapide"

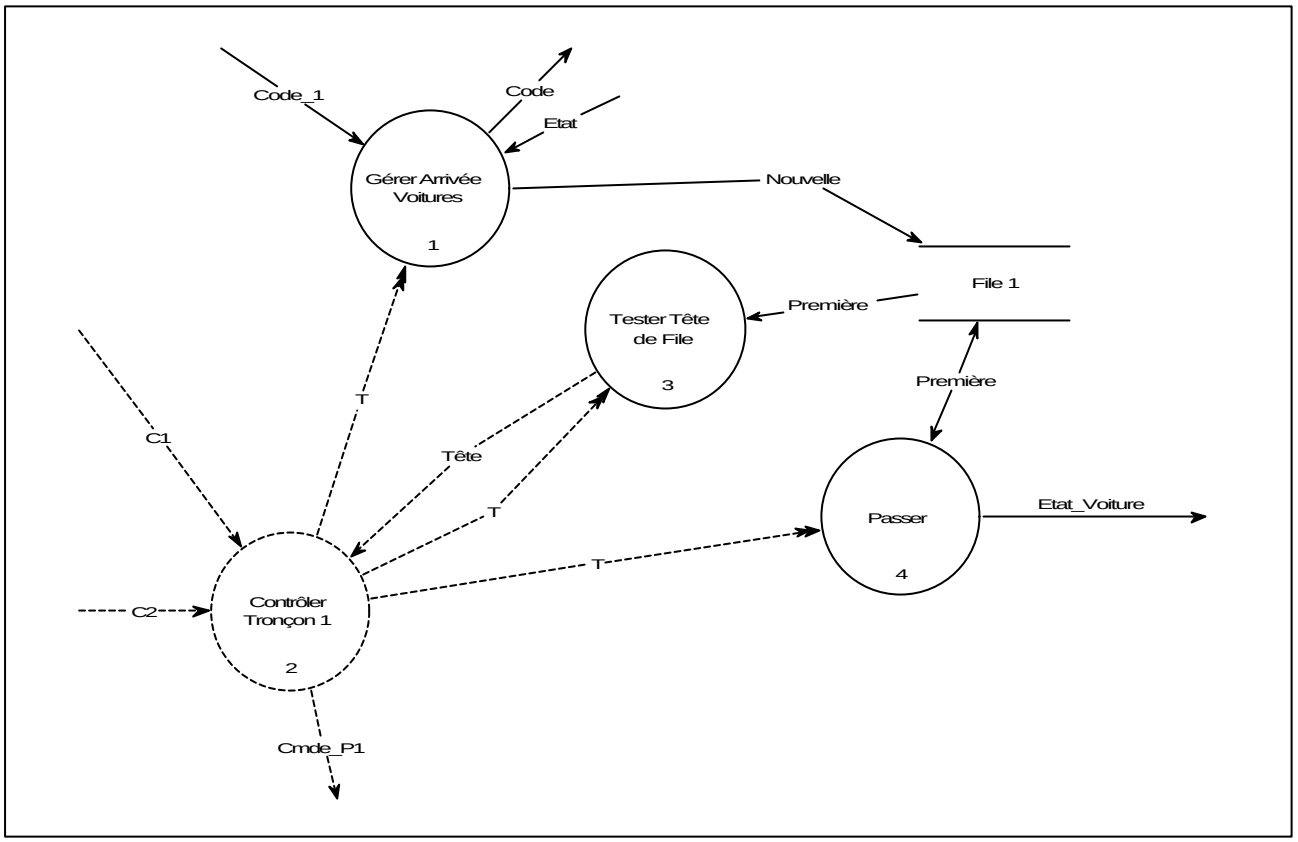


Schéma de transformation - ST 1.0 – "Gérer tronçon 1"

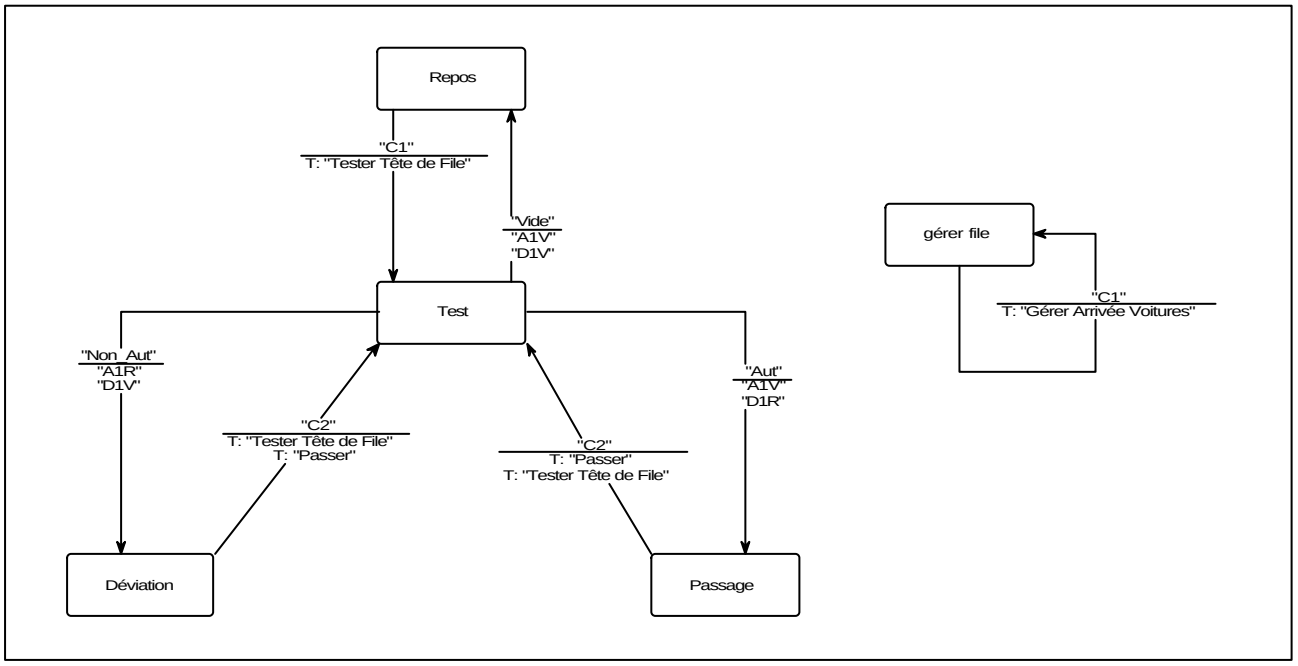


Diagramme Etats-Transitions de ST1.2 – "Contrôler tronçon1"

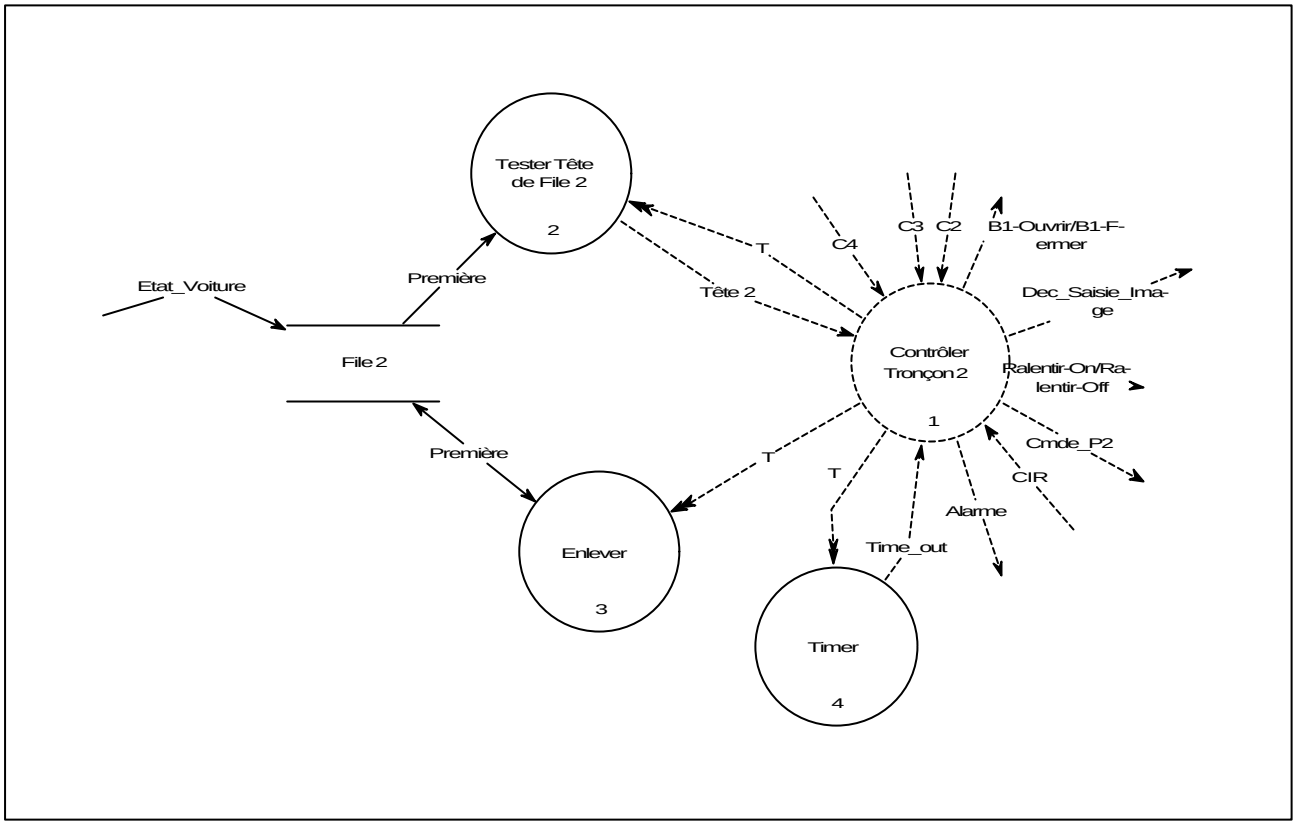


Schéma de transformation - ST 2.0 – "Gérer tronçon 2"

Note : T = Trigger (Déclencher)

Description sommaire des transformations de données

Name: Enlever
Type: Process
Comment: Efface le premier élément de la file après la sortie de la voiture du tronçon

Name: Gérer Arrivée Voitures
Type: Process
Comment: A l'entrée d'une voiture dans la voie rapide, interroge le SSGLS sur l'état de cette voiture et met à jour la file d'attente du tronçon 1

Name: Gérer Déviation
Type: Process
Comment: Gère le passage des voiture en mode télépéage par la voie 2 (à travers ER2).

Name: Passer
Type: Process
Comment: Au passage d'une voiture du tronçon 1 au tronçon 2 fait passer l'élément la concernant de la file 1 à la file 2

Name: Tester Tête de File
Type: Process
Comment: Teste l'état de la première voiture dans la file et renvoi le flot de contrôle correspondant.
Aut : voiture autorisée
Non_Aut : non autorisée
Vide : file vide

Name: Tester Tête de File 2
Type: Process
Comment: Teste l'état de la première voiture dans la file et renvoi le flot de contrôle correspondant.
Aut : voiture autorisée
Non_Aut : non autorisée
Vide : file vide

Name: Timer
Type: Process
Comment: gènère un Time_out après 30 secondes d'attente

Dictionnaire de données

Name: A1R
Type: Control flow

Name: A1V
Type: Control flow

Name: A2R
Type: Control flow

Name: A2V
Type: Control flow

Name: Alarme
Type: Control flow

Name: Aut
Type: Control flow
Comment: la première voiture de la file est autorisée à passer par le télépéage

Name: Autorisé
Type: Discrete flow

Name: Autres
Type: Discrete flow

Name: B1-Fermer
Type: Control flow

Name: B1-Ouvrir
Type: Control flow

Name: B1-Ouvrir/B1-Fermer
Type: Control flow
Bnf: [B1-Ouvrir | B1-Fermer]

Name: C1
Type: Control flow

Name: C2
Type: Control flow

Name: C3
Type: Control flow

Name: C4
Type: Control flow

Name: Capt
Type: Control flow
Bnf: [C1|C2|C3|C4]

Name: CIR
Type: Control flow

Name: Cmde_P1
Type: Control flow
Bnf: [A1V|A1R|D1V|D1R]

Name: Cmde_P2
Type: Control flow
Bnf: [A2V|A2R|D2V|D2R]

Name: Code
Type: Discrete flow
Comment: code de l'abonné qui vient de rentrer sur la voie 1

Name: Code_1
Type: Discrete flow
Bnf: 6{octet}6
@octet=8{bit}8
@bit=[0|1]
Comment: Le premier octet est un octet de signalisation (le caractère ":") les 5 octets suivants portent le code de l'abonné

Name: Code_2
Type: Discrete flow
Bnf: 6{octet}6
@octet=8{bit}8
@bit=[0|1]
Comment: Le premier octet est un octet de signalisation (le caractère ":") les 5 octets suivants portent le code de l'abonné

Name: D1R
Type: Control flow

Name: D1V
Type: Control flow

Name: D2R
Type: Control flow

Name: D2V
Type: Control flow

Name: Dec_Saisie_Image
Type: Control flow

Name: Etat
Type: Discrete flow
Bnf: [Autorisé | Non_Autorisé]
Comment: réponse du SSGLS à la requête du SSCVR donnant l'état de la voiture qui vient de rentrer dans la voie 1 (Autorisée ou non à passer par le télépéage)

Name: Etat_Voiture
Type: Discrete flow
Comment: Etat de la voiture qui vient de passer du tronçon 1 au tronçon2 (autorisée ou non à utiliser le télépéage)

Name: File 1
Type: Store
Bnf: Première + Autres + Nouvelle

Comment: représente la file de voiture se trouvant sur le tronçon 1

Name: File 2
Type: Store
Comment: représente la file de voiture se trouvant sur le tronçon 2

Name: Gérer voie rapide
Type: Context node

Name: Non_Aut
Type: Control flow
Comment: la première voiture n'est pas autorisée à passer par le télépéage

Name: Non_Autorisé
Type: Discrete flow

Name: Nouvelle
Type: Discrete flow
Comment: Etat de la nouvelle voiture qui vient de rentrer dans le tronçon 1 à rajouter à la file d'attente

Name: Ouvrir_BA
Type: Control flow
Comment: demande d'envoi au SSCVM adjacent d'un ordre d'ouverture de la barière (cas d'un passage par télépéage sur l'emetteur-récepteur ER2)

Name: Première
Type: Discrete flow
Comment: état de la première voiture dans la file d'attente

Name: Ralentir-Off
Type: Control flow

Name: Ralentir-On
Type: Control flow

Name: Ralentir-On/Ralentir-Off
Type: Control flow
Bnf: [Ralentir-On | Ralentir-Off]

Name: Time_out
Type: Control flow

Name: Trame_Envoyée
Type: Discrete flow

Name: Trame_Reçue
Type: Discrete flow

Name: Tête
Type: Control flow
Bnf: [Aut | Non_Aut | Vide]
Comment: flot de contrôle relatif à l'état de la première voiture de la file d'attente :
Aut : voiture autorisée
Non_Aut : non autorisée
Vide : file vide

Name: Tête 2
Type: Control flow
Bnf: [Aut | Non_Aut | Vide]
Comment: même rôle que Tête

Name: Vide
Type: Control flow

Annexe A2 – Primitives de l'exécutif temps réel NTR

Le noyau de l'exécutif possède des objets globaux de type :

- descripteur de tâche pointé par TACHE_ADR,
- SEMAPHORE
- EVENEMENT
- BOITE AUX LETTRES

GESTION DES TACHES

```
dort (entier non signé durée);
réveille(entier non signé tâche);
entier num_tâche (TACHE_ADR adresse_tâche); /* retourne le numéro d'une tâche*/
crée(TACHE_ADR adresse_tâche, entier non signé priorité, entier non signé taille_pile);
active(entier non signé tâche);
détruit(entier non signé tâche);
supprime(entier non signé tâche);
lance(TACHE_ADR adresse_tâche, entier non signé taille_pile);
crée_pr(TACHE_ADR adresse_tâche, entier non signé taille_pile, entier non signé période);
active_per(entier non signé tâche);
détruit_per(entier non signé tâche);
```

GESTION DES SEMAPHORES

```
SEMAPHORE s_crée(entier non signé valeur);                        /* Créer */
s_ferme(SEMAPHORE sem_num);                                       /* Détruire */
s_attend(SEMAPHORE sem_num, entier non signé dépassement);         /* P(s) */
s_signale(SEMAPHORE sem_num);                                     /* V(s) */
```

GESTION DES EVENEMENTS

```
e_crée(EVENEMENT evt);
e_ferme(EVENEMENT evt);
e_attend(EVENEMENT evt, entier non signé dépassement);
e_signale(EVENEMENT evt, entier non signé dépassement);
```

GESTION DES BOITES AUX LETTRES

```
b_ envoi(char*message, struct TMAILBOX*pointeur );   /* envoi d'un message dans*/
                                                     /* une boite aux lettres*/
char*b_reçoit (struct TMAILBOX*pointeur);            /* mise en attente d'un message */
                                                     /* dans une boite aux lettres */
struct TMAILBOX *nouvelle_boite_aux_lettres(void)    /* allocation d'une boîte aux lettres*/
struct TMESSAGE *nouveaux_message(void)              /*allocation mémoire */
                                                     /*d'un nouveau message*/
```

Annexe A3 – Schéma bloc de la carte à micro-contrôleur

Dans le schéma bloc suivant nous avons représenté les composants et les interconnexions les plus significatifs pour la compréhension des choix d'architecture.

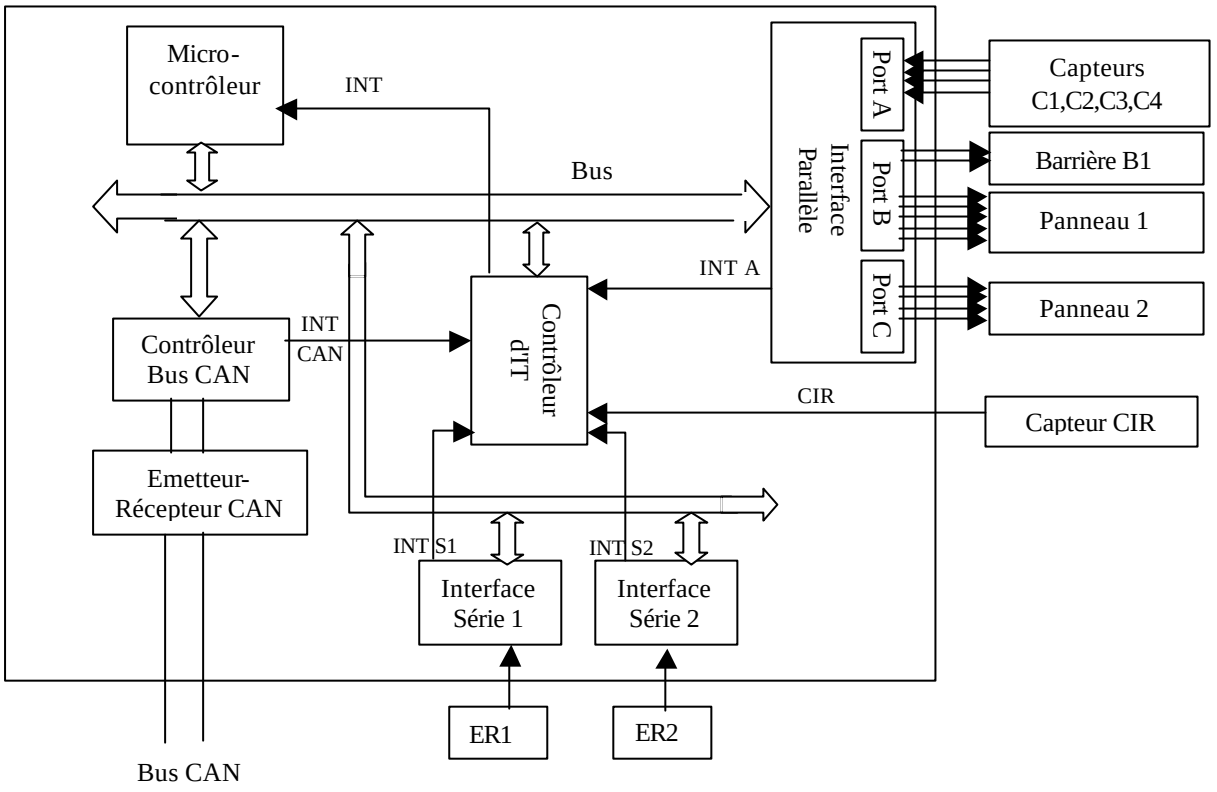


Schéma bloc de la carte à micro-contrôleur

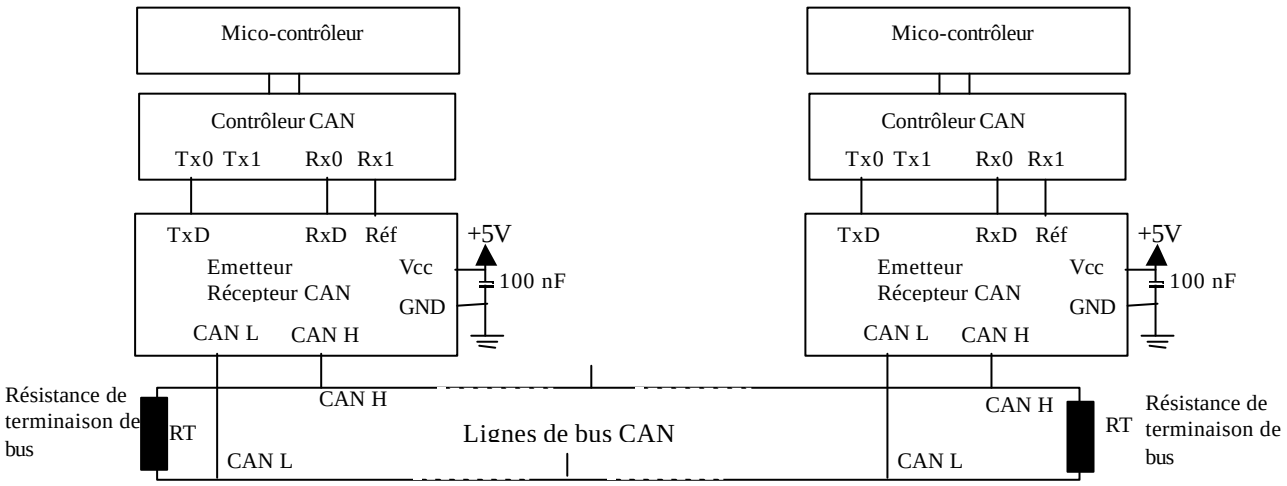
- Le contrôleur CAN gère entièrement le protocole CAN (Version 2.0A) voir Annexe A4.
- L'émetteur-récepteur CAN sert d'interface de ligne CAN.
- L'interface parallèle est programmée dans un mode capture sur le port A : elle génère une interruption à chaque front montant sur l'une des lignes de ce port.
- Le contrôleur d'interruption gère 8 entrées d'interruptions hiérarchisées IRQ0 .. IRQ7 (IRQ0 étant la moins prioritaire et IRQ7 la plus prioritaire).
- Chacune des deux interfaces séries génère une interruption à chaque réception d'un octet.

Annexe A4 – Spécifications du bus CAN

Description

Le bus CAN (Controller Area Network) est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles, qui ont tendance à intégrer de plus en plus de commandes électroniques. Jusqu'à maintenant, tous les organes de commandes des véhicules échangeaient les données par l'intermédiaire de lignes dédiées. L'augmentation du nombre d'organe embarqué a contraint les équipementiers automobiles a développer une nouvelle architecture à base de bus réseaux. Le GIE Renault-PSA avec les partenaires comme Sagem, Valeo et autres ont développé le bus VAN (Vehicle Area Network), les puces contrôleurs sont fabriquées par MHS, SGS, TI .... En Allemagne Bosch a développé, au milieu des années 80, le bus CAN ou "Controller Area Network" qui a fait l'objet d'une normalisation Iso 1 1898.

Avec le bus CAN, les stations ayant les mêmes droits (organes de commande, capteurs ou actionneurs) sont reliées par un bus série. Le protocole CAN de base leur permet d'échanger 2048 variables. Ce protocole, ainsi que les paramètres électriques de la ligne de transmission, sont fixés par la norme 11898. La transmission physique s'effectue soit une paire torsadée ou par liaison infrarouge, hertzienne ou par fibre optique.



Couplage physique du réseau CAN

A la différence du faisceau de câbles, le réseau détecte et corrige, grâce à son protocole. les erreurs de transmissions induites par les radiations électromagnétiques. L'organisation en réseau apporte aussi une configurabilité aisée du système et la possibilité d'établir un diagnostic central. Elle permet à chaque station de communiquer avec les autres sans charger le calculateur des organes de commande.

Principe de fonctionnement

Du type multi-maître. orienté messages courts, le bus CAN est bien adapté à la scrutation de variables émises par des stations déportées. La norme Iso 11898 spécifie un débit maximum de 1 Mbit/s. La longueur maximum du bus est déterminée par la charge capacitive et le débit. Les configurations recommandées sont les suivantes:

Débit	Longueur
1 Mbit/s	40 m
500 Kbit/s	100 m
100 Kbit/s	500 m
20 Kbit/s	1000 m

Le protocole est basé sur le principe de diffusion générale: lors de transmission, aucune station n'est adressée en particulier, mais le contenu de chaque message est explicité par une identification reçu de façon univoque par tous les abonnés. Grâce à cet identificateur, les stations qui sont en permanence à l'écoute du réseau, reconnaissent et traitent les messages qui les concernent; elles ignorent simplement les autres.

L'identificateur indique aussi la priorité du message, qui détermine l'assignation du bus lorsque plusieurs stations émettrices sont en concurrence. En version de base, c'est un nombre de 11 bits, ce qui permet de définir jusqu'à 2048 messages plus ou moins prioritaires sur le réseau. Chaque message peut contenir jusqu'à 8 octets de données, ce qui correspond par exemple à l'état de 64 capteurs. L'adressage par le contenu assure une grande flexibilité de configuration. Il est possible d'ajouter des stations réceptrice à un réseau CAN sans modifier la configuration des autres stations.

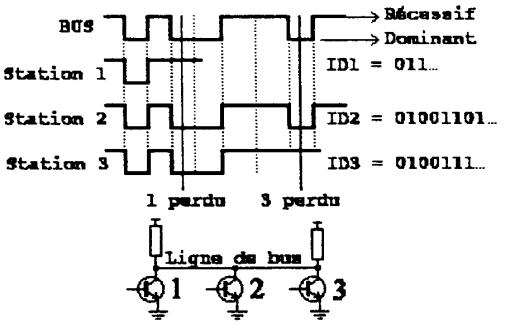
Principe de l 'arbitrage

Afin d'être traitées en temps réel, les données doivent être transmises rapidement. Cela suppose non seulement une voie physique de transmission atteignant jusqu'à 1 Mbit/s; mais encore exige une assignation rapide du bus dans les cas de conflits, lorsque plusieurs stations souhaitent transmettre simultanément des messages.

L'urgence des informations échangées sur le bus peut être très diverse: une valeur variant rapidement, comme l'état d'un capteur ou l'asservissement d'un moteur doit être transmis plus souvent avec un retard moindre que d'autres valeurs comme la température du moteur, qui évolue lentement. Sur le réseau CAN l'identificateur de chaque message, qui est un mot de 11 bits (format standard) ou 29 bits (format étendu), détermine sa priorité. Les priorités sont attribuées lors de l'analyse conceptuelle du réseau, au moyen de valeur binaire. et ne peuvent donner lieu à aucune modification dynamique.

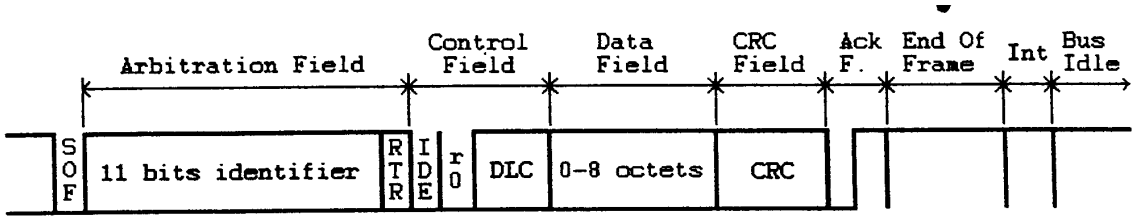
Le procédé d'attribution du bus est basé sur le principe de l'"arbitrage bit à bit", selon lequel les noeuds en compétition émettant simultanément sur le bus. comparent bit à bit l'identificateur de leur message avec celui des messages concurrents. Les stations de priorité moins élevées perdrons la compétition face à celle qui a la priorité la plus élevé.

Les stations sont câblées sur le bus par le principe du "OU câblé". en cas de conflit c'est à dire émission simultanée, la valeur 0 écrase la valeur 1. On appel donc l'"état dominant" l'état logique 0. et L'état récessif" l'état logique 1. Lors de l'arbitrage bit à bit. dès qu'une station émettrice se trouve en état récessif et détecte un état dominant. elle perd la compétition et arrête d'émettre. Tous les perdants deviennent automatiquement des récepteurs du message. et ne tentent à nouveau d'émettre que lorsque le bus se libère.

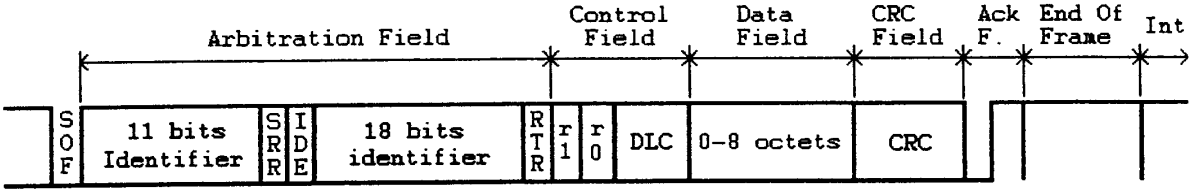


Formats de trames de messages

La norme CAN définit deux format de protocole: Standard(Version2.0 A) et Extended (Version2.0 B). La différence résulte seulement dans la longueur de l'identificateur (ID) qui est de 1 I bits de base et 18 bits supplémentaires en mode Extended. Cette extension permet l'augmentation du nombre de variables échangées. et le nombre de stations sur le réseau. Le nombre d'octets de données échangées à chaque trame reste inchangé.



Trame des messages au format standart (spécification CAN 2.0A)



Trame des messages au format étendu (spécification CAN 2.0B)

Une trame est composée des champs suivants :

- bit SOF (Start Of Trame)
- zone d'arbitrage (11 bits)
- bit RTR (Remote Transmission Request) : détermine s'il s'agit d'une trame de données ou d'une trame de demande de message.
- bit IDE qui établi la distinction entre format standard (état dominant) et format étendu (état récessif)
- 1 bit réservé pour une utilisation future
- 4 bit DLC: nombre d'octets contenus dans la zone de données
- zone de données de longueur comprise entre 0 et 8 octets

- zone CRC de 15 bits : (Cyclic Redundancy Code) Ces bit sont recalculés à la réception et comparés aux bits reçus. S'il y a une différence. une erreur CRC est déclarée.
- zone ACK composé d'un bit à l'état récessif ainsi qu'un bit séparateur ACK. Le premier bit doit être forcé à l'étal dominant par les stations ayant bien reçu cette trame.
- zone EOF de 7 bits: (End Of Frame) permet d'identifier la fin de la trame.

Stuff bit : au cours de la construction d'une trame, si 5 bits consécutifs portent la même valeur 0 ou 1, un bit de valeur opposée est ajouté à la suite des 5 bits consécutifs.

Les contrôleurs CAN qui admettent le format étendu peuvent aussi émettre et recevoir des messages au format standard. En revanche, dès que l'on utilise sur le réseau des contrôleurs ne maîtrisant que le format standard, les messages étendus seront mal interprétés.

Détection des erreurs

La trame du protocole CAN intègre des mécanismes de détection d'erreurs. De plus, comme tous les nœuds de réseau surveillent simultanément le bus, ils détectent des différences entre bits reçus et bits émis. Dès qu'une erreur est détectée, la transmission en cours est interrompue par l'émission d'un indicateur d'erreur ("error flag"). L'émetteur peut donc recommencer à émettre son message.

Tout ce système de gestion des erreurs est complètement transparent pour le développeur et l'utilisateur. Le système est capable de gérer automatiquement ses conflits et ses erreurs en émettant des trames d'erreurs pour renseigner l'émetteur du message sur le type de faute qu'il a commis. Une station est capable de faire la distinction entre les perturbations temporaires et les défauts permanents. Les stations en défaut permanent sont déconnectée automatiquement du réseau.

Ce système de gestion d'erreur fait toute la puissance du réseau CAN, certains constructeurs démontrent que la probabilité d'erreur résiduelle reste inférieur $4.6\ 10^{-11}$.

Résumé des spécifications du bus CAN
Adapté d'après Eric DELAUNAY
www.libertysurf.fr/edelaunay/buscan.htm

Annexe 5 – Documents de la société des autoroutes

ANNEXE A5-1 : Exemple de Facture

FACTURE N° : 00/2002

Karoui Ali
3 rue des jasmins
1005 Tunis

Période : Avril 2000

Détails des passages

Station	Voie	Date	Heure	Prix
Chott Meriem	1	15/04/2000	10:32	1,400
Enfidha	2	22/04/2000	20:47	1,600
Hammamet	6	26/04/2000	9:46	1,000
Chott Meriem	5	28/04/2000	7:54	1,400
			Total	**5,400**

Total passages	5,400
Frais d'abonnement	4,000
TVA 18%	1,692
Total facture	11,092

Date limite de paiement 15/05/2000

ANNEXE A5-2 : Exemple de Formulaire d'affectation

AFFECTATION POUR LA SEMAINE DU 05/06/2000 AU 11/06/2000
(Station Chott Meriem)

Code Op.	Nom	Jour	Service(*)	Poste	Type
1	Rezgui Ali	Lundi	1	0	supervision
2	Ben Younes Salah	Lundi	2	2	caisse
3	Lakhoua Tarek	Lundi	2	3	caisse
4	Hantous Lotfi	Lundi	3	3	caisse
5	Dakhli Khaled	Lundi	3	0	supervision
6	Kallel Rachid	Lundi	3	4	caisse
…	…	…	…	…	

(*) 1 : de 0h00 à 4h00
2 : de 4h00 à 8h00
3 : de 8h00 à 12h00
4 : de 12h00 à 16h00
5 : de 16h00 à 20h00
6 : de 20h00 à 24h00

ANNEXE A5-3 : Exemple d'états des alarmes et infractions

ETAT QUOTIDIEN DES ALARMES – STATION ENFIDHA
Date: 04/05/2000

Barrière	Heure
1	7h46
6	11h02
…	…

ETAT QUOTIDIEN DES INFRACTIONS – STATION ENFIDHA
Date: 04/05/2000

Barrière	Heure	Fichier séquence
1	9h32	000001.mpg
1	17h04	000002.mpg
…	…	…

ANNEXE A5-4 : Formulaire de transmission de caisse

TRANSMISSION DE CAISSE

Date:…….
Service:…….
Référence Opérateur:……
Montant caisse:……..

Station:……

Nom:……

SIGNATURE

ANNEXE A5-5 : format de l'état semestriel des employés

Code	Nom	Type(*)	Station

(*) 1 : Agent responsable de station
2 : Opérateur