

AGRÉGATION

SESSION 2005

CONCOURS INTERNE

Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE

Option A : ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

ÉTUDE D'UN SYSTÈME INDUSTRIEL

DURÉE : 8 HEURES, COEFFICIENT : 1

Aucun document n'est autorisé.

*Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999)
Convertisseur en Euro autorisé*

SYSTÈME DE GESTION DES ÉQUIPEMENTS D'UN AUTOBUS

Ce sujet comporte 4 dossiers distincts :

📁 Dossier de présentation	12 pages
📁 Texte du sujet avec le travail demandé	10 pages
📁 Documents réponses DR1 à DR4	3 pages
📁 Documents annexes	64 pages
📁 Schémas structurels format A3	7 pages

Ce sujet comporte trois parties indépendantes :

Partie **A** : Étude du système.

Partie **B** : Étude d'une unité d'entrées sorties.

Partie **C** : Étude de la communication.

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Il sera tenu compte de la cohérence avec laquelle les candidats traiteront chaque partie, le jury préférant une réflexion d'ensemble de la partie abordée à un éparpillement des réponses.

! Les questionnements portant sur les développements pédagogiques se verront affectés de 60 % des points de l'épreuve. Il est donc conseillé d'y consacrer 60 % du temps de l'épreuve.

Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème sur feuilles séparées et clairement repérées. Chaque question est identifiée par une police italique et repérées par un numéro.

Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Pour la présentation des applications numériques, il est rappelé que lors du passage d'une forme littérale à son application numérique, il est recommandé aux candidats de procéder comme suit :

- après avoir rappelé la relation littérale, chaque grandeur est remplacée par sa valeur numérique en respectant la position qu'elle avait dans la relation puis le résultat numérique est donné sans calculs intermédiaires et sans omettre son unité.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans votre copie.

Sommaire de la présentation du système

1	PRÉSENTATION DU SYSTÈME.....	10
1.1	Présentation générale.....	10
1.1.1	Modules génériques.....	10
1.1.2	Le multiplexage au sein d'un véhicule.....	10
1.1.3	Description des unités d'entrée sortie.....	11
1.2	Système de gestion des équipements d'un autobus.....	11
1.2.1	Fonctionnalités.....	11
1.2.2	Architecture du système de gestion des équipements de l'autobus.....	12
2	SOUS SYSTÈME D'OUVERTURE DES PORTES	13
2.1	Présentation.....	13
2.2	Schématisation du système d'ouverture des portes.....	13
2.2.1	Architecture matérielle.....	13
2.2.2	Schéma fonctionnel.....	14
2.3	Acquisition des entrées (FP1).....	16
2.4	Transmission des mesures via les réseaux CAN (FP2).....	17
2.5	Contrôle de la porte (FP3).....	17
2.5.1	Echange de données.....	18
2.5.2	Description des différents états de la porte.....	18
2.6	Transmission des commandes (FP5).....	19
2.7	Commande des actionneurs FP6.....	19
2.8	Gestion des tâches FP7.....	19

DOSSIER DE PRÉSENTATION

1 PRÉSENTATION DU SYSTÈME

1.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Dans les véhicules industriels (tramways, autobus, camions), les fonctionnalités offertes par les équipements électroniques sont de plus en plus nombreuses et variées. Le système doit être adaptable au cahier des charges du client.

Compte tenu des multiples fonctionnalités offertes, l'interconnexion des équipements électriques est de plus en plus complexe. Une architecture conventionnelle basée sur un câblage classique n'est plus adaptée, pour des raisons de complexité, fiabilité et coût de mise en œuvre. Les véhicules actuels utilisent des réseaux locaux pour interconnecter les équipements.

La solution de la société ACTIA est une solution générique d'interconnexion des équipements destinée à contrôler les fonctions électriques. Elle s'adapte sur différents véhicules industriels. Elle est personnalisée en fonction des souhaits des clients. Cette solution est composée d'un ensemble de modules calculateurs spécialisés pour des véhicules, communiquant entre eux par réseau CAN.

1.1.1 MODULES GÉNÉRIQUES

Il existe plusieurs types de modules génériques :

Des modules spécialisés pour le tableau de bord :

- Les « SLU » (Screen and Ligth Unit) : ce sont des modules d'entrées sorties permettant d'interfacer des diodes ou des ampoules, des commutateurs, interrupteurs ou boutons poussoirs.
- Les « SCU » (Screen Control Unit) et « MCU » (Management Control Unit) : elles permettent de gérer les SLU au niveau applicatif et assurent les fonctions de gestion du réseau CAN. Les SCU possèdent une interface graphique sous forme d'afficheur à cristaux liquides.



Des modules spécialisés pour le véhicule :

- Les unités d'entrée sortie « IOU » (Input Output Unit) : ce sont des modules permettant d'interfacer des capteurs – actionneurs sur le réseau CAN.
- Les unités de supervision CMU (Central Management Unit) : elles permettent de contrôler le fonctionnement du système. Elles pilotent les unités d'entrées sorties (IOU) à travers le réseau CAN et disposent également d'entrées ou de sorties propres.

1.1.2 LE MULTIPLEXAGE AU SEIN D'UN VÉHICULE

Le multiplexage correspond à l'interconnexion des équipements au sein d'un véhicule.

L'architecture générique comporte trois parties :

L'interconnexion des équipements associés au châssis (moteur, suspension, boîte de vitesse, freins).

L'interconnexion des équipements du corps du véhicule et son environnement (portes, éclairage externe et interne, signalisation, essuie glace, climatisation, agenouillement du bus).

Et enfin l'interconnexion des équipements du tableau de bord.

D'autres options sont également proposées; elles concernent généralement des équipements de confort (radio, éclairage, etc.).

Suivant les fonctionnalités, les spécifications pour le réseau CAN ne sont pas les mêmes, on distingue par exemple :

- Inter system bus CAN SAE J1939 au niveau du châssis,
- Intra system CAN network ISO 11898 au niveau du corps du véhicule,
- J1708 pour les équipements optionnels de confort.

La société ACTIA utilise pour des couches applicatives spécifiques : MULTIBUS CAN pour les équipements du corps du véhicule et MULTIBUS Dashboard pour le tableau de bord.

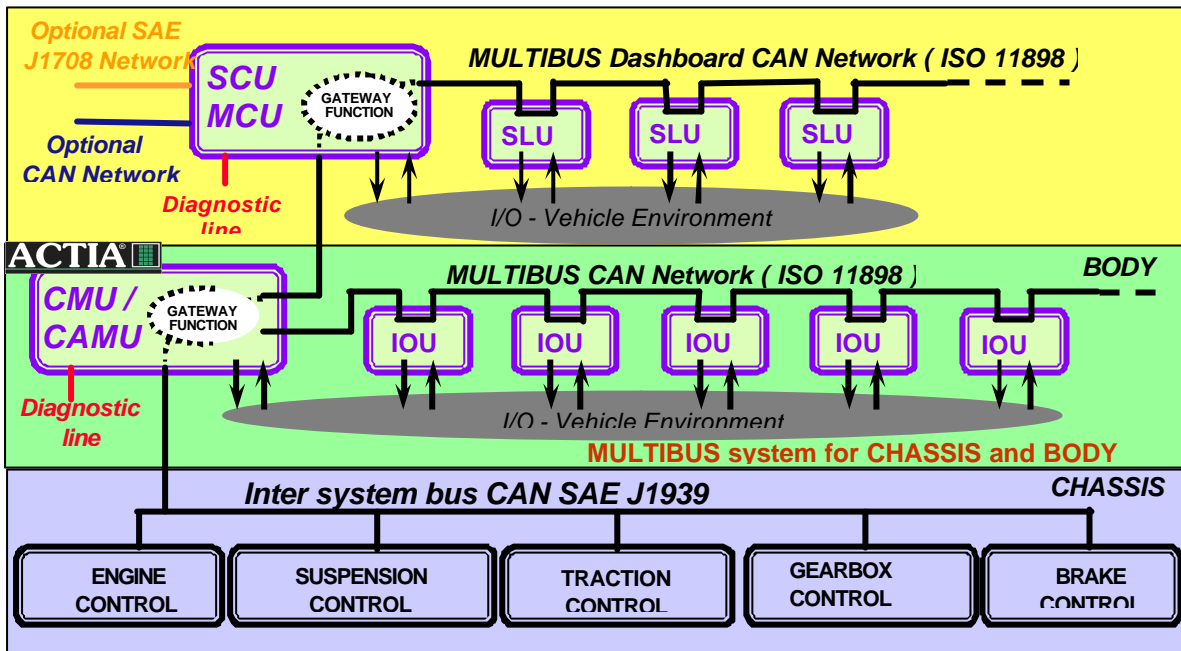
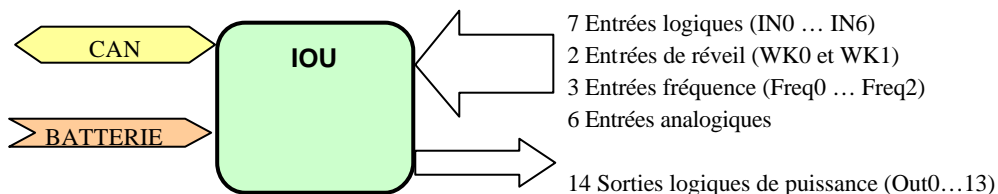


Figure 1. Architecture générale des réseaux au sein d'un véhicule :

1.1.3 DESCRIPTION DES UNITÉS D'ENTRÉE SORTIE



Les 14 sorties logiques de puissance se décomposent de la manière suivante :

- 2 sorties pouvant délivrer 9 A (Out 0, Out12)
- 4 sorties pouvant délivrer 7 A (Out 5, Out11, Out13, Out14)
- 3 sorties pouvant délivrer 3,2 A (Out1, Out2 et Out3)
- 6 sorties pouvant délivrer 2 A (Out 4, Out6, Out7, Out8, Out9 et Out10)

4 sorties pouvant former deux ponts en H commandés en PWM pouvant délivrer 5 A

Ces ponts sont équipés d'une mesure de courant en interne (CPU_SHUNT0 pour le pont constitué de Out11 et Out12 et CPU_SHUNT1 pour le pont constitué de Out13 et Out14)

A chacune de ces 14 sorties est associée une entrée logique de mesure de défaut (CPU_STAx)

Toutes les entrées peuvent être configurées pour être utilisées en entrées logiques.

Les modules sont alimentés par les connecteurs CN1 et CN5.

- Au connecteur CN1 : V_{AMS} ou V_{ACB} . (ACB : Après coupe-batterie = AMS : After Master Switch)
Alimentation principale de puissance du module
- Au connecteur CN5 : (V_{bat} Unswitched)
Alimentation secondaire du module. Permet la sortie du mode veille du module et l'utilisation de certaines sorties lorsque le contact est coupé.

1.2 SYSTÈME DE GESTION DES ÉQUIPEMENTS D'UN AUTOBUS

1.2.1 FONCTIONNALITÉS

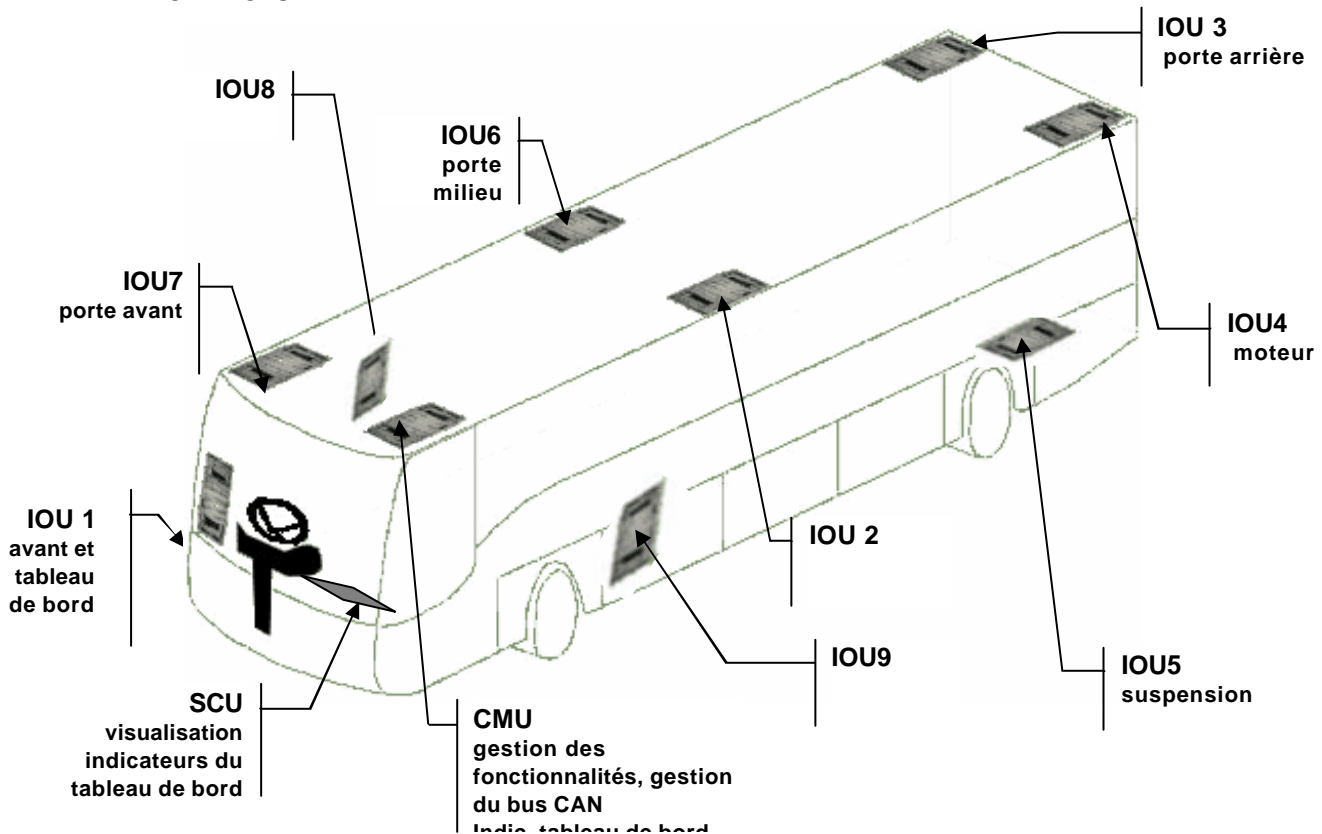
Dans le cas de l'autobus à 3 portes de la ville de Lyon, les fonctionnalités que doit gérer le système sont :

- La commande de l'ouverture et la fermeture des portes
- La gestion de la rampe d'accès pour handicapé
- La commande des essuie-vitres
- La gestion de l'affichage des panneaux (arrêt demandé, etc.)
- La commande du microphone et de la caméra
- La commande de l'éclairage externe (feux, phares, etc.) et interne du bus
- Le contrôle du moteur
- Le contrôle des freins
- La gestion de la suspension (abaissement, soulèvement, agenouillement du véhicule)
- La commande des équipements thermiques (dégivrage, chauffage, climatisation)
- La commande des voyants de défaut

Le fonctionnement dépend du cahier des charges fourni par le client de l'autobus.

1.2.2 ARCHITECTURE DU SYSTÈME DE GESTION DES ÉQUIPEMENTS DE L'AUTOBUS

• ARCHITECTURE MATÉRIELLE



Pour l'ensemble de l'autobus, neuf unités d'entrées sorties (IOU) sont associées aux capteurs actionneurs du moteur et du châssis. Ces unités d'entrées sorties sont pilotées par une unité de supervision (CMU) qui dialogue avec l'unité de contrôle de la visualisation (SCU) associé au tableau de bord.

C'est le CMU qui contrôle le fonctionnement et réalise « l'application client » c'est-à-dire les fonctionnalités du cahier des charges du client (modalités de commande de l'ouverture et la fermeture des portes, gestion de la rampe d'accès pour handicapé, des essuie vitres, de l'éclairage, le contrôle du moteur, des freins, etc.).

• ARCHITECTURE LOGICIELLE

Les modules d'entrées sorties (IOU) et les modules de visualisation (SLU) sont des modules esclaves. Ce sont des calculateurs n'ayant pas de logiciel lié à l'application client. Ils répondent exclusivement aux ordres du calculateur maître (CMU) transitant via le réseau CAN.

Les modules de gestion du fonctionnement et de la visualisation (CMU, SCU) sont les modules maîtres. Ce sont des calculateurs qui contiennent des structures logicielles liées aux fonctionnalités souhaitées par l'application client. Ils échangent des données applicatives entre eux via un réseau CAN et pilotent les modules esclaves via le réseau CAN. L'architecture logicielle des unités de supervision (CMU) est composée de trois parties

* boot

* moniteur

* application client (gestion des équipements de l'autobus, gestion des portes, gestion de l'éclairage, de l'agenouillement, etc.).

Les fonctionnalités que doivent assurer le CMU sont organisées en tâches. Le séquençage de ces tâches est assuré par le moniteur qui s'appuie sur le noyau temps réel RTX Tiny. L'appel des tâches est effectué cycliquement avec un temps de cycle de 50 ms.

Dans la suite de l'étude, nous nous limiterons au sous système d'ouverture des portes.

2 SOUS SYSTÈME D'OUVERTURE DES PORTES

2.1 PRÉSENTATION

L'autobus étudié comprend 3 portes : une porte avant, une porte centrale (nommée : *Milieu1*) et une porte arrière.

Les portes de l'autobus sont constituées de deux vantaux. Ces deux vantaux sont couplés mécaniquement et pilotés par un seul moteur à courant continu.

Une porte peut être ouverte à partir de :

- L'appui sur un bouton poussoir situé sur le tableau de bord du bus
- L'appui sur un bouton poussoir situé au niveau de la porte à l'intérieur du bus
- L'appui sur un bouton poussoir situé à l'extérieur du bus (pour la porte avant seulement)
- Une porte peut être fermée à partir de l'appui sur un bouton poussoir situé sur le tableau de bord du bus

L'ouverture et la fermeture des portes doivent respecter des contraintes de sécurité. Par exemple :

- L'ouverture des portes peut être interdite tant que le véhicule n'est pas à l'arrêt ou encore si le véhicule est en cours d'abaissement, de soulèvement ou d'agenouillement
- Le conducteur doit autoriser l'ouverture des portes (bouton poussoir « habilitation porte » ou « autorisation porte avant de l'extérieur » situé sur le tableau de bord)

Le chauffeur du bus doit être prévenu de la demande d'arrêt d'un passager. Des boutons poussoirs « arrêt demandé » sont répartis dans le bus. Un affichage de la demande est effectué dans le bus et sur le tableau de bord.

Les principales grandeurs en sorties sont les alimentations des éléments suivants :

- Moteurs des portes (*Avant, Arrière et Milieu1*)
- Freins des portes (*Avant, Arrière et Milieu1*)
- Voyant arrêt demandé sur le tableau de bord
- Voyant toutes portes fermées sur le tableau de bord
- Voyant autorisation de l'ouverture de la porte avant de l'extérieur
- Voyant Portes ouverte (*Avant, Arrière, Milieu1*) sur le tableau de bord
- Voyant inhibition des sécurités des portes
- Voyant habilitation du bouton poussoir porte (*Avant, Arrière, Milieu1*)
- Éclairage arrêt demandé (*porte Milieu1, Avant*),
- Sonnerie arrêt demandé

2.2 SCHÉMATISATION DU SYSTÈME D'OUVERTURE DES PORTES

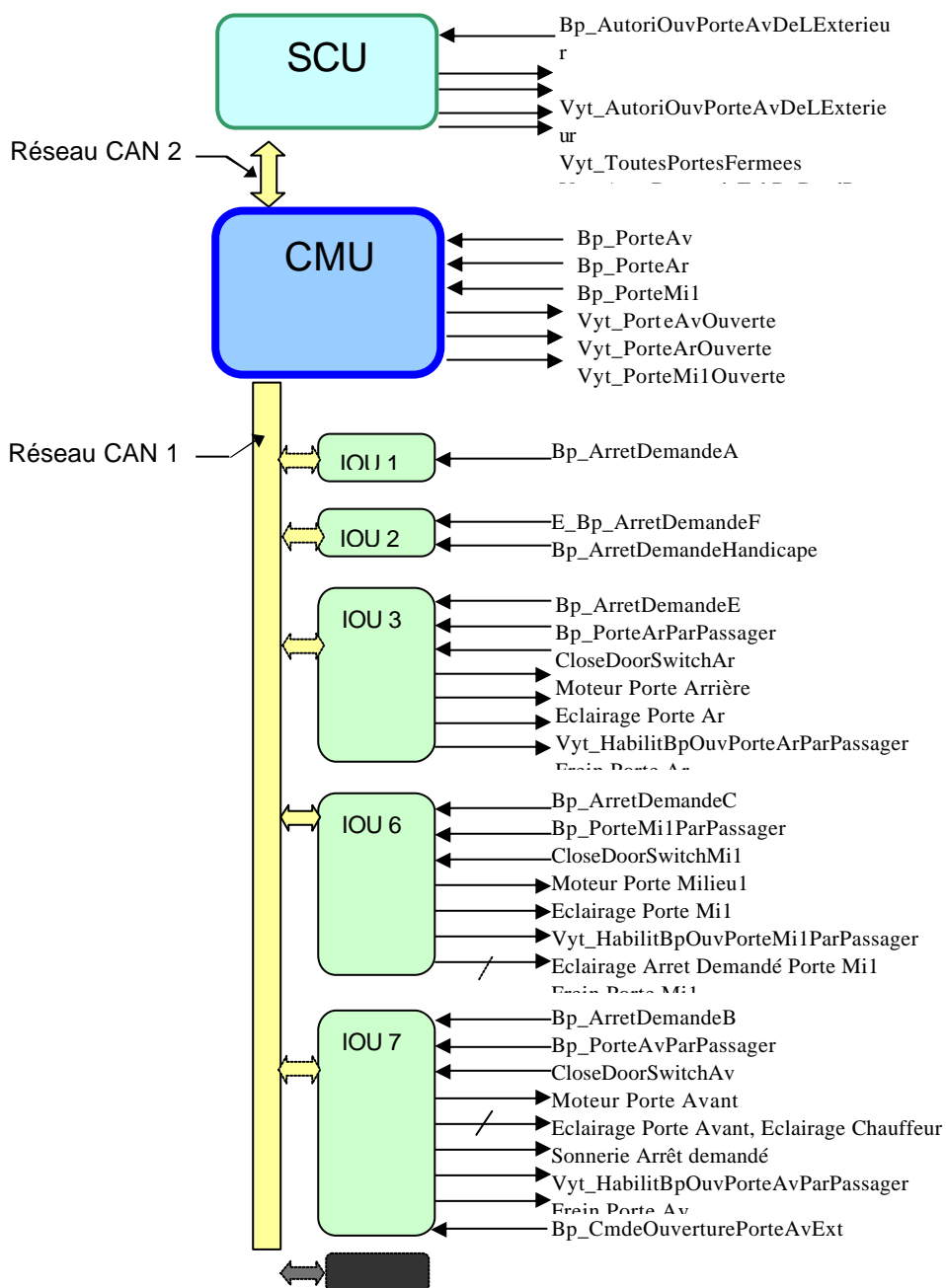
2.2.1 ARCHITECTURE MATÉRIELLE

Le système d'ouverture de portes de l'autobus est essentiellement basé sur six unités d'entrées sorties (IOU), une unité de supervision (CMU) et une unité de contrôle de la visualisation (SCU).

Les unités d'entrées sorties (IOU) sont reliées aux capteurs (capteur de position de la porte, bouton poussoir de demande d'ouverture, ...) et aux actionneurs (moteurs, voyants état des portes, etc.). L'IOU7 assure la commande du moteur de la porte avant, l'IOU6 la commande de la porte du milieu et l'IOU3 celle de la porte arrière. Ces unités d'entrées sorties (IOU) alimentent les moteurs des portes à partir de la tension fournie par la batterie via un pont en H. Les capteurs associés à la gestion de la porte sont reliés aux unités d'entrées sorties suivant leur localisation dans l'autobus. Les unités d'entrées sorties communiquent avec l'unité de supervision (CMU) via un réseau CAN (réseau CAN1).

C'est l'unité de supervision (CMU) qui contient le logiciel de gestion de l'ouverture des portes. Ce module est également en interaction avec :

- Une unité de contrôle de la visualisation (SCU) qui gère plus particulièrement les équipements raccordés au tableau de bord via un second réseau CAN (CAN2).
- D'autres unités d'entrées sorties (IOU) gérant d'autres équipements (vitesse véhicule, état de la rampe d'accès pour handicapé etc.) via le réseau CAN1. Ceux-ci n'ont pas été représentés.



Remarque :

Les unités d'entrées sorties sont également utilisées pour des capteurs et actionneurs concernant d'autres fonctionnalités que la gestion des portes.

2.2.2 SCHÉMA FONCTIONNEL

Sauf indications contraires, la description se limite au fonctionnement normal du système, la phase d'initialisation étant terminée.

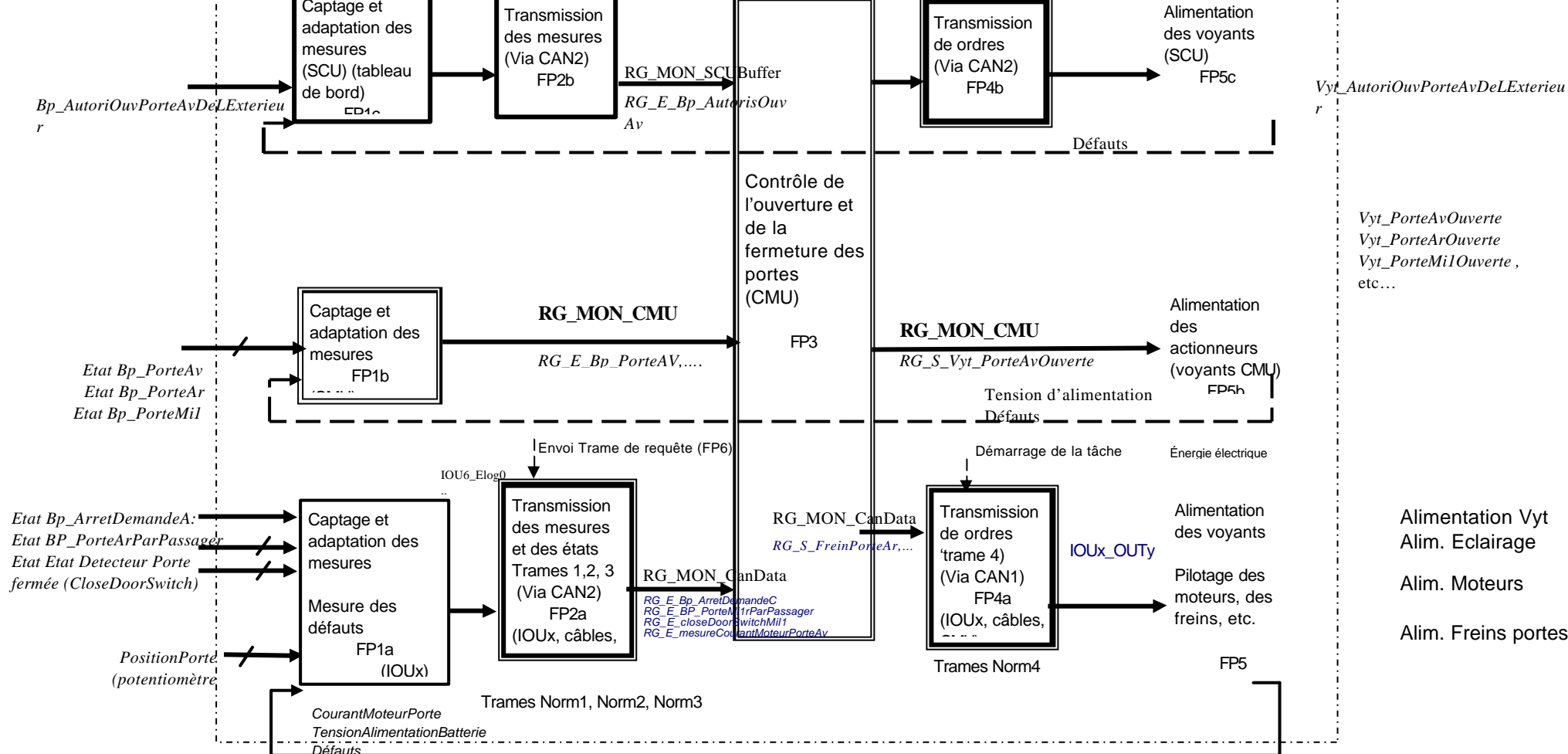


Figure 2. Schéma fonctionnel du système de commande de l'ouverture de portes pour le fonctionnement normal (initialisation terminée)

Toutes les entrées sorties fonctionnelles ne sont pas représentées

2.3 ACQUISITION DES ENTRÉES (FP1)

• VUE D'ENSEMBLE DES FONCTIONS FP1A, FP1B, FP1C

Ces fonctions sont assurées par un ensemble de structures (matérielles et logicielles) situées dans les unités d'entrées sorties IOU (FP1a), dans le CMU (FP1b) et le SCU (FP1c).

Elles permettent d'assurer l'acquisition des données externes comme :

- État des boutons poussoir ouverture de porte par passager (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- État des boutons poussoir arrêt demandé (*A, B, C, D, E, Handicapé*)
- États des détecteurs porte fermée (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- États des boutons poussoir extérieur d'ouverture de la porte avant
- État du bouton poussoir autorisation ouverture porte avant de l'extérieur (sur le tableau de bord)
- La position de la porte

Elles permettent également d'assurer l'acquisition de données internes au système comme :

- Défaut alimentation des moteurs (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- Défaut des freins des moteurs de portes (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- Défaut de la commande de la direction des moteurs de portes (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- Le courant dans les moteurs (*Avant, Milieu1, Arrière*)
- La tension de la batterie (IOU3, IOU6, IOU7) et du CMU
- La température des IOU et du CMU

Suivant la nature des entrées (logiques, analogiques, fréquentielles) divers traitements (amplification, filtrage, compensation des offsets, comparaison à un seuil) sont effectués. Pour une entrée analogique, la sortie corrigée est reliée à l'entrée EAna0 par une relation du type :

$$\text{Scorr} = (K2 * E_Ana0 / K1 + K2 * Dt1 + Dt2 + B) * A$$

K1, K2, Dt1 et Dt2 sont des imperfections de la chaîne analogique. A et B sont là pour les corriger, en fonction de l'estimation de K1, K2, Dt1 et Dt2 obtenue lors du calibrage.

La grandeur d'entrée est numérisée et filtrée par un filtre numérique. Les paramètres de traitement sont stockés une Eprom associée à chaque unité d'entrées sorties (de même pour le CMU et le SCU).

Le calculateur des modules (IOU, CMU, SCU) est muni d'un moniteur qui s'appuie sur un noyau temps réel. Les tâches d'acquisition des entrées s'effectuent avec un temps de cycle de 50 ms.

Les sorties sont de variables logicielles.

La fonction FP1b qui assure l'acquisition des entrées du CMU, communique avec le logiciel de gestion de portes (FP3) via la structure de donnée *RG_MON_CMU* qui contient l'état des entrées (par exemple *RG_E_Bp_PorteAV*)

• MESURE DE LA POSITION DE LA PORTE

La position de la porte est mesurée par un potentiomètre (0 – 2,2 kΩ) couplé à la partie mécanique.

Un calibrage du capteur est réalisé de sorte que :

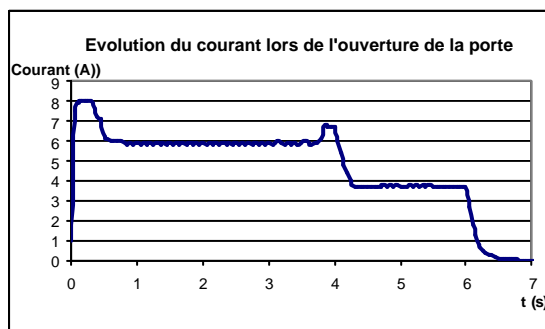
- Porte position fermée → la sortie corrigée *RG_E_PositionPorte* est égale à 0
- Porte position complètement ouverte → la sortie corrigée *RG_E_PositionPorte* est égale à 100

La position de la porte est également estimée à partir de l'évolution du courant dans le moteur (très utile pour le fonctionnement en mode dégradé).

• MESURE DU COURANT DANS LE MOTEUR

Le courant dans le moteur est mesuré dans l'unité d'entrées sorties (IOU).

Figure 3



Avant la livraison de l'autobus, une procédure de test et de calibrage est faite pour chaque porte à l'ouverture et à la fermeture. En phase d'exploitation, la valeur du courant donnera donc une indication sur l'état de la porte.

Le courant dans le moteur dépend de la vitesse de fermeture ou d'ouverture souhaitée, de la tension de la batterie, de la température, du dévers, du nombre de cycles d'ouverture fermeture dans la demi-heure précédente, mais aussi du vieillissement de la porte.

Donc en phase d'exploitation, l'évolution de la position de la porte ainsi que celle du courant dans le moteur sont mesurées à

chaque ouverture et fermeture de porte.

Ces mesures serviront à faire évoluer le gabarit du courant pour les cycles suivants de fonctionnement. Les gabarits et le pilote de la porte sont auto adaptatifs.

Si le courant dans le moteur est supérieur à la valeur définie dans le gabarit, cela peut signifier un obstacle à la fermeture ou à l'ouverture de la porte. La mesure du courant dans le moteur participe donc à la détection d'obstacle. Ce point est important en cas de fonctionnement en mode dégradé (défaut capteur position par exemple).

En conclusion, la mesure du courant servira :

- À déterminer la position de la porte
- À participer à la détection d'un obstacle
- À faire évoluer le gabarit pour l'ouverture et la fermeture en fonction du vieillissement.

Ces fonctions sont réalisées par l'unité de supervision (CMU) dans la fonction FP3 (gestion des portes).

2.4 TRANSMISSION DES MESURES VIA LES RÉSEaux CAN (FP2)

• TRANSMISSION DES MESURES DES IOU VERS LE CMU (RÉSEAU CAN1) FP2A

Rôle de la fonction

Le rôle de cette fonction est de gérer l'émission des données des unités d'entrées sorties (IOU) et leur réception par l'unité de supervision (CMU) via le réseau CAN1. Elle est donc chargée de la création et l'émission des trames par un IOU d'une part, de la réception des trames et l'extraction des données par le CMU d'autre part.

Cette fonction est réalisée à l'aide :

- D'un moniteur embarqué dans le calculateur de l'IOU, d'un contrôleur CAN (pour chaque IOU)
- Des connecteurs et du câblage réseau CAN
- D'un contrôleur CAN et du moniteur du CMU.

Chaque IOU dispose de trois trames pour envoyer ses mesures vers le CMU (*Norm1, Norm2, Norm3*).

Description du réseau

Le réseau a une topologie de type bus (réseau non bouclé avec une seule branche). Le réseau répond aux spécifications CAN 2.0 part B. Les identifiants sont en mode étendu. Le débit est de 250 kbits/s.

La société ACTIA utilise une couche applicative spécifique pour le réseau CAN (MULTIBUS).

L'unité d'entrées sorties (IOU) se comporte en esclave et répond à une trame de requête en provenance de l'unité de supervision (CMU). L'émission de ces trames de requête est gérée par le moniteur de l'unité de supervision (tâche A du moniteur du CMU, cf. Fonction FP6).

Les IOU sont repérées par une adresse logique qui est utilisée pour définir les identifiants des trames CAN qui les concernent, ainsi que l'ordre d'adressage.

Toutes les 50 ms, des trames de requête sont envoyées par le CMU.

Le contrôleur CAN du CMU stocke les données des trames reçues dans ses registres.

Régulièrement le CMU vient lire les données de toutes les trames du réseau CAN2 et les stockent dans la zone de mémoire partagée de la RAM.

La lecture des registres du contrôleur CAN avec la mise à jour de la zone de mémoire partagée du CMU est découpée en 4 tâches.

• TRANSMISSION DES MESURES DU SCU VERS LE CMU (RÉSEAU CAN2) FP2B

Le réseau a une topologie en bus et répond aux spécifications CAN 2.0 part B. Les identifiants sont en mode étendu. Le débit est de 250 kbits/s. Les deux réseaux CAN1 et CAN2 sont indépendants.

L'unité de contrôle de la visualisation (SCU) fonctionne en maître secondaire et non pas en esclave comme les unités d'entrées sorties (IOU).

Les données de toutes les trames du réseau CAN2 sont stockées dans la zone de mémoire partagée de la RAM de l'unité de supervision (CMU).

2.5 CONTRÔLE DE LA PORTE (FP3)

C'est le calculateur de l'unité de supervision (CMU) qui contrôle le fonctionnement de la porte et réalise les fonctionnalités de l'application imposée par le cahier des charges. Il n'y a pas de logiciel lié à l'applicatif du contrôle des portes dans les unités d'entrées sorties (IOU).

Les sorties de cette fonction sont les paramètres de commandes

- Des moteurs des portes avant, arrière et milieu (arrêt/marche, sens de rotation, rapport cyclique de la tension d'alimentation -- neuf valeurs possibles)
- Des freins des portes avant, arrière et milieu (deux états possibles)
- Des voyants reliés aux IOU, aux SCU, aux CMU
- De l'éclairage des panneaux.

Les données de toutes les trames du réseau CAN1, du réseau CAN2, ainsi que les données échangées avec le module d'entrées sorties intégré au CMU, sont stockées dans une zone de mémoire partagée de la RAM de l'unité de supervision (CMU).

Trois structures de données sont utilisées :

- *RG_MON_SCUBuffer* pour les échanges avec le SCU (réseau CAN2)
- *RG_MON_CanData* pour les échanges avec les unités d'entrées sorties (IOU) (réseau CAN1)
- *RG_MON_CMU* pour les entrées sorties directement reliées au CMU.

Cette fonction s'appuie sur trois tâches principales :

- La tâche *MAJ_Entree* a pour rôle de lire les données contenues dans ces structures, de mettre à jour les variables de l'application avec les données en provenance des SCU, des IOU et des entrées directement reliés aux CMU
- La tâche *Exe_fonctionsporte* qui détermine les commandes à appliquer aux moteurs des portes et aux voyants
- La tâche *Maj_Sortie* qui place les commandes destinées aux IOU dans la table *RG_MON_candata*, dans *RG_MON_scubuffer* pour les commandes du SCU et dans *RG_MON_CMU* pour les sorties directement reliées au CMU.

Le rôle de la tâche *Exe_FonctionsPorte* est de :

- Déterminer l'état de la tension d'alimentation de chaque IOU qui pilote le moteur d'une porte (15 états possibles)
- Gérer les voyants de défaut, gérer l'inhibition de la sécurité des portes, l'autorisation d'ouverture des portes par les passagers
- Gérer le fonctionnement de la porte. C'est-à-dire :
 - Déterminer l'état du fonctionnement de chaque porte, détecter la présence d'obstacle ou de dysfonctionnement
 - Décider de l'évolution et calculer les commandes à appliquer aux sorties (sens de rotation du moteur et commande PWM)
- Gérer les voyants de signalisation de l'état des de portes
- Déterminer les commandes à appliquer aux panneaux arrêt demandé et la sonnerie correspondant à une demande d'arrêt d'un passager.

2.5.1 ECHANGE DE DONNÉES

L'accès aux données d'entrées sorties des IOU se fait par deux index élaborés à partir du numéro global de la trame et du numéro de l'octet de la trame choisie. Pour obtenir le numéro global d'une trame, il faut connaître l'unité d'entrée sortie (IOU) à laquelle elle appartient.

Pour les données en provenance du SCU, le logiciel de gestion de portes (FP3) utilise la table *RG_MON_SCU_BUFFER*.

Pour les données échangées avec le module d'entrées sorties intégré au CMU, le logiciel de gestion de portes (FP3) utilise la structure de donnée *RG_MON_SCU*.

```
typedef struct // extrait du fichier RGmon.h
{
    T_BOOLEEN ELog0;
    T_BOOLEEN EAna0L;
    T_BOOLEEN PresACB;
    T_BOOLEEN ERev0;
    ..
}T_RG_MON_CMU;
```

2.5.2 DESCRIPTION DES DIFFÉRENTS ÉTATS DE LA PORTE

Le fonctionnement de l'application de gestion des portes (Tâche *Exe_FonctionsPorte*) est essentiellement basé sur des machines à états finis.

Pour la position de la porte, les états sont : porte fermée, porte non fermée et porte ouverte.

Le nombre d'états considérés pour la porte dépend du mode de fonctionnement : nominal ou dégradé. Le mode dégradé est utilisé en cas de défaut des capteurs, de la communication entre l'unité de supervision (CMU) et les unités d'entrées sorties (IOU).

États pour la porte en fonctionnement « mode nominal » :

- Inactive
- En cours de fermeture
- En cours de réouverture suite à un obstacle détecté à la fermeture
- Inactive suite à un défaut lors de la réouverture
- En cours de fermeture après un arrêt lors de la fermeture (suite à un obstacle)
- En cours d'ouverture
- En cours de fermeture suite à un obstacle détecté à l'ouverture
- Inactive suite à un défaut lors de l'ouverture (attente avant nouvel essai d'ouverture)
- En cours de fermeture après un arrêt lors de l'ouverture (suite à un obstacle)
- En cours de réouverture après un arrêt lors de l'ouverture (suite à un obstacle)
- Frein actif
- Frein inactif.

États pour la porte en fonctionnement « mode dégradé » :

- Inactive
- En cours de fermeture
- En cours d'ouverture.

2.6 TRANSMISSION DES COMMANDES (FP5)

Le rôle de cette fonction FP5A est de gérer la transmission par l'unité de supervision (CMU) des actionneurs reliés aux unités d'entrée sortie (IOU) via le réseau CAN1, de leur réception par les IOU. Cette fonction s'appuie sur le même réseau et les mêmes composants que pour la fonction FP2a. Chaque unité d'entrée sortie (IOU) dispose d'une trame (*Norm4*) pour recevoir les commandes qui lui sont destinées. Les données à envoyer dans la trame sont stockées dans une zone de mémoire partagée de la RAM de l'unité de supervision (CMU). La mise à jour du contrôleur CAN du CMU avec les commandes à envoyer est réalisée par des tâches nommées *C1*, *C20*, *C3*, *C4*. Ces tâches sont pilotées par le moniteur du CMU (cf. fonction FP7).

Le rôle de la fonction FP5B est de gérer la transmission par l'unité de supervision (CMU) des commandes à destination de l'unité de contrôle de la visualisation (SCU) via le réseau CAN2.

2.7 COMMANDE DES ACTIONNEURS FP6

Le rôle de cette fonction est de générer la tension d'alimentation des voyants, les alimentations des moteurs, des freins, de la sonnerie et de l'éclairage des panneaux en fonction des commandes extraites des trames CAN *Norm4* envoyées par le CMU.

L'énergie nécessaire est fournie par la batterie via les IOU.

Le calculateur d'un IOU est muni d'un moniteur qui s'appuie sur un noyau temps réel. La tâche de lecture des commandes provenant du CMU via le réseau CAN et de mise à jour des sorties s'effectue avec un temps de cycle de 50 ms.

Les principales grandeurs en sorties du système d'ouverture des portes sont :

- Les tensions : *Umoteurx*, différences de potentiel aux bornes du moteur, de type PWM, d'amplitude 24 V, de fréquence 50 khz, de rapport cyclique fourni par le CMU (*RG_S_PWM_Freq_cmdemoteurportex*)
- Les tensions *Ufreinx* : (frein des portes avant, arrière et milieu) prennent deux états
- Les tensions *Uvoyantxx* alimentant :
 - Les voyants habilitation bouton poussoir porte
 - Les voyants portes ouverte sur le tableau de bord
 - Le voyant autorisation de l'ouverture de la porte avant de l'extérieur
 - Le voyant arrêt demandé sur le tableau de bord
 - Le voyant toutes portes fermées sur le tableau de bord
 - Le voyant inhibition des sécurités des portes
- La tension *USonnerie Arrêt demandé*
- Les tensions *Uéclairage* (éclairage arrêt demandé milieu et avant).

2.8 GESTION DES TÂCHES FP7

C'est l'unité de supervision (CMU) qui pilote le fonctionnement et réalise les fonctionnalités de l'application imposée par le cahier des charges.

L'architecture logicielle des unités de supervision (CMU) est composée de trois parties :

- Boot
- Moniteur
- Application (dépend du cahier des charges du client et des équipements de l'autobus).

Les fonctionnalités que doit assurer l'unité de supervision (CMU) sont organisées en tâches. Le séquençage de ces tâches est assuré par le moniteur qui s'appuie sur le noyau temps réel *RTX Tiny*. L'appel des tâches est effectué cycliquement avec un temps de cycle de 50 ms.

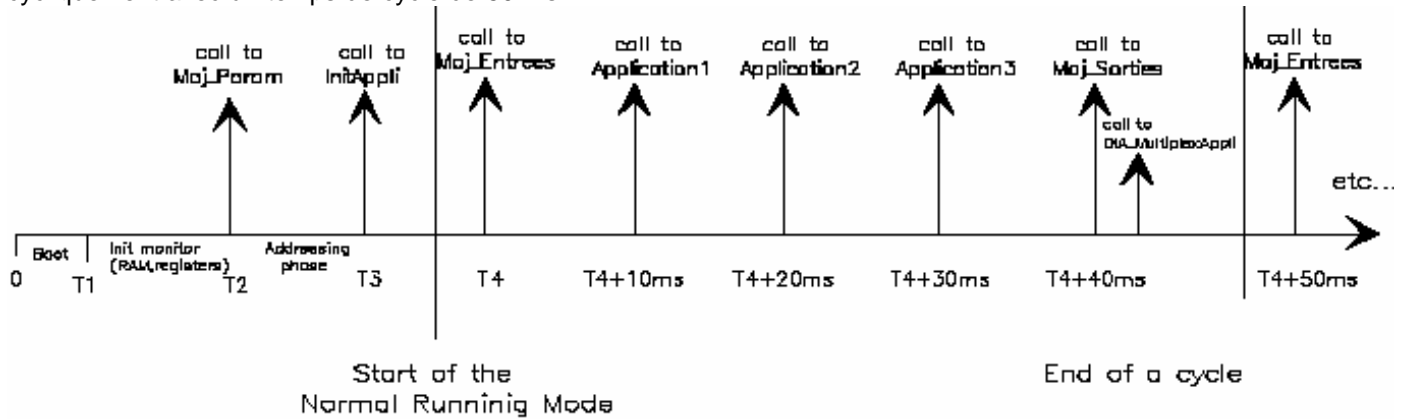


Figure 4: Séquençage des tâches, au démarrage puis en fonctionnement normal.

On distingue deux phases de fonctionnement successives : le démarrage puis le mode normal.

Après la phase de boot et l'initialisation du moniteur, une initialisation du réseau (réveil et adressage) est effectuée, puis on a une initialisation de l'application. Les phases de réveil et d'adressage sont indépendantes de l'application.

En mode « normal », le séquençage des appels à l'applicatif est le suivant :

- MAJ_ENTREES* à T (actualisation des entrées : lecture de la zone de mémoire partagée)
- APPLICATION1* à T + 10 ms
- APPLICATION2* à T + 20 ms
- APPLICATION3* à T + 30 ms
- MAJ_SORTIES* à T + 40 ms (actualisation des sorties : écriture de la zone de mémoire partagée)
- DIA_MultiplexAppl*

La période d'appel des tâches est de 50 ms.

Le cœur de l'applicatif client est organisée en trois sections : *application1* (début), puis *application2* et *application3* (fin). L'applicatif de contrôle des portes (FP3) est lancé dans la tâche « *application3* ».

DIA_MultiplexAppl : a pour fonction principale le diagnostic. Elle permet d'analyser une réponse de la trame de diagnostic et de définir en conséquence la réponse.

En fonctionnement « normal », outre le cadencement des tâches, le moniteur du CMU doit également assurer les tâches spécifiques suivantes :

- La lecture des entrées logiques et analogiques du CMU
- L'émission des trames de requête et des trames de gestion du réseau CAN
- La détection des défauts des sorties du CMU
- L'émission et la réception des trames de données CAN (gestion par blocs) avec la mise à jour de la zone d'échange des données avec l'application
- Le traitement et la mise à jour des sorties logiques et fréquentielles du CMU.

Sommaire du sujet

SUJET	22
A ANALYSE DU FONCTIONNEMENT	22
A.1 Étude d'une demande d'Arrêt du bus	22
A.2 Étude de l'ouverture de la porte AVANT	23
A.3 Influence de la tension de la batterie.....	24
A.4 Estimation de la position de la porte AVANT.....	24
A.5 Élaboration des documents de présentation du système.....	24
B ÉTUDE DE LA STRUCTURE D'UNE UNITÉ D'ENTRÉES-SORTIES	25
B.1 Étude des entrées Logiques	25
B.2 Étude des sorties des IOU	25
B.3 Étude partielle de la chaîne de mesures analogiques	26
B.4 Exploitation pédagogique concernant les unités d'entrées sorties	26
B.4.1 Présentation de la chaîne d'acquisition analogique.....	27
B.4.2 Définition de la séquence.....	27
B.4.3 Élaboration détaillée d'une partie de la séquence.....	28
C ÉTUDE DE LA COMMUNICATION ENTRE LES UNITÉS D'ENTRÉES SORTIES (IOU) ET L'UNITÉ DE SUPERVISION (CMU)	28
C.1 Étude de la liaison CAN.....	28
C.2 Exploitation pédagogique concernant la communication.....	29
C.2.1 Contexte de l'exploitation pédagogique	29
C.2.2 Documents de présentation de la communication par réseau CAN	30
C.2.3 Définition d'une séquence.....	30
C.2.4 Élaboration détaillée d'une partie de la séquence.....	30

SUJET

Sauf indications contraires, l'étude est limitée au fonctionnement « normal » du système : les éléments du système (IOU, CMU, etc.) étant « réveillés » et les phases d'adressage, de test et d'initialisation terminées.

A ANALYSE DU FONCTIONNEMENT

A.1 ÉTUDE D'UNE DEMANDE D'ARRÊT DU BUS

On considère le cas d'utilisation suivant : un passager appuie sur le bouton poussoir *arrêt_demandé_C*, les deux panneaux arrêt demandé (avant et milieu du bus) doivent s'allumer, ainsi que le voyant sur le tableau de bord du conducteur et la sonnerie arrêt demandé.

On souhaite expliciter le rôle des différents objets et leur interaction pour ce cas d'utilisation.

On considère que l'unité de supervision (CMU) est décomposée en 3 éléments principaux : un module d'entrée sortie, le moniteur qui gère le fonctionnement du CMU (cf. la description de la fonction gestion des tâches) et le logiciel de gestion de l'ouverture et de la fermeture des portes du bus. On distingue également les cinq unités d'entrées sorties (IOU) et l'unité de contrôle de la visualisation (SCU).

Pour les questions suivantes, on se référera essentiellement aux informations données dans le dossier de présentation et les annexes A.2, A.4.2 et B.3.

Q1. Identification des éléments du système concernés par la gestion d'une demande d'arrêt, et des interactions associées.

- a) Repérer le numéro de l'IOU et le type d'entrée utilisée pour la détection de l'appui sur le bouton poussoir Arrêt demandé C.
- b) Préciser à quel élément du système (CMU, SCU, IOU), cette donnée sera envoyée. Préciser le type de communication utilisée (liaison directe, liaison série, réseau CAN).
- c) Dans le cas d'une communication par réseau CAN, préciser la trame concernée (Norm1, Norm2, Norm3, Norm4).
- d) Repérer le module qui commande le panneau « Arrêt Demandé avant », le panneau « Arrêt Demandé milieu », le voyant « Arrêt Demandé » du tableau de bord et la sonnerie.

Q2. Représentation de la chronologie des échanges

Pour le cas d'utilisation décrit ci-dessus (gestion d'une demande d'arrêt), on souhaite inventorier les échanges entre les différents éléments du système en respectant leur chronologie. Ces interactions sont repérées par une flèche sur le document réponse N°1.

- a) Indiquer sur le document réponse DR 1, la signification du message ou les opérations principales associées à chaque flèche, en respectant la chronologie.

Q3. Analyse du délai de réaction du système

L'ordonnancement des tâches réalisées par l'unité de supervision (CMU), présenté dans l'annexe A.4.2 peut se commenter comme suit :

- La tâche C1 correspond à l'émission des trames (Norm4) contenant les commandes pour les IOU du bloc 1 (IOU1, IOU2, IOU3)
- La tâche C20 correspond à l'émission des trames (Norm4) contenant les commandes pour les IOU 4, 5 et 6 d'une part et d'autre part à la lecture des données reçues sur le contrôleur CAN du CMU en provenance des IOU 1, 2 et 3 et leur stockage dans la zone de mémoire partagée
- MAj-Entrees correspond à la mise à jour des variables d'entrées de l'application (lecture de la mémoire partagée)
- MAj_Sorties correspond à la mise à jour de la mémoire partagée avec les sorties de l'application (écriture de la mémoire partagée).

L'application de gestion des portes est incluse dans le module « application3 ».

On ne tiendra pas compte dans cette question, du temps de transfert des informations sur le réseau CAN ou dans les structures électroniques. Le délai entre la réception d'une trame de requête et l'émission de la réponse par l'IOU est

négligeable (très inférieure à 10 ms). Pour un IOU, le délai maximum entre le changement sur une entrée de l'IOU et sa prise en compte dans la mise à jour dans la zone de donnée du contrôleur CAN est de 20 ms. De même le délai maximum entre la réception d'une trame de commande et le changement sur ses sorties est de 20 ms.

On supposera que toutes les tâches exécutées par l'unité de supervision (CMU) sont terminées dans le temps imparti.

- a) **Quel est le délai maximal entre l'appui sur le bouton poussoir « Arrêt_DemandeC » et la réception de cette information dans la mémoire partagée du CMU (RG_MON_CanData)?**
- b) **Donner la valeur du délai total entre l'appui sur le bouton poussoir et l'allumage du panneau lumineux « arrêt demandé » situé à l'avant du bus.**
- c) **Compléter le document réponse DR2 en faisant apparaître la chronologie des opérations intermédiaires.**

A.2 ETUDE DE L'OUVERTURE DE LA PORTE AVANT

On s'intéresse maintenant au cas d'utilisation de l'ouverture de la porte.

Les moteurs qui entraînent les portes sont pilotés en tension (commande de type PWM). Il n'y a pas d'asservissement de courant.

Q4. Evolution de la position de la porte en fonction du temps

La position de la porte est mesurée par un angle d'ouverture qui peut aller de 0° (porte fermée) à 100° (position maximale). La porte est déclarée ouverte à partir d'une position qui dépend du type de porte.

La tension appliquée au moteur dépend de l'état de fonctionnement (ouverture ou fermeture), de la position de la porte, de la tension d'alimentation du module IOU, du mode de fonctionnement (normal ou urgence).

Lors de l'ouverture ou la fermeture d'une porte, on a une phase de démarrage, puis une phase de fonctionnement qui dure environ 4 s et enfin une phase de ralentissement.

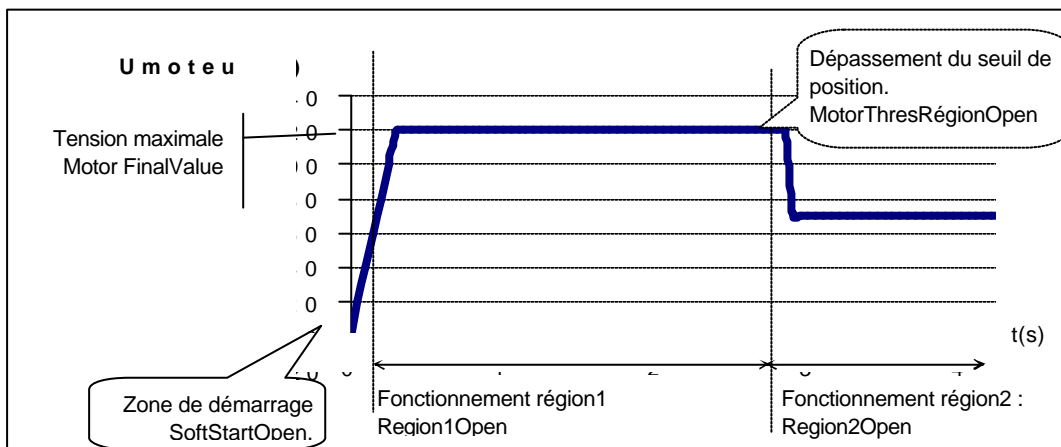


Figure 1 Évolution de la tension appliquée au moteur pendant l'ouverture

Pendant la phase de démarrage du moteur, la tension aux bornes du moteur est augmentée par pas, à chaque cycle de fonctionnement (toutes les 50 ms). Le passage de la « région1 » à la « région2 » apparaît lorsque la position de la porte dépasse un seuil d'ouverture. Ce seuil dépend du type de porte.

- a) **Justifier la présence de la phase de démarrage du moteur.**
- b) **À partir des données extraites du fichier d'initialisation init_Appli (cf. annexe A.4.1.3), montrer que la durée de cette phase est de 0,3 s si la tension de la batterie est de 23,5 V.**
- c) **Sur le document réponse DR 3, tracer en fonction du temps l'allure de la vitesse d'ouverture de la porte AVANT et l'évolution de l'angle d'ouverture de la porte AVANT. Préciser l'échelle sur les angles d'ouverture.**

Q5. Étude du rapport cyclique de la tension PWM

La tension générée par l'IOU qui pilote le moteur est de type PWM. (Cf. schéma électronique folio 6 des IOU fournis en annexe).

La tension de la batterie dans le cas idéal est de 24 V ($CT_THEORIC_VALUE_BATTERY=24V$).

- a) **Donner l'expression du rapport cyclique en fonction de la tension souhaitée aux bornes du moteur.**

- b) *Compte tenu des valeurs de rapport cyclique disponibles pour la génération des tensions PWM et en supposant que la tension de la batterie soit égale à 24 V, tracer sur le document réponse DR 3, l'évolution du rapport cyclique en fonction du temps. On repèrera bien les zones de fonctionnement : SoftStartOpen, Region1Open, Region2Open. Les axes seront correctement gradués à la fois sur l'axe des abscisses et sur l'axe des ordonnées.*
- c) *Dans l'application logicielle de gestion des portes, le rapport cyclique est toujours calculé en supposant que la tension de la batterie est égale à la valeur théorique de 24 V. Quelle sera dans ces conditions l'influence de la tension réelle de la batterie sur l'évolution de la position de la porte ?*

Q6. Étude du courant dans le moteur

- a) *Justifier la forme du courant dans le moteur fournie figure 3 dans le document de présentation.*

Le tableau *TableCourantPorteAv* (cf annexe A.4.1.3. *Init_Appli*) précise les valeurs de courant pour les différentes zones de fonctionnement à l'ouverture et à la fermeture, en fonction de la tension mesurée par la batterie.

D'autre part, le cahier des charges de l'application indique : « En cas de rencontre d'un obstacle correspondant à une force supérieure à 150 N sur une des portes, une inversion du fonctionnement doit intervenir ».

- b) *Expliquer comment l'utilisation du tableau *TableCourantPorteAv* permet de détecter un obstacle, à partir de la mesure du courant dans le moteur.*

A.3 INFLUENCE DE LA TENSION DE LA BATTERIE

Les fonctions *Porte_Cmde_TensionPourPorte* et *Porte_Cmde_CalculParametreParRapportVBat* représentent des tâches incluses dans l'application de gestion des portes (application3 pour le moniteur).

Q7. Étude de la fonction *Porte_Cmde_TensionPourPorte* (cf. annexe A.4.3.2)

- a) *Expliciter ce que représente la variable *RG_TensionPorteAv*. Quel est l'intérêt de cette fonction ?*
- b) *Proposer en la justifiant, une valeur pour *CT_PeriodeMoyenneTensionPorte* et donner sa déclaration.*

Q8. Étude de la fonction *Porte_Cmde_CalculParametreParRapportVBat* (cf. annexe A.4.3.3)

- a) *Expliciter le rôle de cette fonction et tracer la caractéristique donnant la valeur de la variable *RL_systCptPositionAv* en fonction de la tension de la batterie *Ubat*.*
- b) *Tracer la caractéristique donnant la valeur de *RL_systCptCourantAv* en fonction de la tension de la batterie *Ubat*.*

A.4 ESTIMATION DE LA POSITION DE LA PORTE AVANT

Q9. Estimation de la position de la porte

Une estimation de la position de la porte doit être faite par l'application de gestion des portes. Pour ce faire, la variable *Temporal_Pos_Counter_Porte* représente l'estimation de la position de la porte.

La table *TableCompteurPositionPorteAv* (cf. fichier *init_Appli* dans l'annexe A.4.1.3) permet de définir un pas d'incrément de la porte à chaque cycle de mesure. L'évolution de la position de la porte dépend de la tension de la batterie.

Six zones de fonctionnement sont repérées, trois pour l'ouverture et trois pour la fermeture. Les trois zones de fonctionnement pour l'ouverture sont la phase de démarrage (*SoftStartOpen*), la zone de la région1 (*Region1Open*), la zone de la région 2 (*Region2Open*). (cf. Figure 1 au paragraphe A.2 du questionnaire).

Chaque porte est décrite par une structure *struct T_Porte* dont un extrait est donné dans l'annexe A 4.1.1.

- Proposer l'algorithme de la fonction *Porte_Cmde_DoorEstimationPosition* qui estime la position de la porte pour le fonctionnement dans la région 1.*

A.5 ÉLABORATION DES DOCUMENTS DE PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Il est envisagé d'exploiter ce système afin d'illustrer les concepts mis en jeu dans **les unités d'entrées sorties** d'une part, dans **la transmission des données** d'autre part. Dans cette partie, il est demandé au candidat de didactiser le système et de prévoir les documents de présentation associés. Le public sera choisi dans des sections d'électronique ou de STS IRIS. Ces documents pourraient être utilisés lors de différentes séquences d'enseignement.

- Q10. Choisir la mise en situation générale, (c'est-à-dire restreindre et délimiter le système étudié pour illustrer un ensemble de concepts, définir le système dans son contexte)**

Q11. Élaborer les principaux schémas de présentation associés (schémas fonctionnels, schéma d'architecture matérielle, diagrammes UML, algorithmes, etc.)

Q12. Expliciter les caractéristiques principales retenues (caractéristiques fonctionnelles, matérielles ou comportementales, contraintes du cahier des charges)

Attentes du jury :

Pour les documents de présentation réclamés, on attend une production optimale de 2 à 4 pages format A4.

Critères d'évaluation du candidat :

- L'exactitude technique des documents présentés et le respect du système proposé
- La pertinence pédagogique de la mise en situation choisie et des caractéristiques principales retenues
- La cohérence et la pertinence pédagogique des représentations utilisées au niveau choisi
- La qualité des descriptions et des explications proposées (exactitude technique, précision et concision, expression écrite, adéquation par rapport au contexte).

B ÉTUDE DE LA STRUCTURE D'UNE UNITÉ D'ENTRÉES-SORTIES

B.1 ÉTUDE DES ENTRÉES LOGIQUES

On se propose de valider les choix de composants de la chaîne de filtrage des perturbations électromagnétiques de l'acquisition des entrées logiques. Cette étude se rapporte au schéma structurel des IOU et à leur documentation (annexe B.1.2).

Q13. Validation de la structure vis-à-vis des perturbations

- a) Représenter cette chaîne d'acquisition, en se limitant aux éléments placés entre le connecteur d'entrée CN104 et le port du microcontrôleur (CPU_IN_x).**
- b) Caractériser les deux types de perturbation intervenant dans la définition des immunités électriques (annexe B.1.2 EMC/ECM immunity).**
- c) Calculer la tension à l'entrée du microcontrôleur pour chacun des signaux d'impulsion normalisés pulse2, pulse3a et pulse3b (norme ISO7637-3) appliqué sur le connecteur CN104. Le candidat justifiera les approximations éventuellement utilisées.**
- d) Commenter les résultats obtenus du point de vue de l'immunité aux perturbations.**
- e) Préciser quel post-traitement, interne au microcontrôleur de l'IOU, permet finalement d'obtenir une immunité vis à vis des impulsions normalisées.**

B.2 ÉTUDE DES SORTIES DES IOU

On considère que l'unité d'entrées sorties (IOU) vient de recevoir une trame correspondant à l'allumage du panneau « Arrêt demandé » situé près de la porte du milieu (sortie 5 de l'IOU6). On se propose dans un premier temps d'étudier cette sortie. Dans toute cette étude, on considèrera que le signal SMART_PROTECT2 est relié à la masse (fonctionnement « normal »).

Q14. Étude du dispositif de détection des défauts sur la sortie OUT5

- a) Identifier la structure et tracer un schéma simplifié du montage du conditionnement de la sortie OUT5 d'après le folio 5 (chaîne de détection de défaut de la sortie OUT5).**
- b) Expliquer le fonctionnement de la détection d'un circuit ouvert et d'un circuit fermé. Donner pour chacun de ces défauts la valeur du seuil de détection pour une charge résistive (respectivement R_{chmax} et R_{chmin}).**

Q15. Étude du pont en H

On se propose maintenant d'étudier le pont en H destiné à l'alimentation du moteur de gestion de la porte du milieu. Ce pont, désigné par Pont3, est composé des sorties Out13 et Out14.

La commande `RG_IOU3_BR3D1_COMMAND` est utilisée pour commander le demi-pont formé par les interrupteurs U608 et Q603. La fréquence de hachage est fixée en interne dans l'IOU à 50 kHz.

- a) *Expliquer pourquoi les deux interrupteurs du demi-pont ne sont pas réalisés avec des composants de même technologie.*

Lors de la fermeture de la porte, les interrupteurs commandés sont le U608 et le Q603.

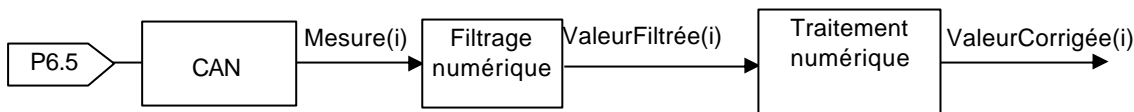
- b) *Représenter la structure du pont en précisant pour chacun des états de Q601 (fermé/ouvert) le cheminement du courant moteur.*

Q16. Étude de la mesure du courant

- a) *Tracer l'allure du chronogramme du courant dans la résistance R636.*
 b) *Déterminer la fonction de transfert liant la tension désignée par CPU_SHUNT1 au courant dans la résistance R636. En déduire le rôle de ce dispositif.*
 c) *Donner la caractéristique statique de la conversion analogique numérique $N = f(I)$. Préciser la valeur de la résolution en courant et valider la plage de mesure du courant.*

B.3 ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAÎNE DE MESURES ANALOGIQUES

Une partie de la chaîne de mesure analogique peut se représenter par le schéma suivant :



L'acquisition par le microcontrôleur des entrées est réalisée avec une période 10 ms.

La grandeur ainsi échantillonnée $Mesure(i)$ traverse un filtre numérique dont la relation est :

$$ValeurFiltrée(i) = ((K-1) ValeurFiltrée(i-1) + Mesure(i)) / K$$

Par ailleurs, un traitement numérique est réalisé dans le but de corriger des défauts de la chaîne analogique et de permettre une mise à l'échelle des mesures.

Q17. Étude du filtre numérique

On supposera qu'initialement la valeur filtrée est égale à la mesure ($ValeurFiltrée(0) = Mesure(0)$). Le coefficient K est fixé à 4 dans cette partie.

- a) *Le signal en entrée du convertisseur étant un échelon défini sur le document réponse DR 4, calculer et représenter sur celui-ci les premiers échantillons de la sortie du filtre numérique.*
 b) *Déterminer la transformée en Z du filtre. Montrer qu'il s'agit d'un filtre passe-bas du premier ordre et donner son gain statique.*
 c) *Proposer un filtre analogique équivalent.*
 d) *En le justifiant, proposer un choix concernant le type de données à utiliser pour la programmation du filtre numérique.*

Q18. Étude du traitement numérique

Le premier étage du traitement numérique est chargé de la correction des défauts. Il ne sera pas traité dans cette étude, on considèrera donc que la $ValeurCorrigée = ValeurFiltrée$. On s'intéresse donc maintenant au troisième étage, chargé de la mise à l'échelle des mesures.

Ce module de traitement numérique applique la transformation suivante à la valeur corrigée :

$$Valeur\ convertie = ((C1/C2) * Valeur\ corrigée) + D$$

Elle fait apparaître trois coefficients (C1, C2 et D) codés sur 8 bits signés.

- a) *Calculer les coefficients C1, C2 et D programmés dans l'EEPROM de l'IOU afin que la mesure de la tension de batterie V_{ams} fournisse une valeur convertie avec une résolution de 200 mV/bit.*

B.4 EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE CONCERNANT LES UNITÉS D'ENTRÉES SORTIES

Le public visé est une classe de terminale STI option électronique.

Les compétences visées feront principalement partie des compétences D et E (cf. annexe D).

Les savoirs associés feront principalement partie des domaines suivants :

- Traitement des signaux analogiques
- Transmission de l'information : conversion de données

B.4.1 PRÉSENTATION DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION ANALOGIQUE

Q19. Rédiger le document permettant de présenter à des élèves de terminale STI la chaîne d'acquisition des signaux analogiques. Ce document destiné à être utilisé lors de différentes séquences devra comporter les schémas, descriptions et explications nécessaires (par exemple : décomposition d'une fonction, schématisation d'une architecture matérielle, caractérisation des entrées sorties, relations entrées sorties, algorithme, modélisation d'une fonctionnalité, d'une structure ou d'un comportement).

Conseil aux candidats

Le candidat proposera une étude qui s'articulera autour des 5 blocs suivants :

- Adaptation/filtrage des entrées
- Multiplexage
- Amplification
- Conversion A/N
- Traitement numérique

Cette étude devra mettre en évidence les caractéristiques des signaux traités et détaillera le rôle des fonctions de la chaîne, la nature des entrées/sorties, les relations liant les entrées sorties, l'influence des paramètres stockés en mémoire EEPROM, la présentation du dispositif numérique de correction de la chaîne analogique et du dispositif de mise à l'échelle.

Les fonctions intervenant dans la communication CAN avec le CMU ne devront pas faire partie de cette étude. La chaîne de mesure sera délimitée entre le connecteur CN104 et la structure de données partagées dans la RAM de l'unité d'entrées sorties (IOU) noté *RG_MON_IOU* qu'il faudra définir.

Consigne :

Pour mener à bien cette étude et réaliser les documents demandés, vous serez amené à compléter l'étude technique des unités d'entrées sorties. La démarche de cette étude complémentaire et ses résultats principaux (schémas, calculs, explications) devront être inclus dans votre copie. Toutefois, il est impératif de les dissocier de manière explicite des documents élèves (par exemple en les étiquetant « documents professeur »).

Critères d'évaluation du candidat : voir question Q12

B.4.2 DÉFINITION DE LA SÉQUENCE

Il s'agit de proposer en une page maximum, la description d'une séquence d'enseignement pour laquelle le système étudié permet une mise en situation pertinente. La séquence et surtout la phase qui sera détaillée par le candidat, devront permettre de viser un ou plusieurs des objectifs suivants :

- Être capable de définir les fonctions intervenant dans une chaîne d'acquisition numérique et de caractériser les entrées-sorties
- Valider que la fonction secondaire de FP1a concernant l'acquisition de données analogiques par un IOU est assurée par la structure utilisée
- Être capable d'évaluer que la fonction secondaire FP1a est assurée par la structure utilisée et de justifier le choix des paramètres principaux de la chaîne d'acquisition par rapport au cahier des charges
- Être capable de déterminer les valeurs stockées en EEPROM, les paramètres principaux de la chaîne d'acquisition étant donnés.

Q20. Donner les caractéristiques principales de la séquence, c'est-à-dire :

- Situer la séquence dans le cycle de formation et sa durée et définir la compétence principale visée**
- Préciser l'objectif de la séquence, les savoirs nouveaux et les pré-requis.**

Q21. Donner l'organisation de la séquence, c'est-à-dire :

- Proposer un déroulement en définissant les étapes permettant d'atteindre l'objectif**
- Donner l'objectif de chaque étape (phases d'enseignement) et détailler les savoirs nouveaux associés**
- Préciser les modalités des interventions du professeur et les activités des élèves**
- Indiquer les éléments sur lesquels portera l'évaluation.**

B.4.3 ÉLABORATION DÉTAILLÉE D'UNE PARTIE DE LA SÉQUENCE

Q22. Définition de la partie de séquence choisie

- a) *Repérer sa place au sein de la séquence et donner ses caractéristiques principales (organisation, objectif)*
- b) *Définir le concept principal visé et/ou les centres d'intérêts*

Q23. Élaborer un document qui guide l'élève dans son travail

Ce document de 3 à 4 pages devra respecter les contraintes suivantes :

- Il s'agit d'un questionnaire destiné aux élèves pour des travaux dirigés associant ou non des parties expérimentales
- Les réponses attendues devront être fournies.
- Les parties de cours ou les interventions de l'enseignant ne seront pas développées, elles seront simplement citées. Les documents ressources et les schémas nécessaires pour les explications sont ceux élaborés dans les questions précédentes.

Critères d'évaluation du candidat : voir question Q12 et adéquation des productions aux objectifs visés.

C ÉTUDE DE LA COMMUNICATION ENTRE LES UNITÉS D'ENTRÉES SORTIES (IOU) ET L'UNITÉ DE SUPERVISION (CMU)

Le réseau CAN a une topologie de type bus avec des résistances de terminaison.

C.1 ÉTUDE DE LA LIAISON CAN

Q24. Étude de la liaison physique

Le schéma associé au contrôleur CAN est présenté sur le schéma structurel folio 7.

- a) *Compte tenu de la valeur des composants passifs associés au contrôleur CAN 82C251, indiquer le mode de fonctionnement choisi. Quel est l'intérêt de ce choix ?*
- b) *Donner le schéma électrique équivalent du réseau CAN, en supposant qu'un des IOU est émetteur. Déterminer le nombre maximal de nœuds que l'on pourrait connecter au réseau en négligeant la résistance du câble et l'influence du transformateur.*

Q25. Transmission des trames de données échangées entre le CMU et les IOU

Le nombre maximal d'unité d'entrées sorties (IOU) avec lequel l'unité de supervision (CMU) peut échanger est fixé à 12.

- a) *Déterminer la durée minimale nécessaire pour la transmission de l'ensemble des trames de données échangées entre les IOU et le CMU*
- b) *Donner les valeurs des identifiants des trames de données (Norm1 à Norm4) pour l'IOU1*
- c) *Expliciter le mécanisme d'arbitrage utilisé sur un bus CAN. Définir un ordre de priorité entre les trames Norm1, Norm2, Norm3 et les trames Norm4 suivant les unités IOU*
- d) *Montrer que le choix du débit et l'organisation de la lecture des trames CAN reçues permet de respecter les contraintes temporelles de l'application.*

Q26. Lecture et mise à jour de la table RG_MON_CanData

On considère les extraits donnés ci-dessous :

```
Extrait de RGI0U.h
#define RG_IOU6_ELOG4
(T_BOOLLEEN)MC_TestBit(RG_MON_CanData[CT_Trm1_IOU6][4],CT_Bit4)
```

```
Extrait de Maj_Entree.c
RG_E_Bp_ArretDemandeC = RG_IOU6_ELOG4
```

- a) **Expliciter le rôle de ces deux lignes de code, en vous appuyant sur les extraits du fichier de définition des constantes et des macros const.h donnée en annexe A.4.1.4**

On trouve dans le fichier *Maj_Sortie.c* les lignes suivantes (cf. annexe A.4.2.3)

```
RG_IOU7_OUT5_COMMAND (RG_S_EclairageArretDemandePorteAv)
RG_IOU7_BR2_PARAMETER (RG_S_Pwm_Freq_CmdeMoteurPorteAv)
RG_IOU7_BR1_STOP
RG_IOU7_BR2D1_COMMAND
```

- b) **Expliciter l'action de ces lignes. Préciser comment ces commandes seront transférées et exploitées par l'unité d'entrées sorties (IOU).**

C.2 EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE CONCERNANT LA COMMUNICATION

C.2.1 CONTEXTE DE L'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE

Le candidat a le choix entre deux options :

- Soit une exploitation dans une section de TS SE : « systèmes électroniques »
- Soit une exploitation dans une section TS IRIS : « informatique et réseaux pour l'industrie et les services techniques ».

OPTION 1 : EXPLOITATION EN STS SE

Les compétences visées feront principalement partie de :

- A1 Expliciter un schéma fonctionnel
- M1 Installer ou configurer un nouvel équipement ou produit
- M2 Valider le bon fonctionnement de l'équipement ou du produit.

Les savoirs associés feront principalement partie des domaines suivants :

- Transmission et transport de l'information
- Connexions entre constituants électroniques ou connexions inter-systèmes.

La séquence et surtout la phase qui sera détaillée par le candidat, devront permettre de viser un ou plusieurs des objectifs suivants :

- Associer les caractéristiques d'un équipement aux spécifications de la couche physique d'un réseau
- Valider le choix d'une solution technologique pour la couche physique et le média de transmission d'un réseau par rapport au cahier des charges de l'application.

OPTION 2 : EXPLOITATION EN STS IRIS

Les principales compétences visées peuvent faire partie des extraits de référentiels fournis en annexe D :

- C3.8 Caractériser les contraintes principales d'un système de transmission de l'information
- C3.9 Décrire les tâches d'une application de communication
- C3.10 Valider la configuration d'un réseau local industriel ou d'un bus de terrain

Les savoirs associés peuvent être faire partie des domaines suivants :

- Notions fondamentales sur les réseaux et mode de transmission
- Principe de la transmission de niveau 1
- Règles d'échange de données. Modèles des échanges.

La séquence et surtout la phase qui seront explicités par le candidat, devront permettre de cibler un ou plusieurs des concepts suivants ;

- Caractérisation des méthodes d'accès au média et des mécanismes d'arbitrage
- Modélisation des échanges dans un mécanisme de communication.

C.2.2 DOCUMENTS DE PRÉSENTATION DE LA COMMUNICATION PAR RÉSEAU CAN

Q27. Choisir la mise en situation, (c'est-à-dire restreindre et délimiter le système étudié, définir le contexte ou la « situation problème » retenue)

Q28. Expliciter les caractéristiques principales retenues (caractéristiques fonctionnelles, matérielles ou comportementales, contraintes du cahier des charges)

Q29. Rédiger en 2 ou 3 pages les documents détaillés permettant de présenter à des élèves la communication par réseau CAN dans le système étudié

Critères d'évaluation du candidat : voir question Q12 et adéquation des productions aux objectifs visés.

Il est impératif de dissocier de manière explicite, les études complémentaires (« documents professeur ») du « document élève » demandé. Il n'est pas demandé d'élaborer des documents de cours mais un document ressource présentant la communication par réseau CAN au sein du système étudié.

C.2.3 DÉFINITION D'UNE SÉQUENCE

Il s'agit de proposer en une page maximum, la description d'une séquence d'enseignement pour laquelle le système étudié permet une mise en situation pertinente.

Q30. Donner les caractéristiques principales de la séquence, c'est-à-dire :

- a) *Situer la séquence dans le cycle de formation et sa durée. Définir la compétence principale visée*
- b) *Préciser l'objectif de la séquence, les savoirs nouveaux et les pré-requis.*

Q31. Donner l'organisation de la séquence, c'est-à-dire :

- a) *Proposer un déroulement en définissant les étapes permettant d'atteindre l'objectif*
- b) *Donner l'objectif de chaque étape (phases d'enseignement) et détailler les savoirs nouveaux associés*
- c) *Préciser les modalités des interventions du professeur et les activités des élèves*
- d) *Indiquer les éléments sur lesquels portera l'évaluation.*

C.2.4 ÉLABORATION DÉTAILLÉE D'UNE PARTIE DE LA SÉQUENCE

Q32. Définition de la partie de séquence choisie

- a) *Repérer sa place au sein de la séquence et donner ses caractéristiques principales (organisation, objectif)*
- b) *Définir le concept principal visé et/ou les centres d'intérêts*

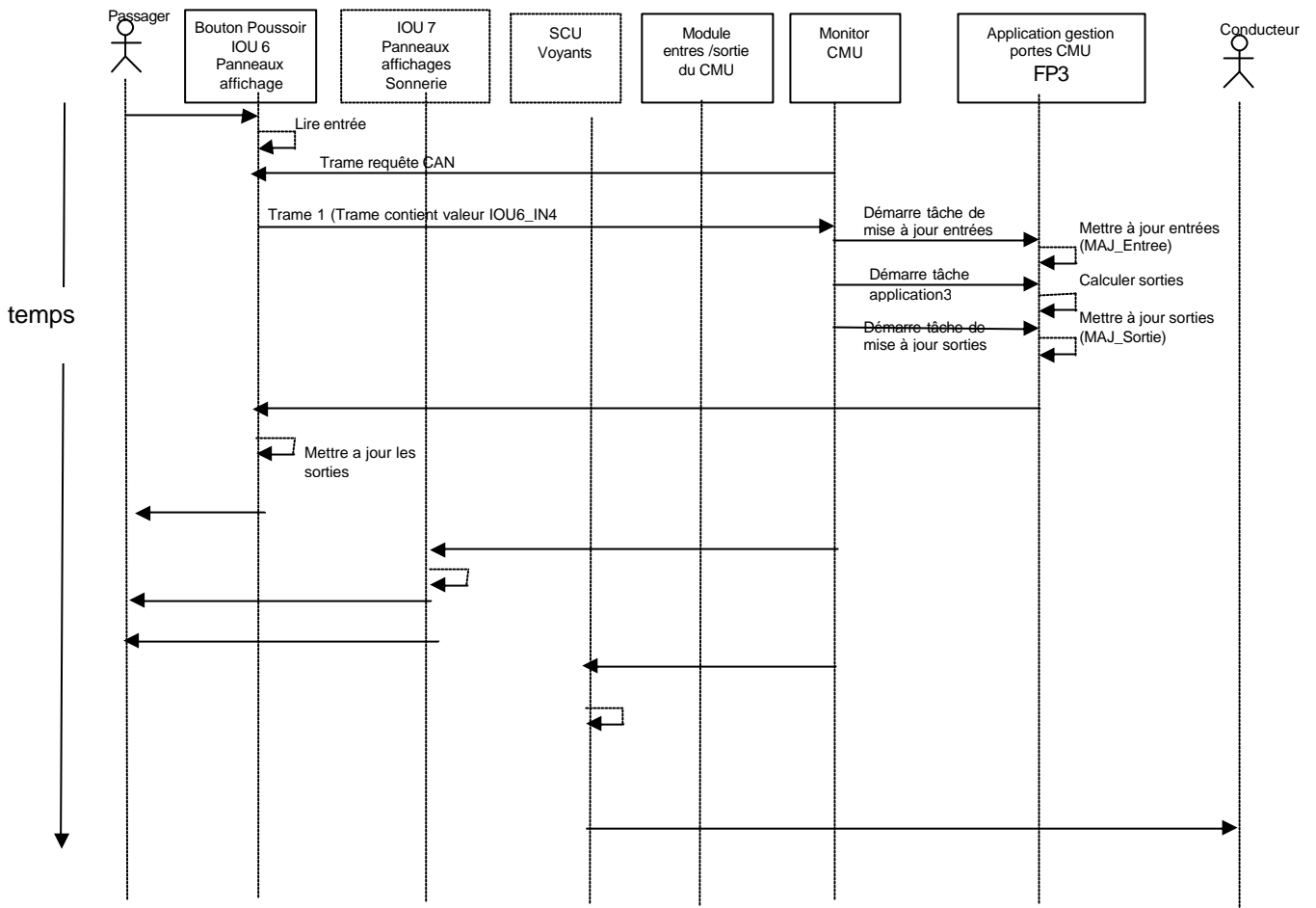
Q33. Élaborer un document qui guide l'élève dans son travail

Ce document de 3 à 4 pages devra respecter les contraintes suivantes :

- Il s'agit d'un questionnaire destiné aux élèves pour des travaux dirigés associant ou non des parties expérimentales
- Les réponses attendues devront être fournies.
- Les parties de cours ou les interventions de l'enseignant ne seront pas développées, elles seront simplement citées. Les documents ressources et les schémas nécessaires pour les explications sont ceux élaborés dans les questions précédentes.

Critères d'évaluation du candidat : voir question Q12 et adéquation des productions aux objectifs visés.

Document réponse DR 1

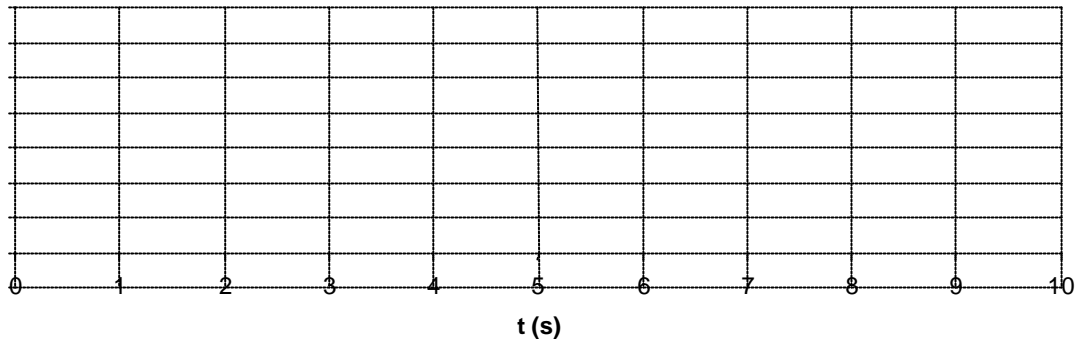


Document réponse DR 2

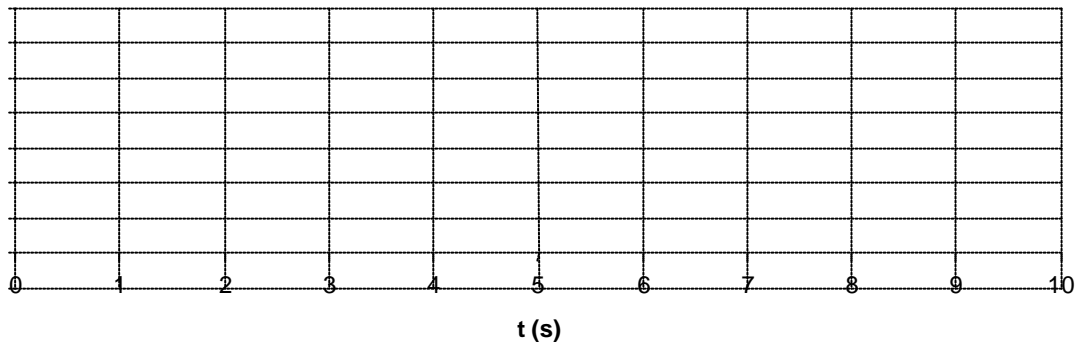


Document réponse DR 3

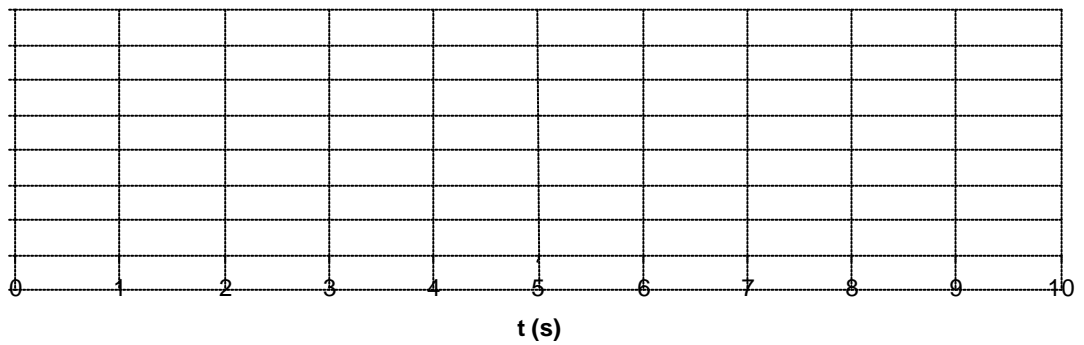
Évolution de la vitesse d'ouverture de la porte



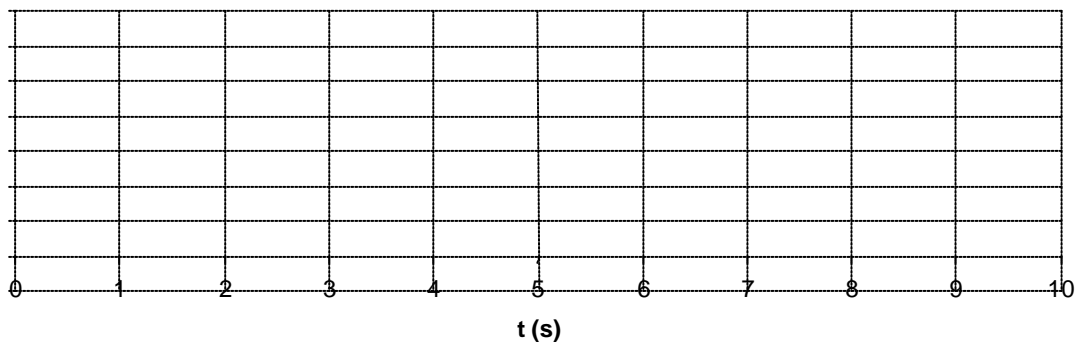
Évolution de l'angle d'ouverture de la porte



Évolution du rapport cyclique de la tension aux bornes du moteur



Évolution du courant dans le moteur



Document réponse DR 4

