

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

## Option A – Informatique et Réseaux

### Épreuve E4 : ÉTUDE D'UN SYSTÈME NUMÉRIQUE ET D'INFORMATION

SESSION 2020

—  
Durée : 6 heures

Coefficient : 5  
—

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1 à PR2
Sujet	
Questionnaire Partie 1 Informatique	S-Pro1 à S-Pro12
Document réponses à rendre avec la copie	DR-Pro1 à DR-Pro8
Questionnaire Partie 2 Physique	S-SP1 à S-SP11
Document réponses à rendre avec la copie	DR-SP1
Documentation	DOC1 à DOC27

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Chaque candidat remettra deux copies séparées : une copie « domaine professionnel » dans laquelle seront placés les documents réponses pages DR-Pro1 à 8 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle sera placé le document réponses page DR-SP1.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page de garde
20SN4SNIR1		

# PRÉSENTATION DU SYSTÈME

## *Supervision de bornes de recharge en agglomération*

### 1. Présentation du système

La transition énergétique dans le domaine du transport passe de plus en plus par l'acquisition d'un véhicule électrique, notamment pour les déplacements urbains.

L'installation de bornes de recharge (Figure 1) en nombre suffisant devient une nécessité pour beaucoup de communes en France.

Les systèmes de recharge sont basés sur un paiement après création d'un compte client. Le client possède alors une carte sans contact RFID.

Pour les clients occasionnels, un système de paiement via un QRCode et un Smartphone est aussi possible. Le QRcode permet d'identifier la borne de recharge et d'accéder à un site de paiement en ligne.



Figure 1 : installation de bornes de recharge de véhicules électriques.

Session 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et réseaux Épreuve E4	Page PR 1 sur 2
20SN4SNIR1	Présentation	

## 2. Architecture d'une installation d'un système de recharge

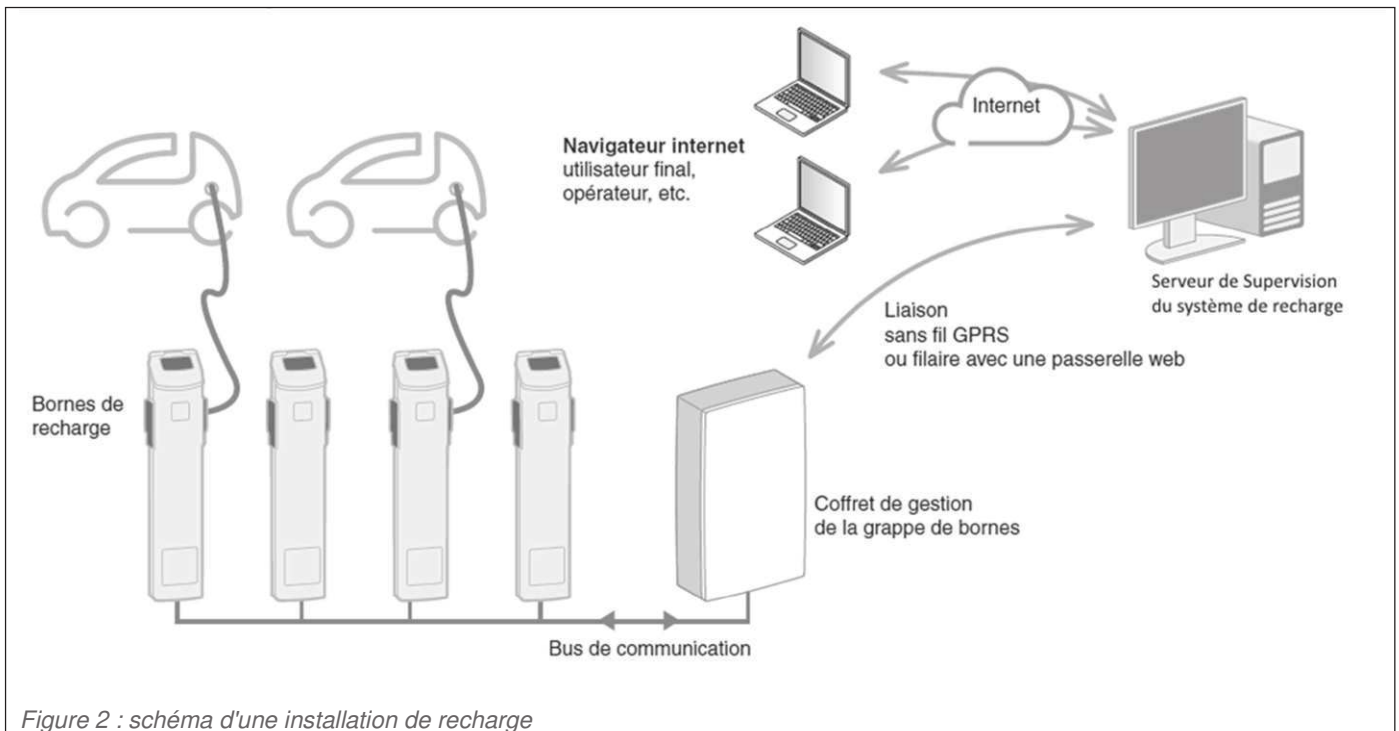


Figure 2 : schéma d'une installation de recharge

Un système de recharge (Figure 2) est composé :

- de **bornes de recharge** qui assurent la charge et une communication entre le véhicule et la borne.
- d'un coffret de gestion de la grappe de bornes qui assure :
  - la communication avec les **bornes de recharge** : elle peut être assurée par le protocole Modbus via une liaison série RS485 ou par le protocole ZigBee via une liaison sans fil,
  - la communication entre les bornes de recharge et le Serveur de Supervision.
- d'un Serveur de Supervision du système de recharge dont le rôle est d'assurer :
  - l'autorisation des recharges,
  - la facturation des clients,
  - la maintenance des bornes de recharges.

Le dialogue entre le coffret de gestion et le serveur de supervision utilise le protocole OCPP (**O**pen **C**harge **P**oint **P**rotocol). La liaison entre ces deux éléments peut-être assurée par différentes technologies (GPRS, Ethernet, ...).

## 3. Objectifs du sujet

L'étude proposée porte sur la communication entre une borne de recharge, le coffret de gestion et le système de supervision.

Une première partie portera sur le dialogue RFID au sein de la borne. Puis on étudiera la manière d'enregistrer les informations des clients et des bornes au sein de la supervision. Ensuite, on abordera la mise en place de Services Web gérant les autorisations nécessaires à la recharge d'un véhicule. La dernière partie nous amènera à réfléchir à l'infrastructure réseau d'une installation type.

Session 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et réseaux Épreuve E4	Page PR 2 sur 2
20SN4SNIR1	Présentation	

# SUJET

## Option A Informatique et Réseaux

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

### Partie A. Analyse et spécifications

**Problématique :** Il s'agit dans cette partie, de préciser les procédures des utilisateurs du système de recharge de véhicules électriques.

Les différents diagrammes SysML et/ou UML sont donnés en annexe ou sont à compléter dans les documents réponses.

Le diagramme de cas d'utilisation ne présente qu'une partie des fonctionnalités du système de recharge. Il se concentre notamment sur un mode particulier : la recharge non autonome.

Le diagramme de packages (Figure 3) présente le système dans son ensemble.

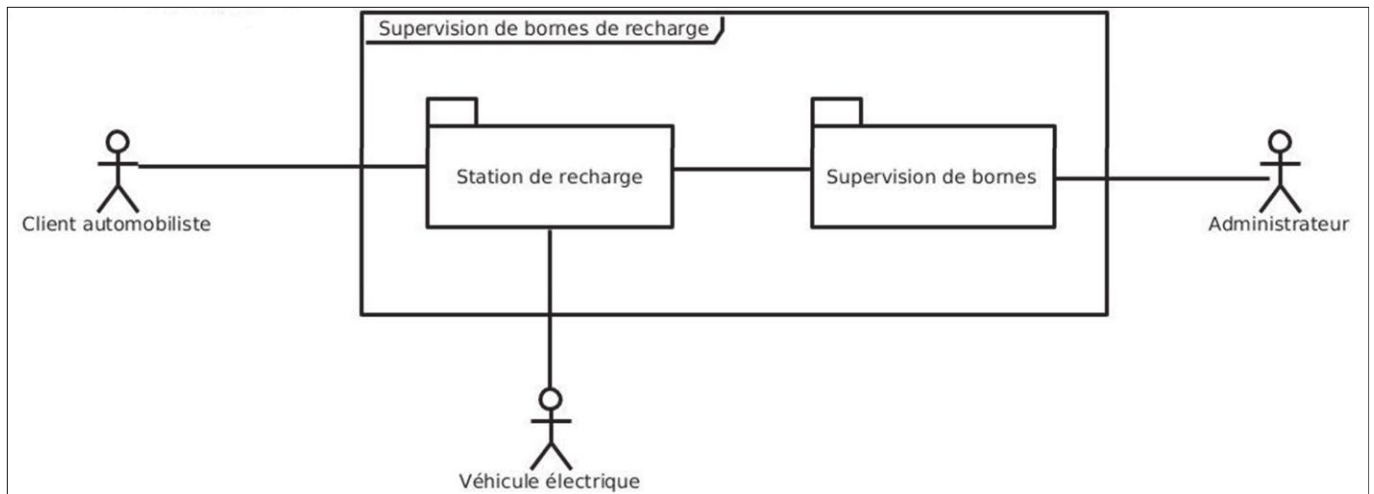


Figure 3 : diagramme de packages – Supervision de bornes de recharge

L'étude porte principalement sur le package « Station de recharge » détaillé dans le diagramme de cas d'utilisation (Figure 4).

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 1 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

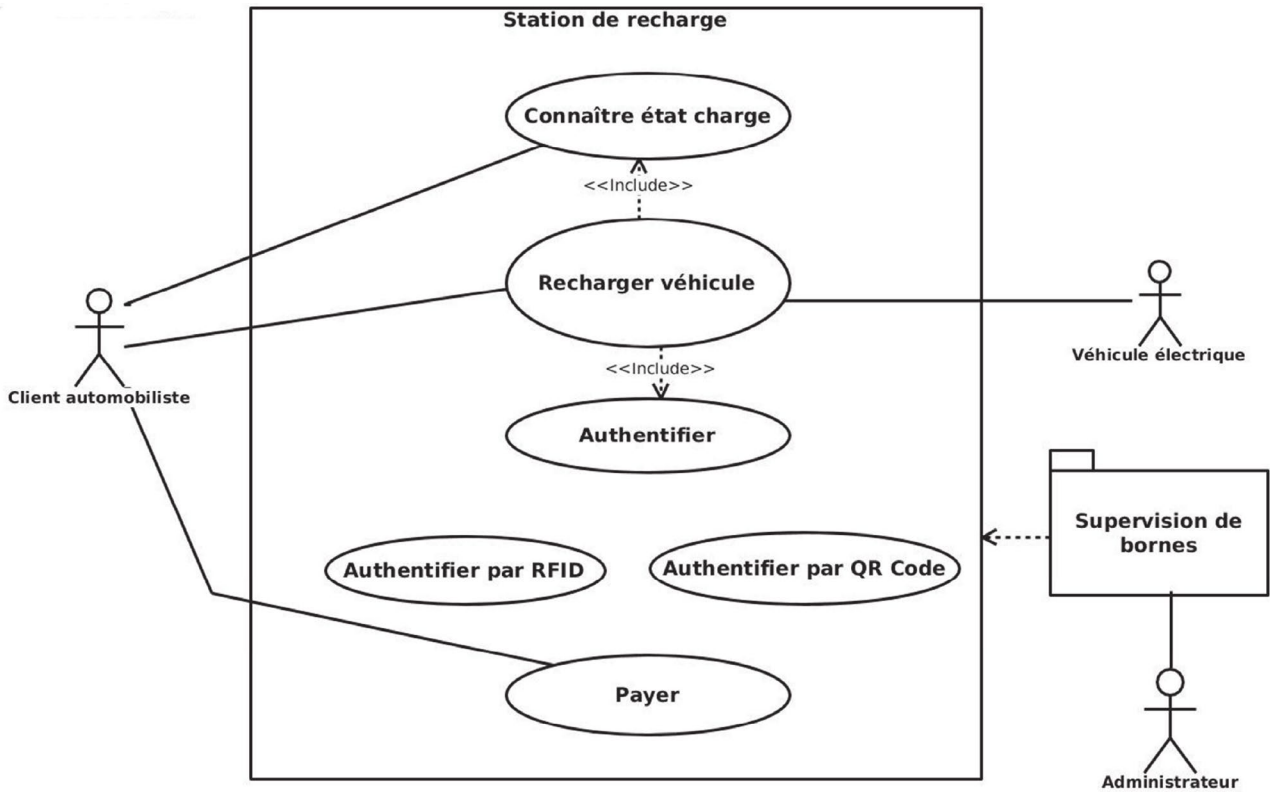


Figure 4 : diagramme de cas d'utilisation – Station de recharge

- Q1.** En vous aidant du diagramme des exigences (**documentation PP1**), citer les deux possibilités qui permettent au client d'interrompre une charge en cours.
- Q2.** En vous aidant du diagramme des exigences (**documentation PP1**), expliquer comment le client est informé de la fin de la charge de son véhicule.

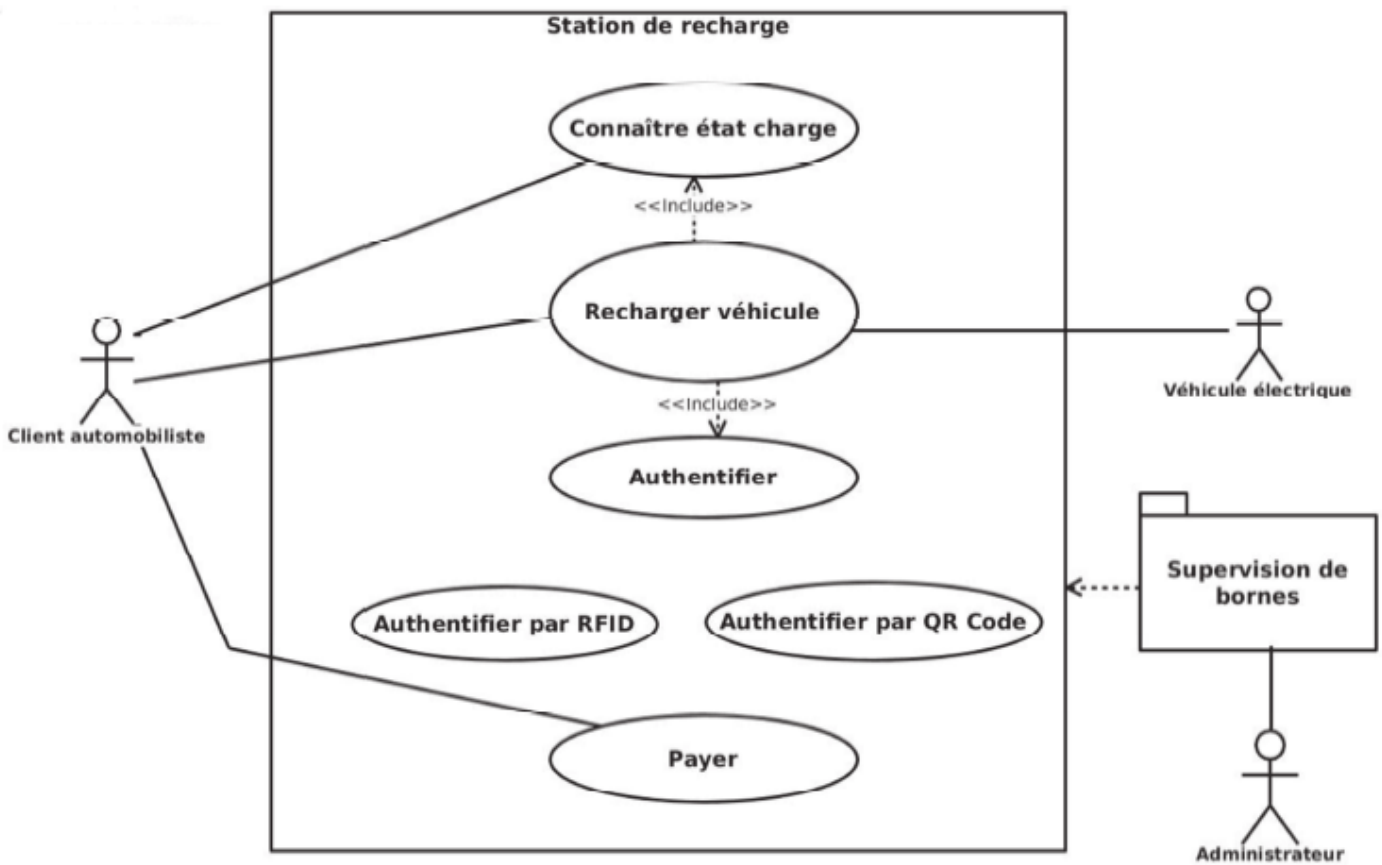
**Description du cas d'utilisation « Recharger véhicule » :**

*Le client automobiliste a la possibilité de recharger son véhicule électrique. Pour cela, il peut s'authentifier grâce à une carte RFID préalablement enregistrée auprès des services de la commune. S'il n'a pas de carte RFID, il peut malgré tout accéder à la recharge grâce au QR Code présent sur la borne. Une fois le QR Code scanné grâce à son smartphone, il a accès au site Web de la commune où il peut créer un compte ou simplement prépayer par carte bancaire.*

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 2 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q3.** En vous aidant du diagramme de cas d'utilisation (Figure 4), lister les acteurs qui interagissent avec le système.

**Q4.** Compléter le diagramme de cas d'utilisation en précisant les relations entre les cas « Authentifier », « Authentifier par RFID » et « Authentifier par QR Code ».



SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 3 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Le diagramme de séquences système de la figure 3 présente le fonctionnement global du système du point de vue du client automobiliste. Il se focalise sur la recharge du véhicule suite à une authentification via un badge RFID.

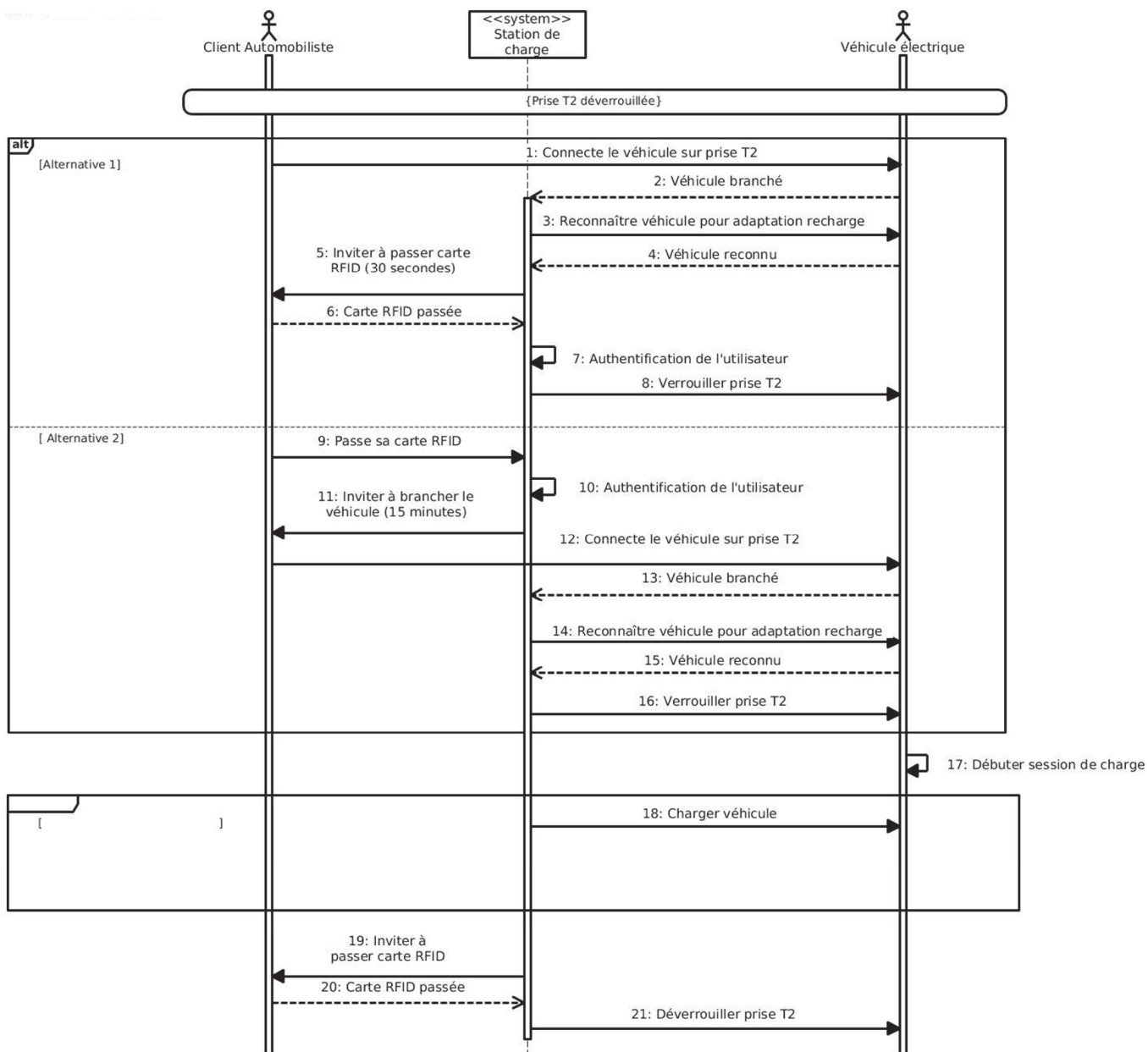


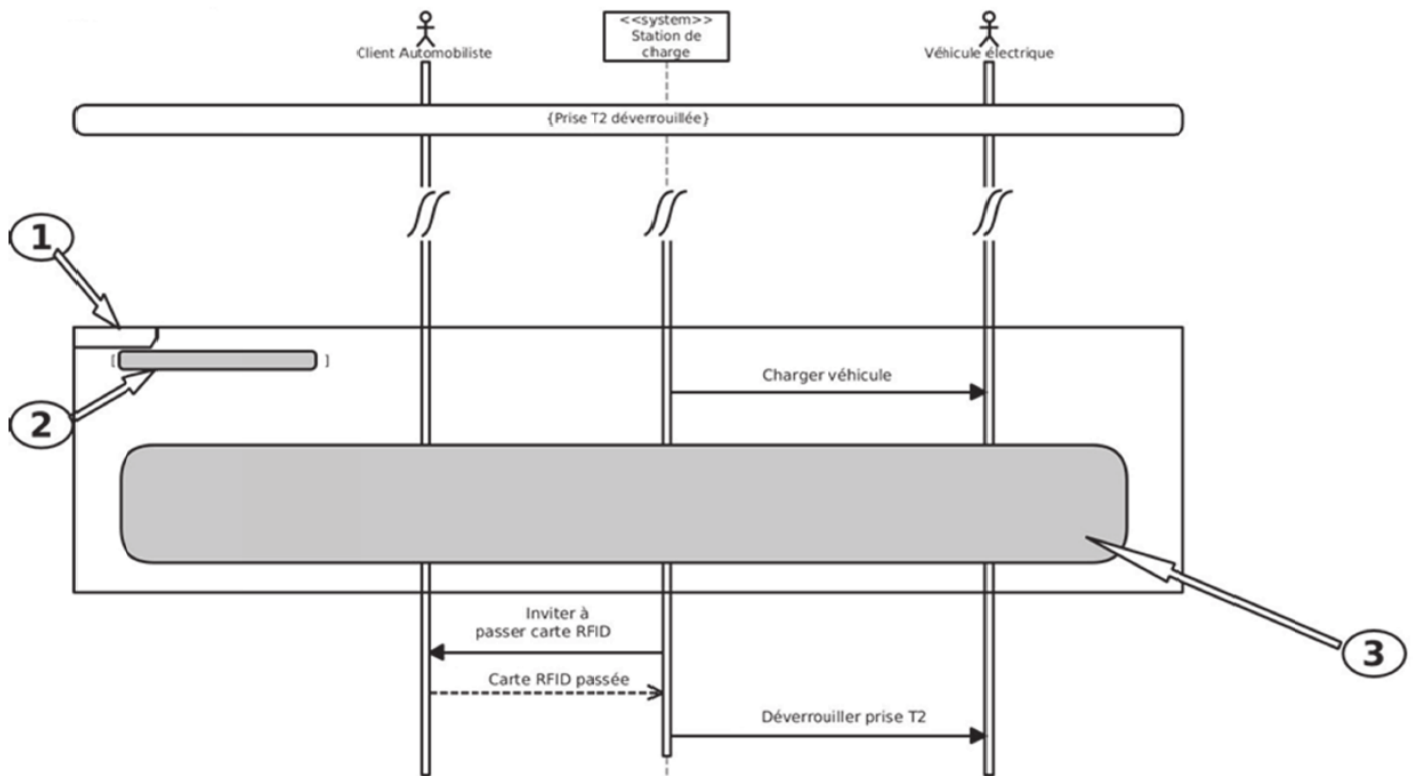
Figure 5 : diagramme de séquences système

**Q5.** Identifier la différence majeure entre les deux alternatives [ Alternative 1 ] et [ Alternative 2 ] du diagramme de séquences (Figure 5)

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 4 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Dans ce scénario, tant que le véhicule n'est pas chargé totalement, la charge continue. Le véhicule informe régulièrement la station de son niveau de charge.

**Q6.** Compléter le second fragment du diagramme de séquences système du (zones 1, 2 et 3) de façon à tenir compte de la fin de charge.



SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 5 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

## Partie B. Architecture

**Problématique :** Il s'agit dans cette partie d'effectuer des choix technologiques de façon à répondre aux besoins des collectivités.

*Dans tout ce qui suit, la borne de recharge utilisée respecte les différentes normes de communication ModBus, ISO/IEC14443, OCPP1.5 ou OCPP1.6.*

### Borne EVLink City



Figure 6 : une borne EVLink

La série des bornes Schneider EVLink (Figure 6) dispose de toutes les options nécessaires pour en faire un ensemble de recharge de véhicules électriques en grappe et reliée à une supervision.

Elles permettent notamment la lecture de cartes RFID par l'ajout d'un module : ce dernier communique avec l'unité centrale de la borne grâce au protocole **ModBus RTU** (Remote Terminal Unit)

Ce module est capable de lire des cartes RFID dont la fréquence porteuse est 13,56MHz.

**Q7.** Parmi tous les modules RFID présentés dans la **documentation PP2**, proposer ceux qui correspondent le mieux aux exigences du fabricant de la borne. Justifier votre réponse.

*En vous appuyant sur l'extrait des spécifications « ModBus over Serial Link » (documentation PP4),*

**Q8.** Déterminer le nombre maximum de bornes de recharge, qu'il est possible d'installer, par secteur avec le protocole ModBus

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 6 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Certains lecteurs RFID ne disposent pas de liaison série exploitant le protocole ModBus (exemple : BALLUFF BIS M-620-068-A01-00-ST29, interface RS232) et ne peuvent donc pas être connectés directement à la borne de recharge.

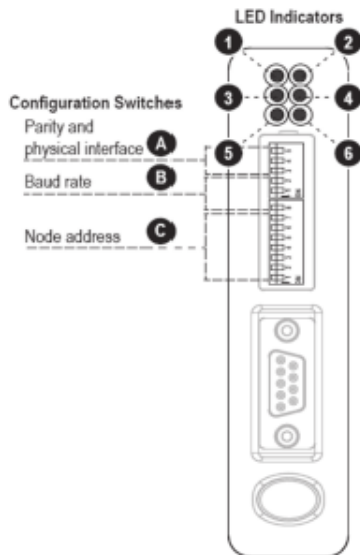
Leur utilisation nécessite l'ajout d'une passerelle ModBus, comme le composant **AnyBus Communicator** présenté dans la **documentation PP3**.

**Q9.** Donner le nombre d'esclaves ModBus que peut adresser cette passerelle.

On souhaite utiliser cette passerelle pour ajouter un lecteur RFID. Voici la configuration de la passerelle pour la relier à une borne de recharge du système :

- RS232,
- 9600 bits/sec,
- pas de parité,
- 2 bits de stop,
- adresse ModBus/RTU : 15.

**Q10.** Préciser sur la position des switches de façon à ce que la passerelle décrite dans la **documentation PP3** puisse s'interfacer correctement avec le système.



A	Switch 3	Switch 4	Switch 5

B	Switch 8	Switch 1	Switch 2

C	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4	Switch 5	Switch 6	Switch 7
	OFF						

## Partie C. Conception et réalisation – C++

**Problématique :** Il s'agit dans cette partie de faire des choix d'implémentation logicielle.

La lecture d'une carte ou d'un badge RFID permet de récupérer un numéro unique UID souvent appelé Tag UID. Les cartes RFID peuvent être de différents types. Ici, les cartes RFID sont des badges **Mifare 13,56 Mhz Classic, Ultralight, Plus ou DESFire**.

**Q11.** À partir du diagramme de classes de la **documentation PP5**, compléter la déclaration en C++ de la classe CTag.

```
class CTag
{
private :

public:

};
```

Lors du passage d'un **badge RFID** devant le **lecteur**, une succession d'échanges a lieu entre le **badge RFID** et le **lecteur**.

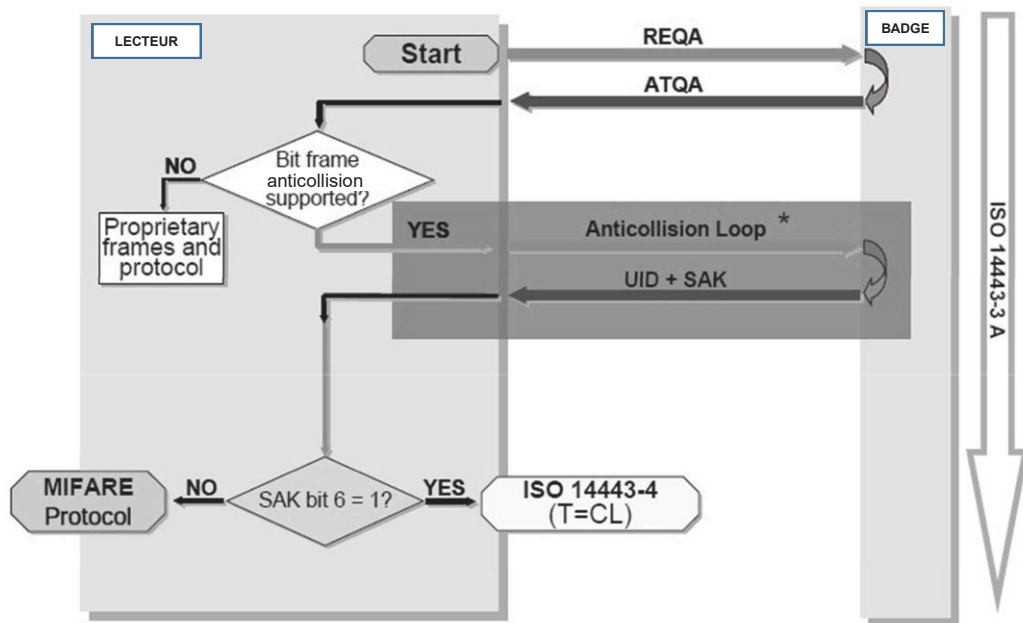


Figure 7 : dialogue entre le **lecteur** et le **badge tag RFID**

Le lecteur commence par émettre une requête REQA. Le badge RFID répond par ATQA. Puis un ensemble d'échanges a lieu permettant la récupération de l'UID (Unique Identifier) et du SAK (Select Acknowledge).

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 8 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

*Remarque : on s'aperçoit que c'est le lecteur qui est à l'initiative du dialogue. Le lecteur détecte la présence d'un badge RFID car celui-ci perturbe son champ électromagnétique.*

*En fait, l'UID ne sert qu'à la détection (présence ou absence) d'une collision, c'est-à-dire, dans le cas où deux badges RFID (ou plus) se situent dans le champ électromagnétique du lecteur.*

*L'UID est une information codée sur 4 octets ou 7 octets.*

**Q12.** Expliquer comment le lecteur peut connaître la taille de l'UID du badge RFID à partir de la **documentation PP6** (ATQA Coding of NXP Contactless Card ICs).

*La valeur ATQA lue par le lecteur est un mot de 16 bits stocké dans l'attribut `atqa` de la classe `CReader`.*

**Q13.** Sur le **document réponses**, compléter le code C++ de la méthode `determineSizeUID()` de la classe `CReader`, permettant d'initialiser l'attribut `sizeUID` (taille de l'UID) à partir de la valeur contenue dans l'attribut `atqa`.

```
#include "creader.h"
void CReader::determineSizeUID()
{
```

*Lors des échanges, certaines trames sont vérifiées à l'aide d'un calcul de BCC (Bit Count Check) codé sur un octet. Le calcul de l'octet BCC est un OU exclusif entre tous les octets de la trame.*

*Rappel : le OU exclusif en C/C++ est l'opérateur `^`.*

*Lorsqu'un échange entre le lecteur et le badge a eu lieu, les attributs `atqa` et `sak` de la classe*

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 9 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

*CReader se voit affecter les valeurs de l'ATQA et du SAK transmis. L'attribut tag de la classe CTag se verra affecter la valeur de l'UID du badge RFID. Le BCC est stocké dans l'attribut BCC de la classe CReader.*

**Q14.** En vous aidant de la **documentation PP14**, compléter sur le **document réponses** le code C++ de la méthode *calculateBCC()* de la classe CReader permettant de calculer le BCC de la valeur de l'UID du badge RFID.

```
void CReader::calculateBCC()
{
    // Récupération de l'attribut tag de l'instance de la classe CTag
    std::vector <uint8_t> valeurUID =
        ;

    // Calcul du BCC
```

*On décide d'ajouter les méthodes accesseur et mutateur dans la classe CTag afin d'accéder à l'attribut tag de celle-ci.*

**Q15.** Sur le **document réponses**, compléter l'implémentation en C++ de l'*accesseur* et du *mutateur* de la classe CTag en vous aidant du diagramme de classes de la **documentation PP5**.

Code C++ de l'accesseur de CTag :

```
#include "ctag.h"
```

Code C++ du mutateur de CTag :

```
#include "ctag.h"
```

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 10 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

# Partie D. Supervision de système de recharge - Base de données SQL

On s'intéresse à présent à la supervision. Elle dispose d'une base de données SQL dont la structure est représentée par le schéma Entités-Relations du document PP15.

La documentation PP7 rappelle les principales requêtes SQL.

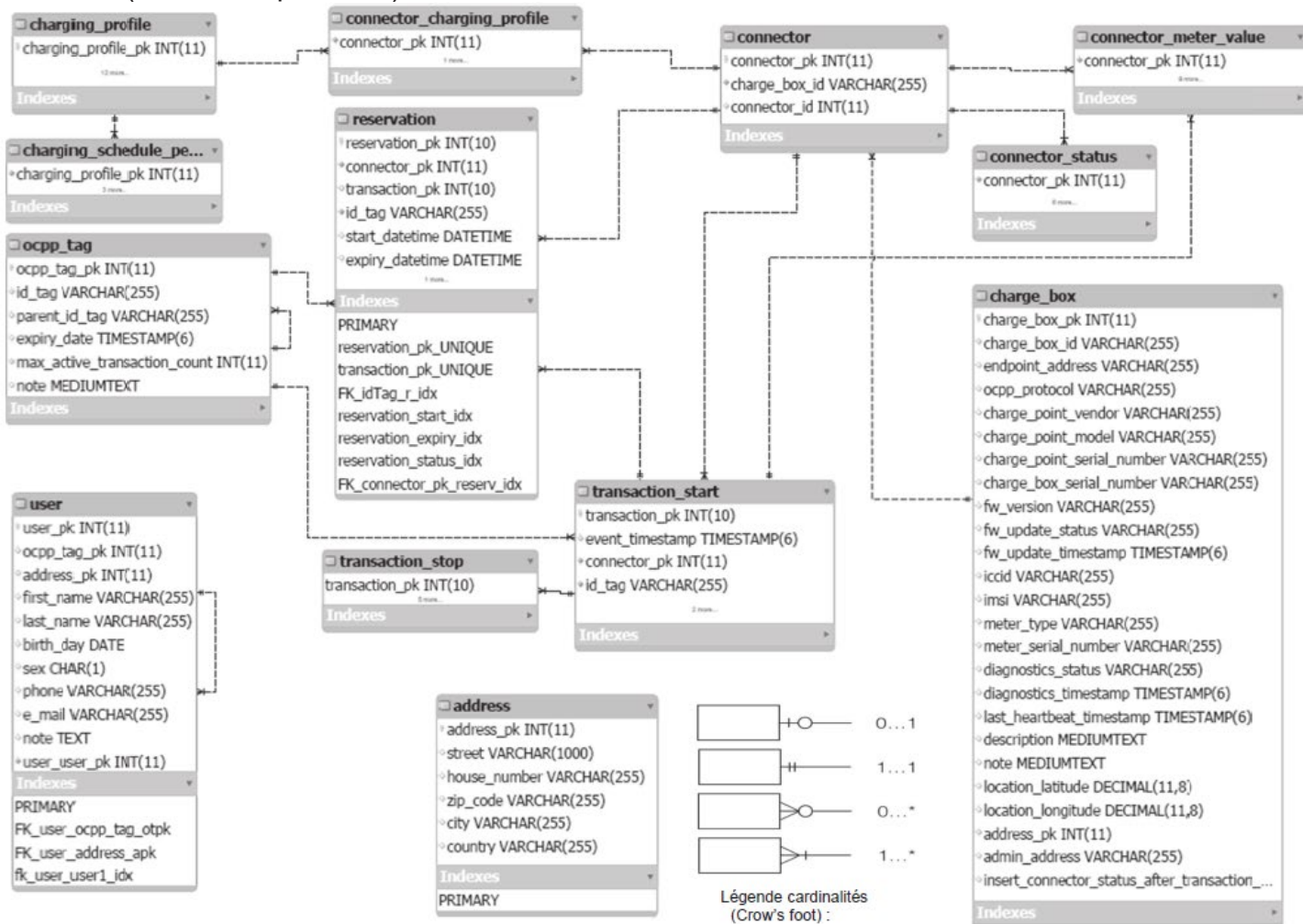
La base de données comporte les tables suivantes :

- user : détient les informations de l'utilisateur
- address : détient les détails de l'adresse d'un utilisateur
- charge\_box : détient les informations d'une borne (modèle, numéro de série, positionnement terrestre, etc.)
- ocpp\_tag : détient les informations d'un badge
- reservation : détient les informations de réservation d'une borne

Le système est dimensionné pour :

- autoriser un utilisateur à posséder plusieurs badges,
- accepter que plusieurs utilisateurs habitent à une même adresse (cas d'une famille).

**Q16.** Compléter le schéma Entités-Relations en faisant apparaître les relations entre les tables « address », « user » et « ocpp-tag », et en respectant le symbolisme des relations (flèches en pointillés).



SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 10 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q17.** Élaborer la commande SQL permettant de lister les identifiants de l'ensemble des bornes utilisées (table « charge\_box »).

*Le logiciel de supervision propose entre autres, d'ajouter de nouveaux clients ou de modifier leurs informations. Toutes les informations concernant le client peuvent être saisies dans le logiciel de supervision.*

*Un client existant déclare avoir perdu son badge. Voici ses informations actuellement détenues dans la base de données :*

- D *Nom : Proust*
- D *Prénom : Marcel*
- D *Date de naissance : 10 juillet 1971*
- D *Sexe : Masculin*
- D *Tag : 70880485138334*
- D *Rue : avenue Charles de Gaulle*
- D *N°: 4*
- D *Code Postal : 98100*
- D *Ville : Balbec*

*Un nouveau badge lui est attribué ayant le tag 70880485139000 afin de remplacer le badge perdu dont le paramètre ocpp\_tag\_pk vaut 71.*

**Q18.** Élaborer la commande SQL permettant de mettre à jour ces informations.

## **Partie E. Communication Bornes - Supervision**

*Le protocole OCPP dans sa version 1.5 met en œuvre un ensemble de requêtes et de réponses (25 en tout) entre les bornes de recharge et la supervision (**assurée par le Serveur OCPP**). Les requêtes et les réponses sont encapsulées dans des services web selon les protocoles SOAP et WSDL.*

*SOAP permet donc d'installer des services au sein d'un serveur Web. Il s'agit en fait d'un échange de fichiers XML.*

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 11 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q19.** À partir de l'extrait de la **documentation PP8** sur SOAP, compléter le **document réponses** en faisant apparaître l'empilement des protocoles réseau IP, TCP, HTTP et SOAP.

COUCHE	PROTOCOLE
<b>Application</b>	
<b>Transport</b>	
<b>Réseau</b>	

Plusieurs captures d'échanges entre une borne et la supervision à l'aide d'un analyseur réseau ont été effectuées : **documentation PP9**.

Une tentative de réservation de borne a été effectuée par un client.

**Q20.** En analysant les captures de trame de la **documentation PP9**, donner l'identifiant de la borne ayant tenté une demande d'autorisation.

**Q21.** En analysant les trames des dialogues 1 et 2 de la **documentation PP9**, préciser les numéros des trames qui débutent les requêtes et les réponses SOAP.

**Q22.** En vous aidant de la **documentation PP10**, indiquer les possibilités de réponse de la supervision vers la borne lors d'une demande d'autorisation.

Lors du dialogue 1 de la **documentation PP9**, le client effectue une tentative d'authentification à l'aide de sa carte RFID. On constate alors une erreur.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 12 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q23.** Identifier l'UID du tag à l'origine de l'erreur.

**Q24.** Identifier le groupe de balises SOAP permettant d'informer la présence de cette erreur.

*Lors du dialogue 2 de la **documentation PP9**, la supervision a validé la demande du client. Pour des raisons de sécurité, cette acceptation est limitée dans le temps.*

**Q25.** Indiquer la balise SOAP qui met en évidence cette limitation.

*Afin de pouvoir effectuer les requêtes et réponses conformes au protocole SOAP, il est nécessaire de créer une infrastructure (un schéma) décrite dans un document au format WSDL (description des services Web dans un fichier XML)*

*Un extrait de l'infrastructure des services Web mis en place par la supervision OCPP se trouve en **documentation PP10**.*

**Q26.** Indiquer la taille maximale d'un tag UID (ou idToken) que peut accepter la supervision. Justifier votre réponse.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 13 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

## Partie F. Réseau

La suite de l'étude, porte sur l'architecture réseau des bornes de recharge installées au sein d'une ville. Un extrait de l'architecture est présenté dans la **documentation PP11**.

Plusieurs services interviennent dans la gestion des recharges :

- le service administratif qui s'occupe de la gestion des comptes client, de la facturation et de la gestion des contentieux,
- le service technique qui s'occupe de la gestion des bornes de recharge (maintenance), de l'administration de la supervision OCPP ainsi que de l'installation des nouvelles bornes.

Les trois routeurs font partie d'un seul et même réseau d'adresse 172.16.150.0/25

Les bornes sont installées au sein d'un secteur. Les bornes d'un secteur reliées par une liaison Ethernet ont une adresse de réseau en 172.16.N°secteur .0/25

Au sein d'un secteur, on peut avoir plusieurs points de recharge. À chaque point de recharge est associée une borne maître (au sens ModBus).

Certains secteurs sont à part : il s'agit des bornes installées dans une zone où Internet n'est accessible qu'à partir d'une connexion 3G. La liaison est alors assurée grâce à un modem 3G ajouté dans la borne maître.

Les machines (ordinateurs) du service administratif font partie du réseau 172.20.0.0/25. Un serveur DHCP s'occupe de fournir les adresses IP à ces machines.

Les machines (Serveur OCPP, Serveur MySQL, ordinateurs) du service technique font partie du réseau 172.16.96.0/25. Certaines machines de ce réseau ont des adresses IP fixes (serveur OCPP, serveur MySQL).

**Q27.** Indiquer le mode d'accès de la borne maître du point de recharge 1 du secteur 2 au accéder au Serveur OCPP ?

**Q28.** Compléter le **document réponses** en choisissant les adresses IP des différentes interfaces des routeurs.

Routeur	Eth1	Eth2	Eth3
R1			
R2			
R3			

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 14 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q29.** Compléter le **document réponses** pour le réseau 172.16.96.0/25

Adresse de réseau	Masque de sous-réseau en décimal pointé	Adresse de broadcast	Nombre total de machines	Adresse de la première machine	Adresse de la dernière machine
172.16.96.0/25					

Les tables de routage des trois routeurs contiennent les adresses de destination des réseaux et la correspondance avec l'interface Ethernet (ou WAN) concernée. Le routeur R2 étant un routeur avec une connexion Internet, il sera considéré comme étant la passerelle par défaut.

**Q30.** Compléter la table de routage du routeur R3 du **document réponses**.

Le serveur OCPP est basé sur un système d'exploitation Linux. On peut sécuriser l'accès à ce serveur grâce au pare-feu **iptables** présent sur celui-ci.

Nom du réseau	Réseau de destination	Masque de sous-réseau en décimal pointé	Passerelle	Interface
« backbone »				
Secteur 1	176.16.1.0		@ipEth1R1	Eth1
Secteur 3				
Service administratif				
Service technique				
Route par défaut				

**@ipEth1R1** signifie l'adresse IP de l'interface Eth1 du routeur R1.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 15 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

**Q31.** À partir de la **documentation PP12**, préciser les commandes linux à utiliser pour configurer le pare-feu de façon à ce qu'il autorise les accès (en entrée et en sortie) sur les ports 8080 et ssh.

*On désire autoriser les « ping » sur la machine de supervision OCPP. On rappelle que la commande ping utilise le protocole icmp.*

**Q32.** À partir de la **documentation PP12**, préciser les commandes Linux à utiliser pour configurer le pare-feu **iptables** de façon à autoriser une machine du réseau 172.16.96.0/25 à « pinger » le Serveur OCPP. Justifier votre réponse.

*Un switch (Switch A) permet de relier les trois routeurs R1, R2 et R3.*

*Les concepteurs de l'infrastructure décident de remplacer les routeurs R1, R2 et R3 d'ancienne génération par des routeurs CISCO de la série 890 (voir **documentation PP13**).*

**Q33.** Le switch A est-il toujours nécessaire si on installe les routeurs CISCO 890 ? Justifier votre réponse.

*L'organisation logique de l'infrastructure réseau nécessite une évolution en créant des VLANs : meilleure gestion des réseaux, optimisation du flux, sécurisation...*

**Q34.** Combien de VLANs pourrait-on gérer avec les routeurs CISCO de la série 890 ?

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro 16 sur 12
20SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

# SUJET

## Option A Informatique et Réseaux

Partie 2 Sciences physiques

Durée 2 h coefficient 2

Ce sujet est composé de deux parties indépendantes.

### Partie A : communication entre les bornes de recharge de véhicules électriques

A.1 Liaison série asynchrone RS485.

A.2 Protocole Zigbee.

### Partie B : contrôle de la tension délivrée par une borne de recharge.

B.1 Numérisation.

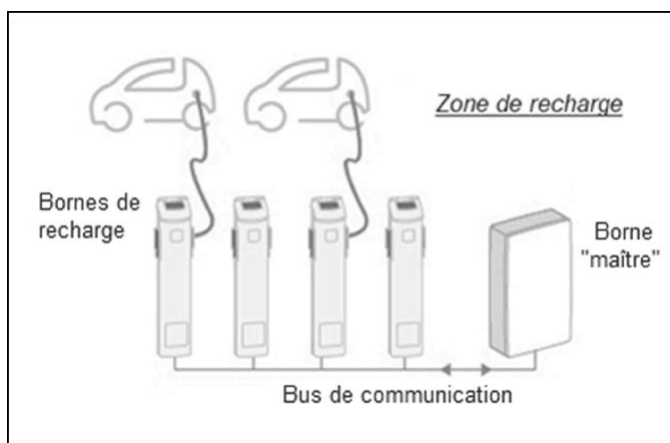
B.2 Traitement numérique du signal.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 1 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

## Partie A. Communication entre les bornes de recharge de véhicules électriques et la borne maître

Chaque zone de recharge est constituée d'un ensemble de bornes dont l'une d'elles est une borne « maître ».

Le protocole de communication entre les bornes est soit ModBus sur RS485 soit une communication sans fil ZigBee.



### A.1 – Liaison série asynchrone RS485

Les « liaisons séries » sont des moyens de transport d'informations entre divers systèmes numériques.

Elles sont appelées asynchrones lorsqu'il n'y a pas de signal d'horloge transporté avec le signal de données.

Les liaisons séries asynchrones sont rencontrées sous différentes normes dans tous les domaines du traitement de l'information : RS-232/422/485

### Problématique : justification de l'emploi de la norme RS-485.

Spécifications	RS-232	RS-422	RS-485
Mode de fonctionnement	Non différentiel	Différentiel	Différentiel
Nombre d'émetteurs/récepteurs sur une ligne	1 émetteur 1 récepteur	1 émetteur 10 récepteurs	32 émetteurs* 32 récepteurs
Longueur maximale du câble	15 m	1 200 m	1 200 m

Tableau 1: spécifications RS-232, RS-422, RS-485

\*un seul émetteur est actif à un moment donné source : <http://ni.com/white-paper/11390/fr/>

**Q35.** Justifier que la norme RS-232 ne peut pas être utilisée pour la communication entre la borne maître et les bornes de recharge, à partir des spécifications du tableau 1.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 2 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

Un des principaux problèmes des liaisons séries est la sensibilité aux bruits sur les lignes de transmission du signal. L'émetteur et le récepteur comparent les tensions par rapport à une masse commune en ligne (exemple RS-232). La présence de parasites peut alors limiter la distance maximale et la vitesse de communication.

Avec la norme RS-485, il n'y a pas de masse commune comme signal de référence. La transmission est dite différentielle et nécessite l'utilisation de paires torsadées. Le récepteur fournit une tension  $V_{RS485}$  égale à une différence de potentiels telle que  $V_{RS485} = Data^+ - Data^-$ .



Figure 1: schéma de liaison norme RS-485

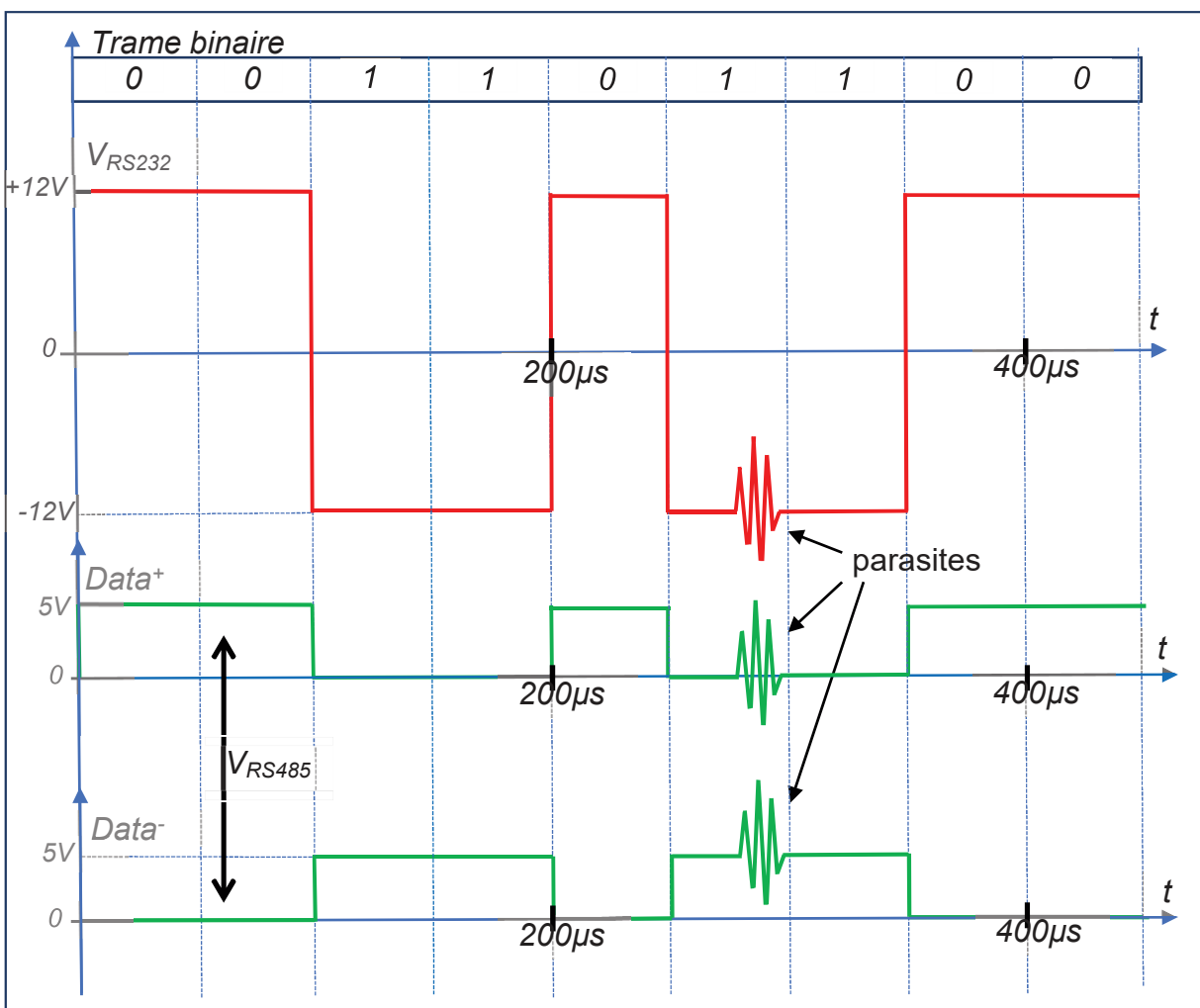


Figure 2 : exemple de chronogrammes de signaux pour une liaison de type RS-232 et RS-485

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 3 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

- Q36.** Tracer l'allure du signal  $V_{RS485}$  sur le document réponses en page DR-SP1.
- Q37.** Justifier, dans le cas d'une liaison série, qu'une transmission différentielle permet d'obtenir une plus faible sensibilité (meilleure immunité) aux parasites par rapport à une transmission non différentielle.
- Q38.** Déterminer la valeur du débit binaire en bps (bits par seconde) dans l'exemple proposé à la figure 2.

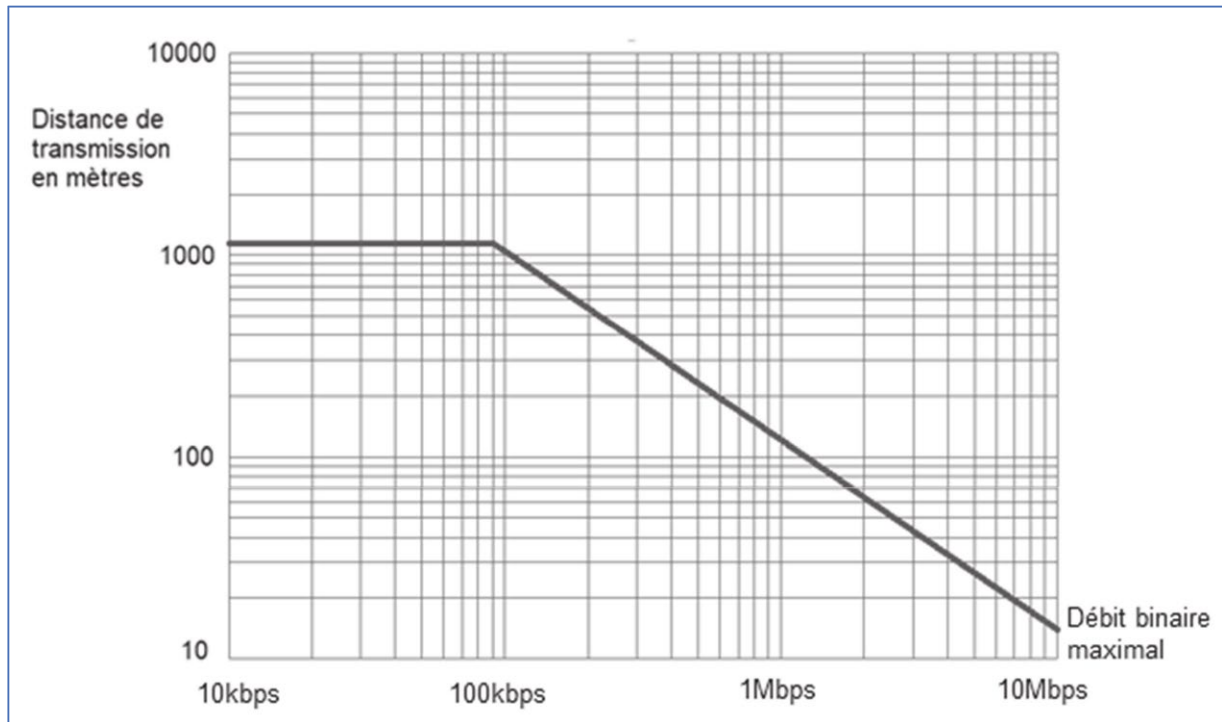


Figure 3: distance de transmission en fonction du débit maximal pour une liaison RS-485

- Q39.** Justifier, en s'aidant de la figure 3, que l'utilisation de la liaison RS-485 est possible sachant que la distance de transmission ne dépasse pas 100 m et que le débit binaire est de 19 200 bps.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 4 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

## A.2 – Protocole Zigbee

ZigBee est un protocole de réseau local (LAN) fonctionnant à 2,4 GHz. Il a été développé en tant que spécification basée sur l'IEEE 802.15.4 pour une suite de protocoles de communication de haut niveau utilisés pour créer des réseaux personnels sans fil à faible puissance.

ZigBee a été pensé pour des réseaux maillés où l'information se propage de proche en proche, par sauts successifs, jusqu'au destinataire.

Les caractéristiques du système étudié utilisant la technologie Zigbee pour la communication entre les bornes de recharge sont les suivantes :

Bande de fréquence : Bande ISM à 2,4 GHz

Modulation QPSK

Durée minimale d'un bit :  $T_{Bmin} = 4,0 \mu s$

Bande passante :  $B = 500 \text{ kHz}$

Puissance électrique de l'émetteur : 0,0 dBm

Gain antenne émission / réception : 0,0 dB

Pertes à l'émission : 3,0 dB

Pertes à la réception : 3,0 dB

Sensibilité de réception : - 86 dBm

Température de fonctionnement : - 40 à 80°C

TEB (Taux d'erreur par bit) ou BER maximal :  $1,0 \cdot 10^{-4}$



**Problématique : vérifier que le protocole Zigbee est une technologie radio robuste, c'est-à-dire qu'il possède une bonne immunité aux bruits.**

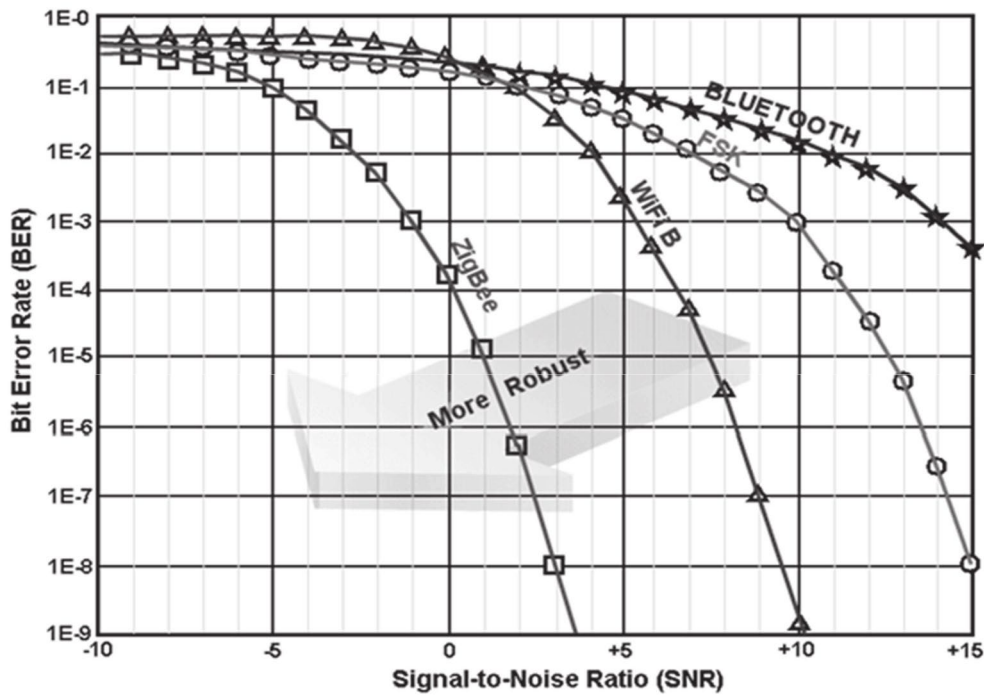
Un bilan de liaison permet de calculer la puissance disponible au niveau du récepteur en fonction de la puissance fournie à l'antenne d'émission.

Dans le cas de deux antennes séparées par une distance, notée  $d$ , en espace libre, l'atténuation  $A$  liée à la transmission peut être calculée par la relation suivante :

$$A = 32,4 + 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) \quad \text{avec } A \text{ en dB, } f \text{ en MHz et } d \text{ en km}$$

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 5 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

- Q40.** Calculer l'atténuation  $A$  en dB pour une distance  $d$  de 50 m.
- Q41.** Calculer le niveau de puissance  $P_r$  reçue par le récepteur en dBm pour une distance de 50 m, en tenant compte des pertes à l'émission et à la réception et de l'atténuation  $A$  liée à la transmission en espace libre. En déduire si la communication est possible sur cette distance.
- Q42.** Calculer la distance théorique maximale  $d_{max}$  pour une transmission en espace libre.
- Q43.** Calculer le nombre maximal de bits erronés par seconde pour un débit de 200 kbps à partir des caractéristiques fournies du protocole Zigbee.



( Source : <https://www.agpi.org> )

Figure 4 : variations du TEB (BER) en fonction du SNR minimal en dB

Rappel :  $SNR = S - B$

avec :  $S$  puissance du signal en dBm ;  $B$  puissance du bruit en dBm et SNR le rapport signal sur bruit en dB.

- Q44.** Déterminer, en s'aidant de la figure 4, la puissance maximale du bruit pour une puissance du signal de - 84 dBm pour que la communication puisse être établie avec le protocole Zigbee.
- Q45.** Justifier que la communication Zigbee soit qualifiée de « robuste » par rapport au Wifi et au Bluetooth.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 6 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

## Partie B. Contrôle de la tension délivrée par une borne de recharge.

### B.1- Numérisation

En cas de problème, comme des fluctuations de la tension du réseau, une surintensité, ou un courant de fuite, la borne de recharge peut interrompre la charge pour des raisons de sécurité.

Cela nécessite l'acquisition de la tension et de l'intensité du courant fournies par chaque borne ainsi que la surveillance des fuites à la terre (GFCI : Ground Fault Circuit Indicator).

La tension  $u_{borne}(t)$  qui alimente le chargeur du véhicule devra être étudiée.

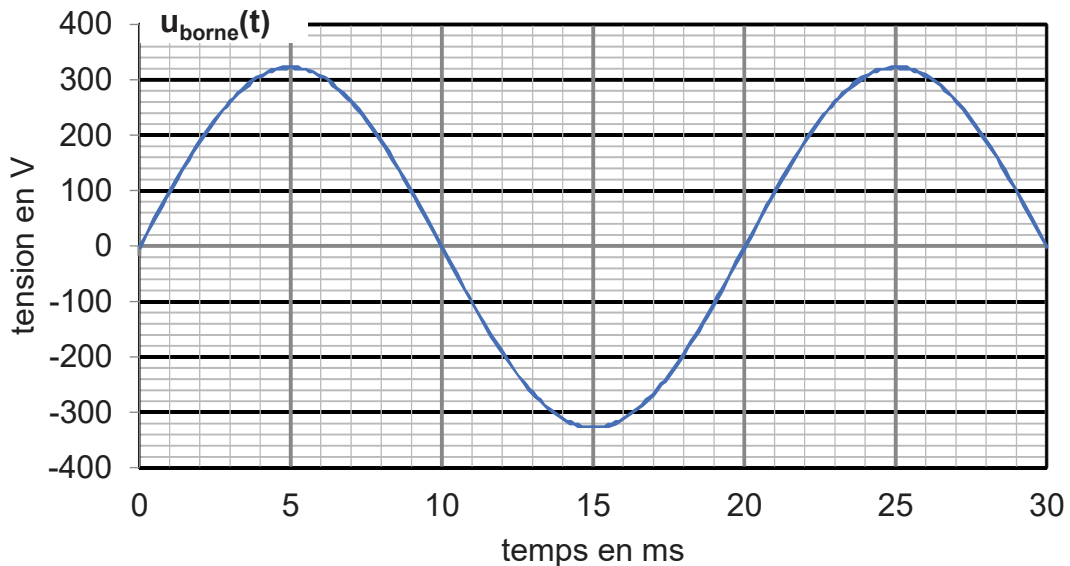
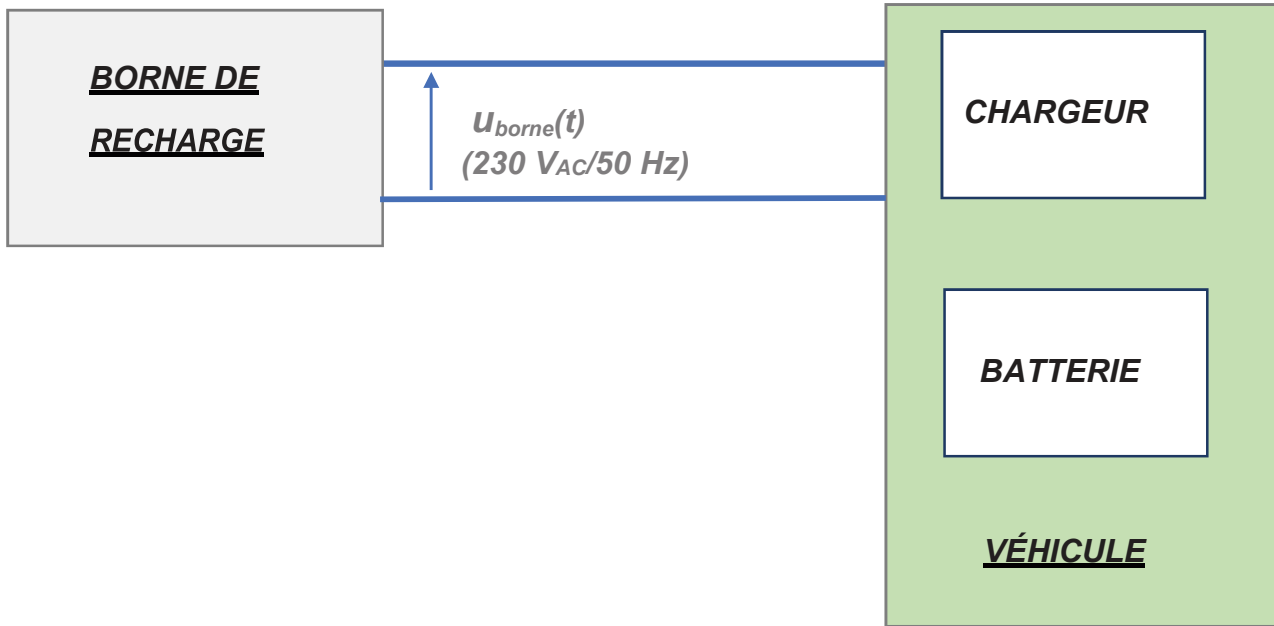


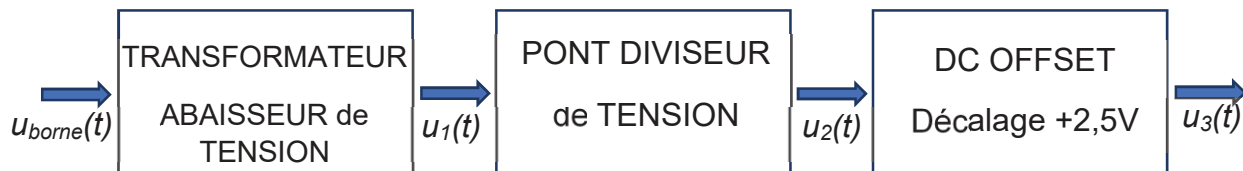
Figure 5 : chronogramme de la tension  $u_{borne}(t)$  pour un fonctionnement normal

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 7 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

**Problématique : vérifier que l'adaptation en tension avant la numérisation est compatible avec la plage d'entrée (0 à 5 V) du convertisseur analogique-numérique.**

*Pour effectuer une numérisation de la tension délivrée par la borne de recharge, il est indispensable de réaliser une isolation galvanique et d'adapter les niveaux de tension à l'entrée du convertisseur analogique-numérique du microcontrôleur.*

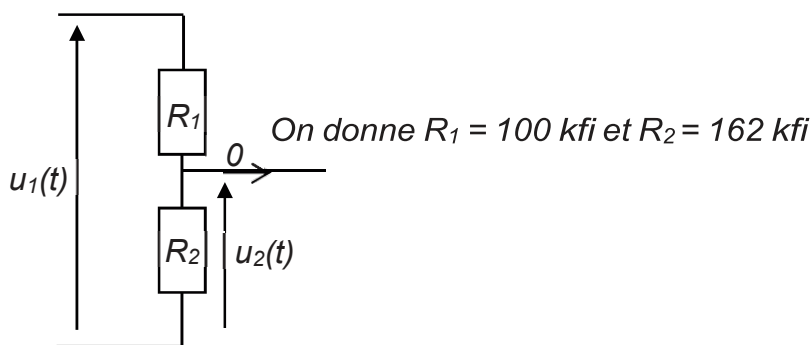
*Pour cela on utilise le schéma de principe ci-dessous :*



Avec :  $u_1(t) = u_{borne}(t)/100$  ;

$u_3(t) = u_2(t) + 2,5$  ;

Schéma électrique du pont diviseur de tension :

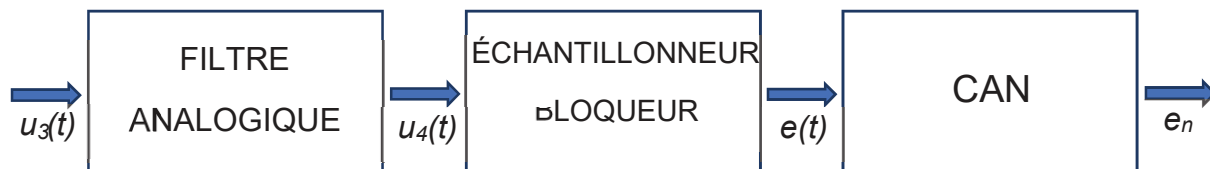


**Q46.** Montrer que  $u_2(t) = 0,618 \cdot u_1(t)$  à partir du schéma électrique ci-dessus.

**Q47.** Déterminer, en s'aidant de la figure 5, l'amplitude  $\hat{U}_{borne}$ , en volts, de la tension sinusoïdale  $u_{borne}(t)$ .

**Q48.** Calculer, pour un fonctionnement normal du réseau, les valeurs minimale  $u_{3min}$  et maximale  $u_{3max}$  de  $u_3(t)$ .

*La tension  $u_3(t)$  est ensuite appliquée à l'entrée d'un filtre analogique qui est placé en amont d'un échantillonneur-bloqueur et du convertisseur analogique-numérique (CAN). La tension  $u_3(t)$  peut, dans certaines situations anormales, comporter des harmoniques. Dans ce cas, les amplitudes des harmoniques dont la fréquence est en dehors de la bande passante du filtre analogique, seront considérées comme nulles.*



SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 8 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

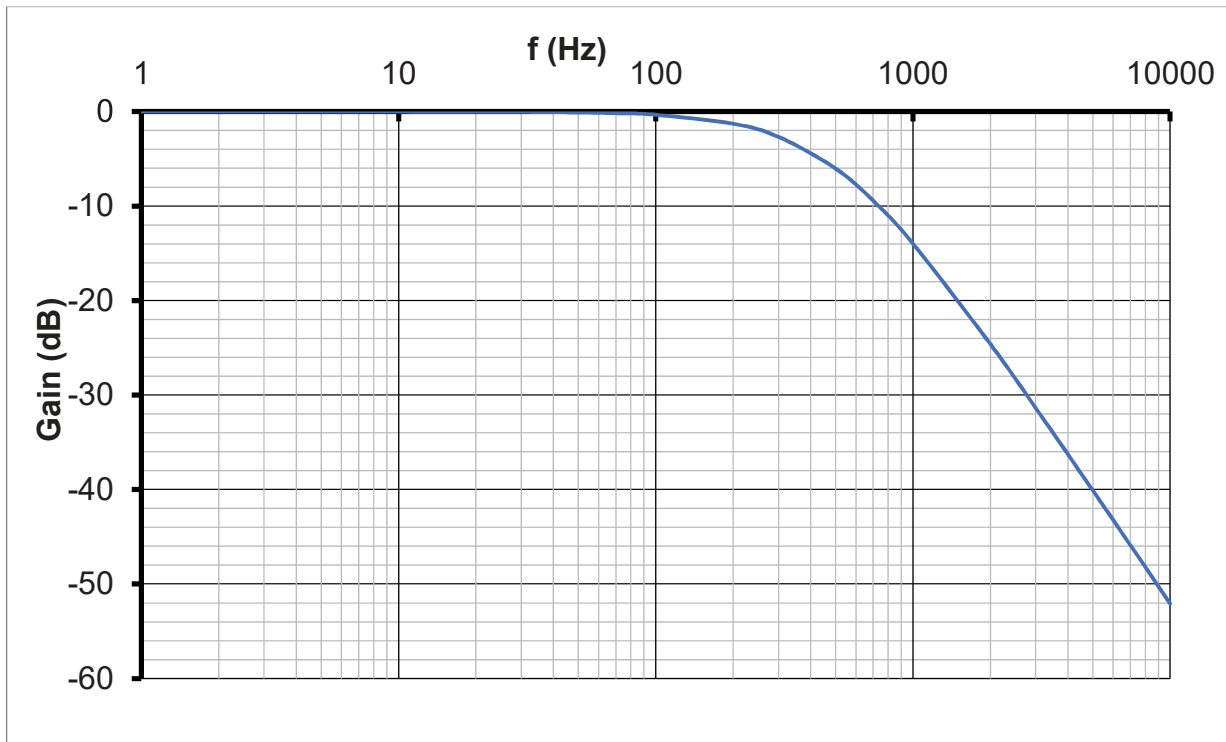
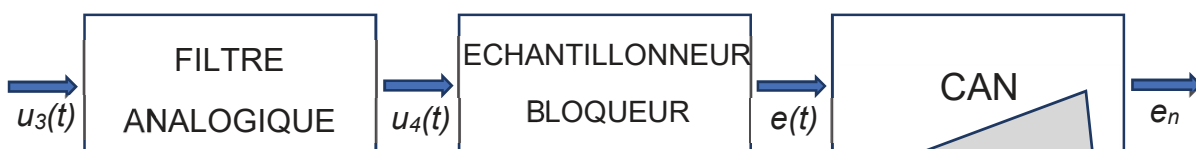


Figure 6 : diagramme du gain du filtre analogique en fonction de la fréquence.

**Q49.** Indiquer la nature du filtre analogique (passe-bas, passe-haut ou passe-bande). Préciser l'intérêt de ce filtre avant de numériser un signal analogique en général.

**Q50.** Relever la valeur du gain à la fréquence 50 Hz et en déduire que la plage de variation de  $u_4(t)$  est bien compatible avec la plage d'entrée (0 V à 5 V) du convertisseur analogique numérique.

**Problématique :** vérifier que le CAN choisi permet la détection d'une variation de tension d'au moins 1 V de la tension  $u_{borne}(t)$ .



Features CAN

- 12 bits resolution A/D converter
- 10  $\mu$ s conversion time over operating temperature
- Linearity error  $\pm 1$  LSB max
- CMOS technology
- 0-5V analog input

Figure 7 : extrait de la fiche technique du convertisseur analogique-numérique

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 9 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

- Q51.** Calculer le pas de quantification  $q$ , exprimé en volts, du CAN pour une plage de tension d'entrée de 0 V à 5 V.
- Q52.** Déterminer, en s'aidant de la figure 7, la résolution numérique minimale (nombre de bits) nécessaire au CAN pour détecter une variation de la tension  $u_{borne}(t)$  de 1 V. En déduire si le nombre de bits du convertisseur est suffisant.

## B.2- Traitement numérique du signal.

Le traitement numérique vise à isoler le fondamental du signal, afin de déterminer la valeur maximale de la composante sinusoïdale de fréquence 50 Hz.



Le filtre numérique a pour équation de récurrence :

$$s_n = a_0 \cdot e_n + a_2 \cdot e_{n-2} + b_1 \cdot s_{n-1} + b_2 \cdot s_{n-2}$$

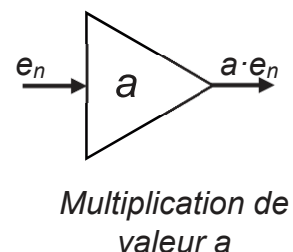
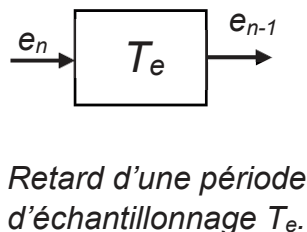
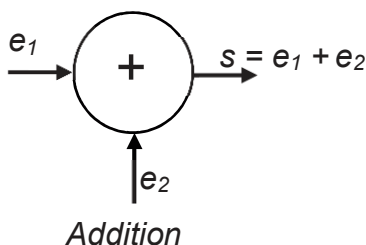
Les échantillons  $e_n$  sont à l'entrée du filtre numérique et  $s_n$  à la sortie.

**Problématique : vérification que le filtre numérique permet de sélectionner la composante sinusoïdale de fréquence 50 Hz.**

- Q53.** Proposer, en s'aidant de la figure 7 et en justifiant la réponse, un encadrement de la fréquence d'échantillonnage de la chaîne d'acquisition en tenant compte de :
- la fréquence de coupure du filtre (figure 6),
  - la condition de Shannon,
  - la durée de conversion du CAN.

La fréquence d'échantillonnage  $f_e$  est finalement fixée à 1,0 kHz.

- Q54.** Donner, en justifiant la réponse, la récursivité ou non de ce filtre.
- Q55.** Dessiner une représentation structurelle de cet algorithme à l'aide des symboles suivants :



Sachant que :

$E(z)$  est la transformée en  $z$  de la séquence d'entrée  $\{e_n\}$

$S(z)$  est la transformée en  $z$  de la séquence de sortie  $\{s_n\}$

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 10 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	

**Q56.** Montrer que la fonction de transfert en  $z$  de ce filtre peut se mettre sous la forme :

$$H(z) = \frac{S(z)}{E(z)} = \frac{a_0 \cdot z^2 + a_2}{z^2 - b_1 \cdot z - b_2}$$

Les valeurs des coefficients de l'équation de récurrence sont les suivantes :

$a_0 = 0,05945$  ;  $a_2 = - 0,05945$  ;  $b_1 = 1,793$  et  $b_2 = - 0,8816$

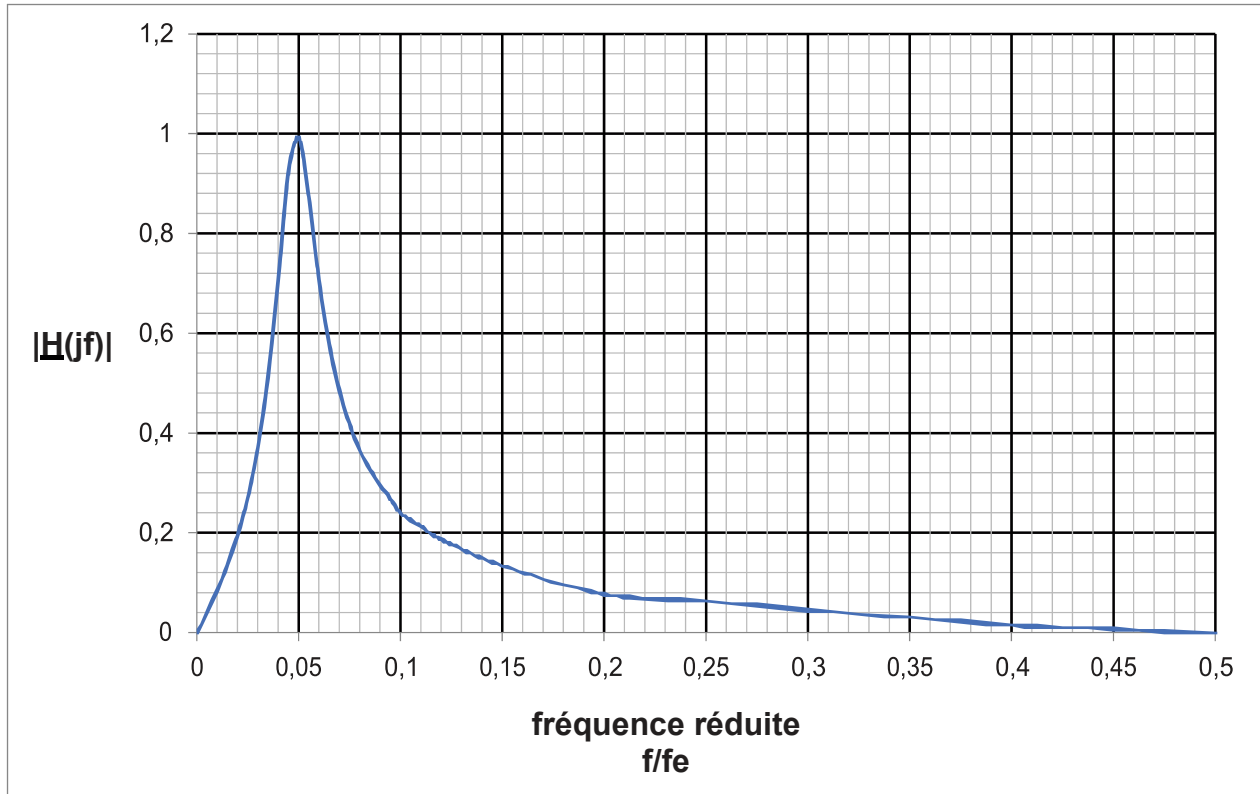


Figure 8 : module de la fonction de transfert  $|H(jf)|$  en fonction de la fréquence réduite  $f/f_e$ .

**Q57.** Préciser la nature du filtre.

**Q58.** Déterminer la fréquence de résonance  $f_0$ .

**Q59.** Justifier que le filtre numérique sélectionne bien le fondamental du signal d'entrée.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP 11 sur 11
20SN4SNIR1	Sciences Physiques - Sujet	