BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE

Option B – Électronique et Réseaux

Épreuve E4

ÉTUDE ET CONCEPTION DE PRODUITS ÉLECTRONIQUES

SESSION 2025

Durée : 6 heures
Coefficient : 4

_____

Matériel autorisé

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

Tout autre matériel est interdit.

Chaque candidat remettra deux copies séparées : une copie « domaine professionnel » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-Pro1 à DR-Pro12 et une copie « domaine de la physique » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-Ph 1 à DR-Ph 4.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1 à PR6
Sujet	
Questionnaire domaine professionnel	S-Pro1 à S-Pro9
Documents réponses à rendre avec la copie	DR-Pro1 à DR-Pro12
Questionnaire domaine de la physique	S-Ph 1 à S-Ph 10
Documents réponses à rendre avec la copie	DR-Ph 1 à DR-Ph 4
Documents techniques	DOC1 à DOC20

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

PRÉSENTATION DE LA BORNE ARRÊT-MINUTE À DÉCOMPTE DE TEMPS

1. Le problème du stationnement en ville

Le sujet porte sur un équipement urbain destiné aux municipalités dont les centres-villes se trouvent rapidement bloqués par l'afflux de véhicules. La plupart du temps, les automobilistes recherchent une place de stationnement pour une courte durée, afin d'effectuer des achats chez les commerçants du centre-ville.

Figure 1 :
borne arrêt-minute

Le problème du stationnement en ville pour une courte durée constitue l'un des facteurs aggravants du blocage du trafic routier en ville, et aussi de la pollution générée par ces désagréments. Toute solution permettant de limiter l'émission de polluants en centre-ville est étudiée par les municipalités.

Une des stratégies pour réduire ce problème est l'équipement de certaines places de parking d'une borne de stationnement arrêt-minute à décompte de temps.

Une borne arrêt-minute à décompte de temps (figure 1) se présente sous la forme d'un potelet ou d'une borne totem, d'apparence assez proche de celle des horodateurs. Chaque borne doit indiquer à l'usager son état (en service, hors service ou anomalie) et, pour chacune des places de stationnement auxquelles elle est reliée, la disponibilité (libre ou occupée), le temps restant, etc.

Son utilité est de contrôler la durée de stationnement d'un ou de deux véhicules, et ainsi d'augmenter la rotation des véhicules.

La durée du stationnement gratuit est paramétrable suivant la zone d'implantation de la borne arrêt-minute (gare, aéroport et zone de commerce).

Les bornes arrêt-minute à décompte de temps sont installées devant les petits commerces, excluant les galeries marchandes par exemple, devant lesquelles le temps de stationnement est nécessairement plus long.

2. Installation des bornes arrêt-minute

La borne arrêt-minute est proposée avec un système de détection par boucle (figure 2).

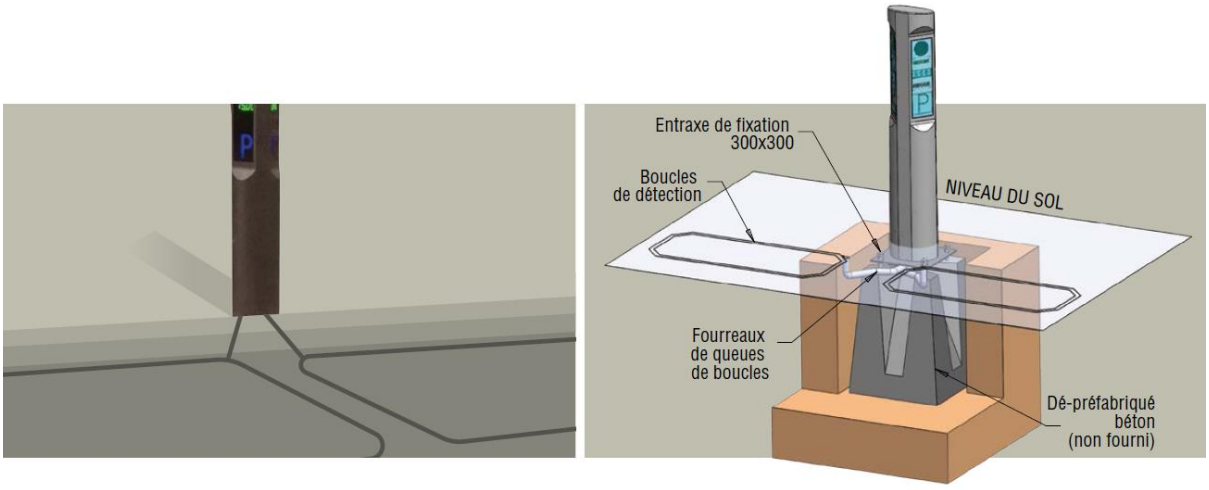


Figure 2 : schéma du système de détection par boucle de la borne arrêt-minute

Une borne arrêt-minute peut gérer seule une ou deux places de stationnement.

La télégestion permet de créer et de gérer un ou plusieurs groupes de bornes dans une même ville.
Un groupe de bornes arrêt-minute pourra être créé grâce au KIT DE TÉLÉGESTION (figure 3).

Ainsi plusieurs bornes arrêt-minute peuvent être couplées dans la limite de 128.

La mise en relation de bornes arrêt-minute se fait grâce à un bus RS485.

Un kit de télégestion peut être connecté au réseau Internet de plusieurs manières :
- modem 3G/4G ;
- ADSL ;
- fibre optique.

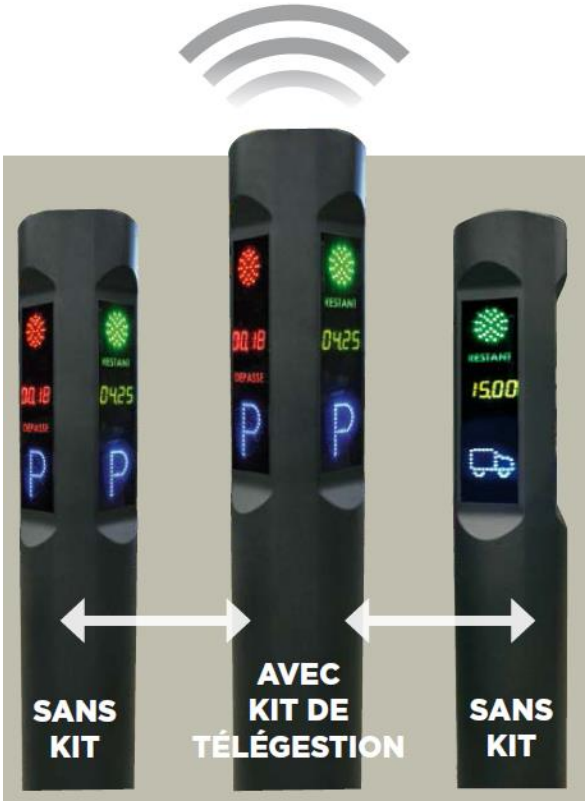


Figure 3 : principe du kit de télégestion

Une borne arrêt-minute équipée d'un kit de télégestion est considérée comme une borne maître.
Une borne arrêt-minute sans kit de télégestion est considérée comme une borne esclave.

3. Communication entre les bornes arrêt-minute

La communication entre les bornes maîtres et les bornes esclaves est de type MODBUS (MODICON BUS) RTU (Remote Terminal Unit) via une liaison RS485.

Le constructeur a choisi le protocole MODBUS RTU pour deux raisons.
MODBUS RTU fournit une communication série maître/esclave via une liaison RS232 ou RS485. Pour pouvoir adresser les bornes arrêt-minute en MODBUS RTU, les paramètres de communication série doivent d'abord être connus ou définis. Ceux-ci incluent le débit en bauds, la parité et les bits d'arrêt. Les données sont transmises sur 8 bits. De plus, la/les adresse(s) esclave(s) à adresser par le maître est/sont ajoutée(s). Le succès de la liaison RS485 s'appuie sur la distance maximale de connexion, jusqu'à 1200 mètres contre seulement 15 mètres pour la liaison RS232.

De plus, MODBUS RTU fonctionne sur une architecture maître/esclave. Ainsi un seul maître est connecté à l'ensemble du réseau. Celui-ci est connecté à plusieurs esclaves. Seul le maître a la possibilité d'envoyer des requêtes. Un maître peut se connecter à 247 équipements esclaves. Les adresses 248 à 255 sont des adresses réservées.

En contrepartie, MODBUS RTU via une liaison RS485 nécessite l'utilisation de répéteurs (32 adresses possibles pour une liaison RS485 sans répéteur).

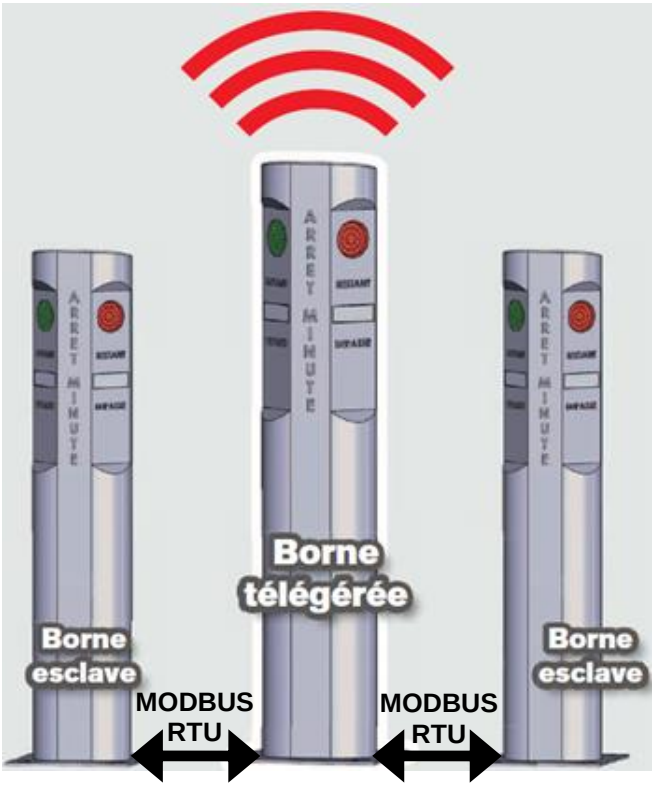


Figure 4 : communication entre la borne maître et deux bornes esclaves

4. Organisation du parc de bornes arrêt-minute à décompte de temps de la ville de TROYES

La municipalité de TROYES a décidé d'équiper le centre-ville de bornes arrêt-minute à décompte de temps. Le conseil municipal a validé un temps de stationnement gratuit de dix minutes pour toutes les bornes installées en centre-ville.

L'installation, l'entretien et la maintenance ont été confiés au service espaces publics, et une délégation de service public a été attribuée à la société TROYES PARC AUTO qui gère les sites de stationnements payants déjà existants. La société TROYES PARC AUTO dispose d'un superviseur de stationnement. Le personnel chargé de l'exploitation est informé en temps réel d'une infraction au stationnement par réception d'un mail. Il a la possibilité de prévenir un agent de surveillance de la voie publique de la police municipale pour une verbalisation. Il peut également modifier les plages horaires ou le temps de stationnement autorisé, réaliser des statistiques

Une carte interactive (figure 5) accessible au public sur le site de la ville de TROYES informe de l'implantation des bornes arrêt-minute au centre de la ville.

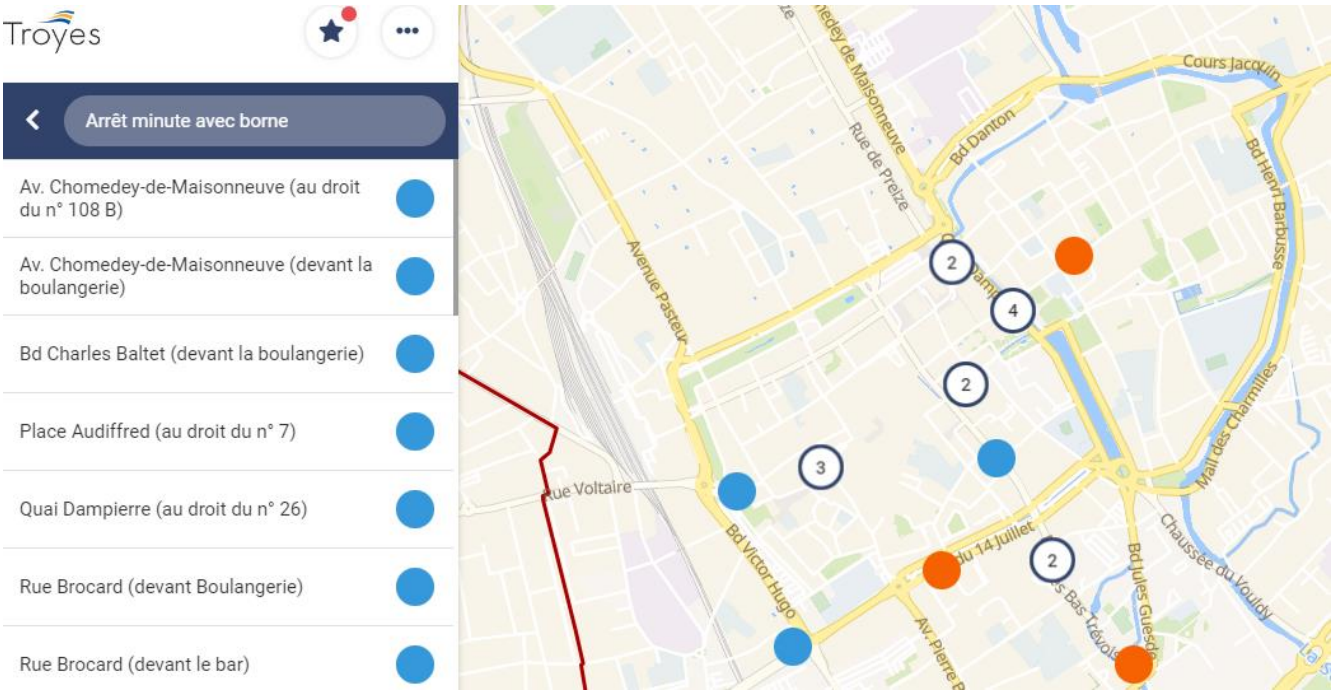


Figure 5 : plan de la localisation des bornes arrêt-minute

La ville de TROYES dispose d'un parc actuel de soixante-dix bornes arrêt-minute. À la demande des commerçants et des habitants, la municipalité envisage d'accroître ce nombre et de doubler le temps de stationnement gratuit.

5. Architecture matérielle actuelle du parc de bornes arrêt-minute à décompte de temps de la ville de TROYES

Actuellement, une borne maître communique avec des bornes esclaves (dans la limite d'un nombre maximal de 128 bornes esclaves) par une liaison RS485.

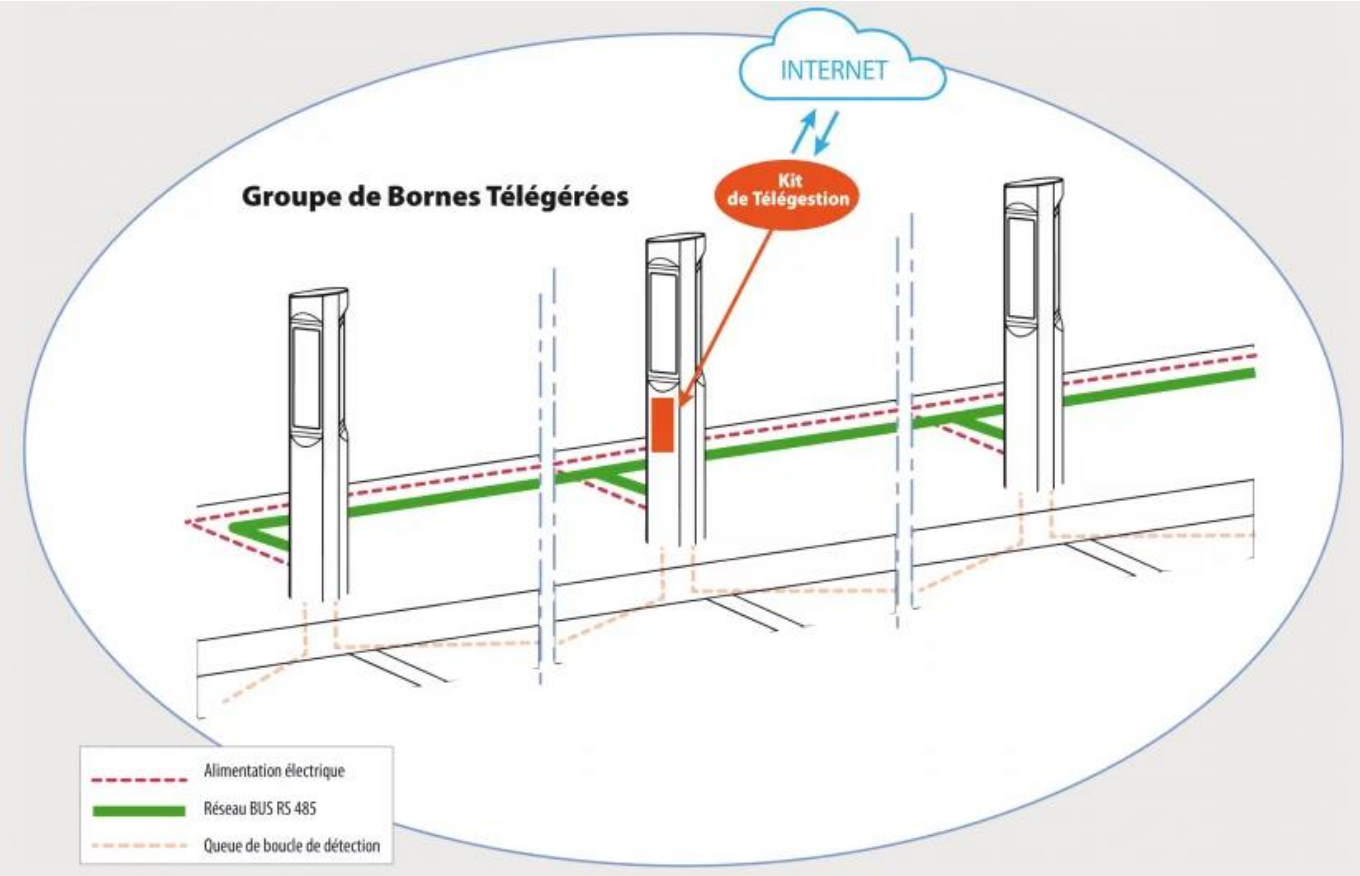


Figure 6 : schéma des communications des bornes arrêt-minute

Une borne maître est équipée d'une carte 3G et communique avec le centre de télégestion par liaison GSM.
Les bornes esclaves non équipées de cartes 3G communiquent avec la borne maître par des liaisons RS485. Elles peuvent contrôler une ou deux places de stationnement selon leurs configurations.

Les bornes arrêt-minute sont placées près des commerces de proximité et groupées par secteurs, généralement identifiés par le nom d'une rue, d'une place, ou d'un bâtiment public (par exemple le secteur de la gare).

6. Test de rénovation des bornes arrêt-minute du quartier POINCARÉ

Une première rénovation (retrofit) de bornes a été réalisée dans le quartier POINCARÉ.
Ce premier retrofit va servir de test à la société EXPEMB avant de modifier les autres bornes. L'objectif est de bénéficier des infrastructures déjà existantes, notamment de la présence du réseau électrique 230V/50 Hz et de prises Ethernet dans les coffrets électriques alimentant les feux de carrefours. Une première passerelle LoRa (figure 7) a été installée dans l'armoire électrique des feux de carrefour de la mairie de TROYES. Un essai de communication longue distance a été réalisé entre le quartier POINCARÉ et le multiplex CINÉ CITY.

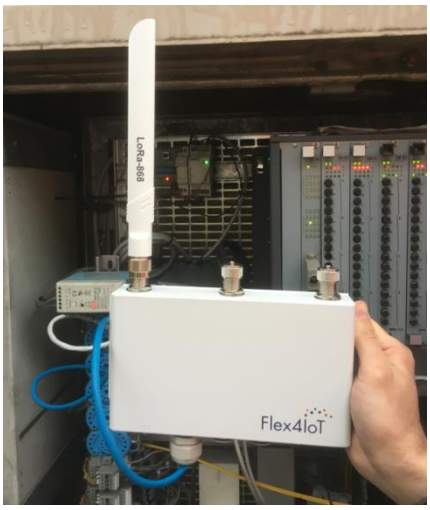


Photo de la passerelle LoRa avec son antenne de réception

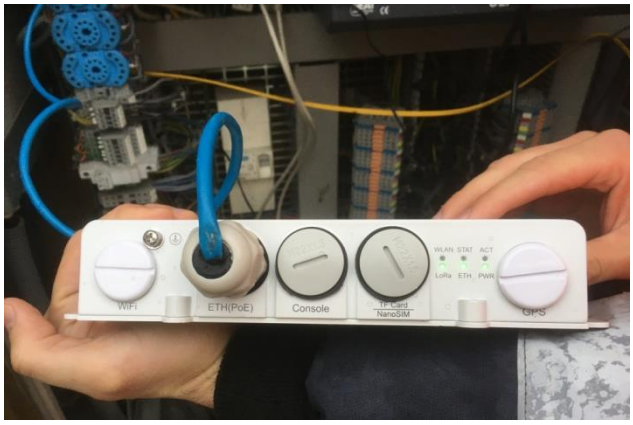


Photo de la passerelle LoRa (face arrière) avec sa connexion au réseau Ethernet de la ville de TROYES

Photo des antennes émettrices LoRa installées pour la rénovation

Photo de l'intérieur de la borne en cours de rénovation

Figure 7 : photos de l'installation LoRa

Ce premier essai en milieu urbain à une distance de mille mètres a été concluant et très prometteur pour la suite du projet de rénovation (retrofit).

SUJET

Option B Électronique et Réseaux

Domaine Professionnel

Durée 4 h

Le candidat est positionné dans le rôle d'un technicien au sein de la société EXPEMB. Il est chargé d'analyser le système de borne arrêt-minute de la ville de TROYES afin de mettre en évidence des limites. Ensuite, il est chargé de faire évoluer le système de bornes arrêt-minute pour répondre aux trois impératifs abordés dans la partie 2.

Partie 1 : Analyse de structures matérielles et logicielles

L'analyse de la structure matérielle et logicielle de l'installation actuelle permet de valider le choix de la liaison RS485 pour la communication entre les bornes arrêt-minute à décompte de temps dans l'installation actuelle. Elle permet aussi de mettre en évidence la nécessité d'adapter la structure matérielle et logicielle actuelle pour répondre aux nouveaux besoins exprimés par un nouveau cahier des charges.
La présentation de l'organisation actuelle du parc de bornes arrêt-minute à décompte de temps est donnée dans les documents de présentation PR1 à PR6. Les descriptions des caractéristiques physiques des liaisons RS232, RS422, RS423 et RS485 sont données dans le document technique DT1.

Dans un premier temps, le technicien valide le choix du protocole MODBUS en regard du cahier des charges.

Q1. **Identifier** les acteurs du diagramme de cas d'utilisation, en complétant le document réponses DR–Pro1.

Dans la présentation du système, le constructeur des bornes arrêt-minute à décompte de temps annonce une valeur limite de 128 bornes pouvant être reliées ensemble dans un même groupe de bornes. De même, il y décrit la communication entre les bornes.
Pour chacun des secteurs, une borne maître communique avec des bornes esclaves. Chaque borne maître équipée d'une carte 3G communique au serveur l'état des bornes de son secteur.

Q2. **Entourer** l'exigence qui définit la communication entre les bornes d'un même secteur, dans le diagramme des exigences du document réponses DR-Pro2.

Q3. **Identifier** la longueur maximale du protocole MODBUS RTU entre les bornes d'un même secteur, en l'indiquant dans le tableau du document réponses DR-Pro2.

Q4. **Extraire** le nombre maximal de bornes auxquelles un maître peut se connecter en liaison MODBUS RTU sans répéteur, en l'indiquant sur le tableau du document réponses DR-Pro2**.**

Ensuite, le technicien valide le choix du système d'alimentation des bornes arrêt-minute.

La documention technique du module d'alimentation est donnée dans le document technique DT2.
La documentation technique des détecteurs de boucles inductives est donnée dans le document technique DT3.
La borne arrêt-minute doit être alimentée en +12 VDC. Le module d'alimentation choisi est le modèle MDR-40-12.

Q5. **Justifier** le choix du module d'alimentation de la borne arrêt-minute par rapport aux autres modules d'alimentation de la série MDR-40.

Q6. **Identifier** le module détecteur de boucles inductives de deux boucles en l'entourant sur le diagramme de blocs du document réponses DR-Pro3.

Le détecteur de boucles inductives choisi est la référence AGD520-500.

Q7. **Justifier** que le choix d'un module d'alimentation MDR-40-12 est adapté pour alimenter un module détecteur de boucles inductives à deux boucles de référence AGD520-500.

Le concepteur a choisi une communication entres les bornes arrêt-minute d'un même secteur de type liaison série RS485 en mode HALF – DUPLEX. Le technicien analyse la structure matérielle de la liaison RS485 afin de la valider.

Q8. **Identifier** le module circuit interface RS485, en l'entourant sur le diagramme de blocs du document réponses DR-Pro4**.**

Q9. **Indiquer** la référence de ce module, pour un débit maximal de 250 kbps, en complétant le document réponses DR–Pro4.

La description de la norme RS485 est donnée dans le document technique DT4. Le schéma de raccordement du circuit interface RS485 est fourni dans le document technique DT5. La documentation technique du circuit d'interface RS485 est fourni dans le document technique DT6.

Q10. **Expliquer** le rôle de la résistance R_T = 120 Ω présente sur le schéma de raccordement du document technique DT5.

Q11. **Indiquer** la valeur du niveau logique à appliquer sur l'entrée $\overline{RE}$ du circuit U1 pour une lecture sur le bus.

Q12. **Indiquer** la valeur du niveau logique à appliquer sur l'entrée DE du circuit U1 pour une écriture sur le bus.

Q13. **Indiquer** les niveaux logiques qu'il faut appliquer au circuit U1 pour chacun des deux cas précisés en complétant tableau du document réponses DR–Pro5**.**

Le schéma de raccordement de deux circuits U1 et U2 sur le bus RS485 est défini sur le document réponses DR-Pro5.

Q14. **Indiquer** le mode de communication (lecture ou écriture) de chacun des deux circuits U1 et U2 raccordés au bus RS485 en complétant le tableau du document réponses DR-Pro5.

Le concepteur a choisi une liaison différentielle que le technicien doit valider.

Les chronogrammes du document réponses DR–Pro6, obtenus par simulation, représentent l'évolution des signaux sur la ligne différentielle RS485 pendant un échange entre les bornes arrêt-minute.

Q15. **Représenter** les signaux UB(t), UAB(t) = UA(t) – UB(t), en complétant les chronogrammes sur le document réponses DR–Pro6.

Q16. **Justifier** l'intérêt d'utiliser une liaison différentielle plutôt qu'une liaison en mode commun.

Q17. **Justifier** par deux critères, le choix d'une liaison série RS485 parmi les liaisons proposées dans le tableau du document technique DT1.

La messagerie MODBUS présente des limites. Le technicien les identifie en prévision d'une évolution du cahier des charges.

L'organisation de la trame MODBUS au format RS485 est fournie dans le document technique DT7, ainsi qu'un exemple de relevé d'une trame envoyée à la borne maître (valeurs hexadécimales).
Le document réponses DR-Pro7 présente une mesure à l'oscilloscope d'une trame MODBUS envoyée à la borne maître. Sur ce chronogramme, les champs « Début de la trame » et « CRC 16 » sont indiqués. Des repères sont placés tous les 10 bits sur ce chronogramme.

Q18. **Repérer** sur le document réponses DR-Pro7 les champs suivants de la trame MODBUS :

- numéro du secteur ;
- nombre d'octet de données ;
- numéro de la borne ;
- état d'occupation ;
- état d'autorisation du stationnement.

Une trame MODBUS envoyée par le maître est présentée figure 8.

00	06	00	04	01	02	00	FF	CRC 16

Figure 8 : trame MODBUS envoyée par le maître

Q19. **Indiquer** le numéro du secteur concerné dans la trame en figure 8.

Q20. **Calculer** le nombre maximal de secteurs possibles si le secteur numéro 0x00 est exclu.

Q21. **Indiquer** le nombre de données qui suivent dans la trame en figure 8.

Enfin, le technicien identifie des limites de la communication entre les différentes bornes.

Q22. **Vérifier** la validation des exigences précisées dans le document réponses DR-Pro2, de la liaison RS485 MODBUS pour la communication entre les bornes, en complétant le tableau du document réponses DR-Pro8.

Q23. **Exprimer** la limitation qui apparaît dans le tableau du document réponses DR-Pro8**.**

En utilisant 4 répéteurs, le protocole MODBUS/RS485 limite le nombre d'esclaves à 128, ce qui oblige une évolution des bornes arrêt-minute abordée dans la suite du sujet.

Partie 2. Conception de structures matérielles et logicielles

La municipalité de TROYES a décidé de faire évoluer ses systèmes, pour répondre aux trois impératifs suivants :

- augmenter le nombre de bornes arrêt-minute : ce nombre risque à l'avenir de dépasser la limite technologique fixée à 128 ;
- augmenter le temps de stationnement, passant ainsi de 10 minutes de stationnement gratuit, à 10 minutes de stationnement supplémentaire toléré. L'usager en est informé par un bargraphe (figure 9) dont l'apparence est modifiée selon le décompte du temps de stationnement gratuit restant ;
- anticiper la disparition de la 3G.

Bargraphe vert incomplet
(8 minutes restantes)

Bargraphe vert incomplet
(Dernière minute autorisée)

Bargraphe orange
(10 minutes supplémentaires)

Figure 9 : photos de trois bargraphes dans différents états

Avant d'effectuer un retrofit, le technicien choisit la technologie de communication sans fil.

Le réseau de communication 3G étant amené à disparaître à l'avenir, un nouvel appel d'offre a été lancé avec un nouveau cahier des charges. La société EXPEMB a choisi de proposer une nouvelle technologie pour l'évolution de la communication des bornes arrêt-minute dans le cadre de l'opération de rénovation (retrofit) menée sur un secteur test.

Q24. **Identifier** les deux exigences qui ont évolué dans le cahier des charges de la rénovation, en les entourant sur le diagramme des exigences du document réponses DR-Pro9.

La documentation technique des passerelles proposées par la société EXPEMB est donnée dans le document technique DT8. L'installation sur le secteur test est présenté en document de présentation PR6.

Q25. **Identifier** la technologie de communication proposée par la société EXPEMB pour remplacer la technologie 3G, en complétant le document réponses DR–Pro9.

La fréquence de la porteuse des signaux est réglementée en Europe à 868 MHz et aux États-Unis à 915 MHz. Le choix de la société EXPEMB pour la rénovation des bornes s'est porté sur une passerelle équipée d'un processeur NXP iMX6 Single Core.

Q26. **Indiquer** la référence de la passerelle à implanter dans un coffret électrique de feux de carrefours situé en extérieur.

La société EXPEMB a choisi d'équiper les bornes « arrêt-minute » avec une antenne par place de stationnement. La documentation de l'antenne choisie est fournie dans le document technique DT8.

Q27. **Préciser** la référence de l'antenne choisie.

Q28. **Justifier** par deux critères le choix de cette antenne placée sur une borne accessible au public (photos dans le document de présentation PR6).

Chaque nœud du réseau LoRa (ici chaque borne) a un droit d'émission de 1 % du temps (ToA : Time on Air, ou temps d'antenne). Sur un principe d'une charge théorique de 10 octets, avec un Spreading Factor (Facteur d'étalement) de 12, un Data Rate de 290 bits/s, le temps d'antenne est de 1400 ms (1,4 s).

Q29. **Déterminer** le nombre N de bornes pouvant émettre pendant les 10 minutes de stationnement gratuit autorisé.

Q30. **Expliquer** pourquoi la technologie LoRaWAN permet de répondre au nouveau cahier des charges sur le point précis de la limite des 128 bornes imposée par la technologie RS485 MODBUS, alors que l'extension à 140 bornes est prévue dans un futur proche.

Dans le cadre du retrofit, le technicien conçoit une nouvelle carte émettrice en regard des normes de fabrication.

Pour la conception de la nouvelle carte émettrice, la société EXPEMB a choisi un émetteur LoRa dans la gamme STM32WL55 pour envoyer les informations concernant chaque place de stationnement à la passerelle LoRa – Ethernet FlexGate FG264. La documentation technique des composants STM32WL55 est fournie dans le document technique DT10. Le modèle choisi pour ce composant est référencé STM32WL55CCU.

Q31. **Préciser** la signification des lettres « CCU » en fin de référence de ce composant.

Le régulateur de tension choisi pour alimenter le composant STM32WL55 est le régulateur référencé AP7370 – 33 FDC. Sa documentation technique est fournie dans le document technique DT11.

Q32. **Justifier** le choix de ce régulateur en regard des caractéristiques du composant STM32WL55.

La documentation technique du bus SPI est fournie dans le document technique DT12.

Q33. **Représenter** le tracé des connexions du bus SPI reliant le module STM32WL55CC (esclave) au microcontrôleur ATMEGA328 (maître), en complétant le document réponses DR-Pro10.

La puissance d'émission acceptée en Europe est limitée à 15 dBm.

Q34. **Représenter** le tracé des connexions reliant le module STM32WL55CC à l'antenne d'émission, en complétant le document réponses DR-Pro10.

Des essais menés en laboratoire CEM (Compatibilité Électromagnétique) ont montré qu'une des causes des perturbations électromagnétiques était le rayonnement des signaux d'horloges.

Q35. **Déterminer** les valeurs des fréquences des deux principaux signaux qui vont rayonner à partir de cette nouvelle carte émettrice.

Les contraintes de routage d'un quartz sont fournies dans le document technique DT13.

Q36. **Préciser** si la conception du circuit imprimé de la carte nécessite un plan de masse.

Q37. **Préciser** si le boîtier qui renfermera le circuit imprimé de la carte nécessitera un blindage de protection pour satisfaire aux contraintes CEM (boîtier métallique ou peinture métallisée par exemple).

Le technicien conçoit la nouvelle structure logicielle de l'afficheur en regard de l'évolution du cahier des charges.

L'afficheur 4 digits « Minutes : Secondes » est remplacé par un panneau afficheur à LED de type « Bargraphe » dont la couleur résultante des LED est commandée par un mot constitué par la concaténation en binaire des valeurs des 3 couleurs primaires dans l'ordre V, R et B (Vert, Rouge et Bleu). Chaque couleur résultante de cette synthèse additive est donc codée sur 3 octets. Le principe de codage des couleurs V, R et B des LED GRB WS2812B avec contrôleur intégré est fourni dans le document technique DT14. Le principe de fonctionnement du panneau à LED GRB WS2812B est fourni dans le document technique DT15.

Q38. **Proposer** l'évènement 8 qui intervient dans l'enchaînement des états d'une borne arrêt-minute, en complétant le diagramme de séquence du document réponses DR-Pro11.

Q39. **Déterminer** les valeurs décimales qui doivent être renseignées dans la partie du programme à compléter sur le document réponses DR-Pro12 pour obtenir l'affichage d'une couleur verte des 16 LED WS2812B du panneau afficheur bargraphe.

Q40. **Déterminer** les valeurs décimales qui doivent être renseignées dans la partie du programme à compléter sur le document réponses DR-Pro12 pour obtenir l'affichage d'une couleur orange des 14 premières LED WS2812B du panneau afficheur bargraphe.

Les 160 LED GRB du panneau afficheur sont raccordées en série et identifiées ICLED1 à ICLED160.

Q41. **Compléter** la partie de programme sur le document réponses DR-Pro12 qui pilote l'allumage en couleur verte des 160 LED GRB du panneau afficheur bargraphe.

Q42. **Déterminer** la valeur de l'intensité du courant que doit fournir l'alimentation +5 V du bargraphe lorsque les 160 LED WS2818B affichent une couleur verte pour 10 minutes de stationnement gratuit, avec une luminosité réglée à 100%.

Une batterie rechargeable 5 V de capacité 3800 mA·h permet la sauvegarde de l'alimentation du panneau en cas de coupure d'alimentation secteur. Cette alimentation autonome permet à l'agent verbalisateur de savoir si l'usager est autorisé à stationner, même en cas de coupure de l'alimentation secteur. Le nouveau cahier des charges impose une autonomie de fonctionnement d'une heure minimum.
La totalité des 160 LED allumée en VERT consomme un courant de 2,88 A.

Q43. **Déterminer** le temps d'autonomie pendant lequel la sauvegarde de l'alimentation du panneau est opérationnelle, dans le cas où la totalité des 160 LED est allumée en VERT.

La mesure du courant total consommé par les LED en configuration « ORANGE » est fournie dans la document technique DT14.

Q44. **Déterminer** la valeur de l'intensité du courant que doit fournir l'alimentation +5 V du bargraphe lorsque les 160 LED WS2818B affichent une couleur ORANGE.

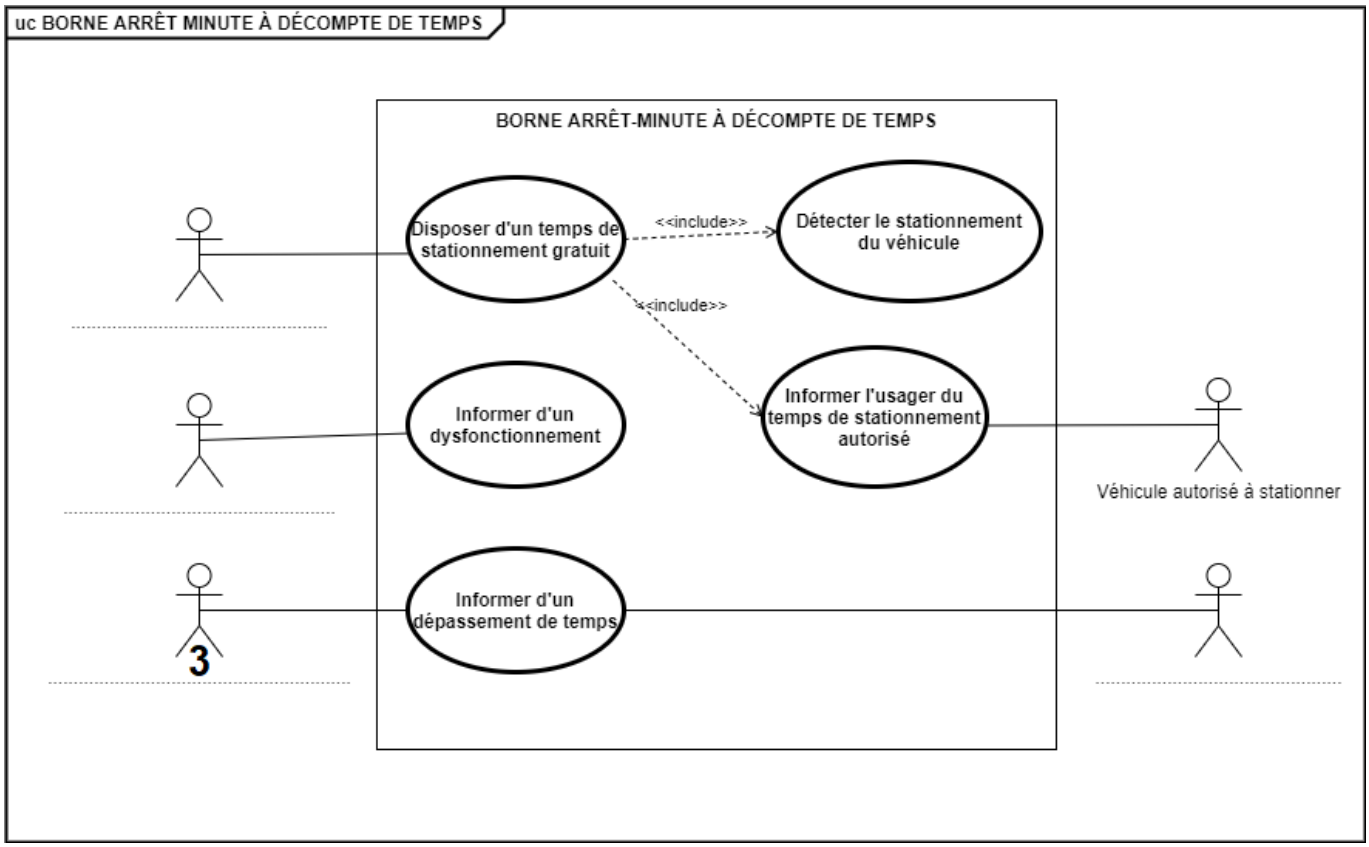
Q45. **Déterminer** le temps d'autonomie pendant lequel la sauvegarde de l'alimentation du panneau est opérationnelle, dans le cas où la totalité des 160 LED est allumée en ORANGE.

Q46. **Justifier** le choix du concepteur du programme qui ne pilote que 140 LED en partie supérieure du panneau bargraphe (au lieu des 160 LED disponibles), dans le cas de l'allumage des LED en couleur ORANGE.

DOCUMENTS RÉPONSES – Domaine Professionnel

À RENDRE AVEC LA COPIE

DR-Pro 1
Question Q1



Numéro	Acteur
1	Direction des espaces publics chargée de l'installation et de la maintenance
2	Véhicule de l'usager non autorisé à stationner
3	Exploitant du stationnement chargé de la surveillance et de la verbalisation
4	Usager véhiculé

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

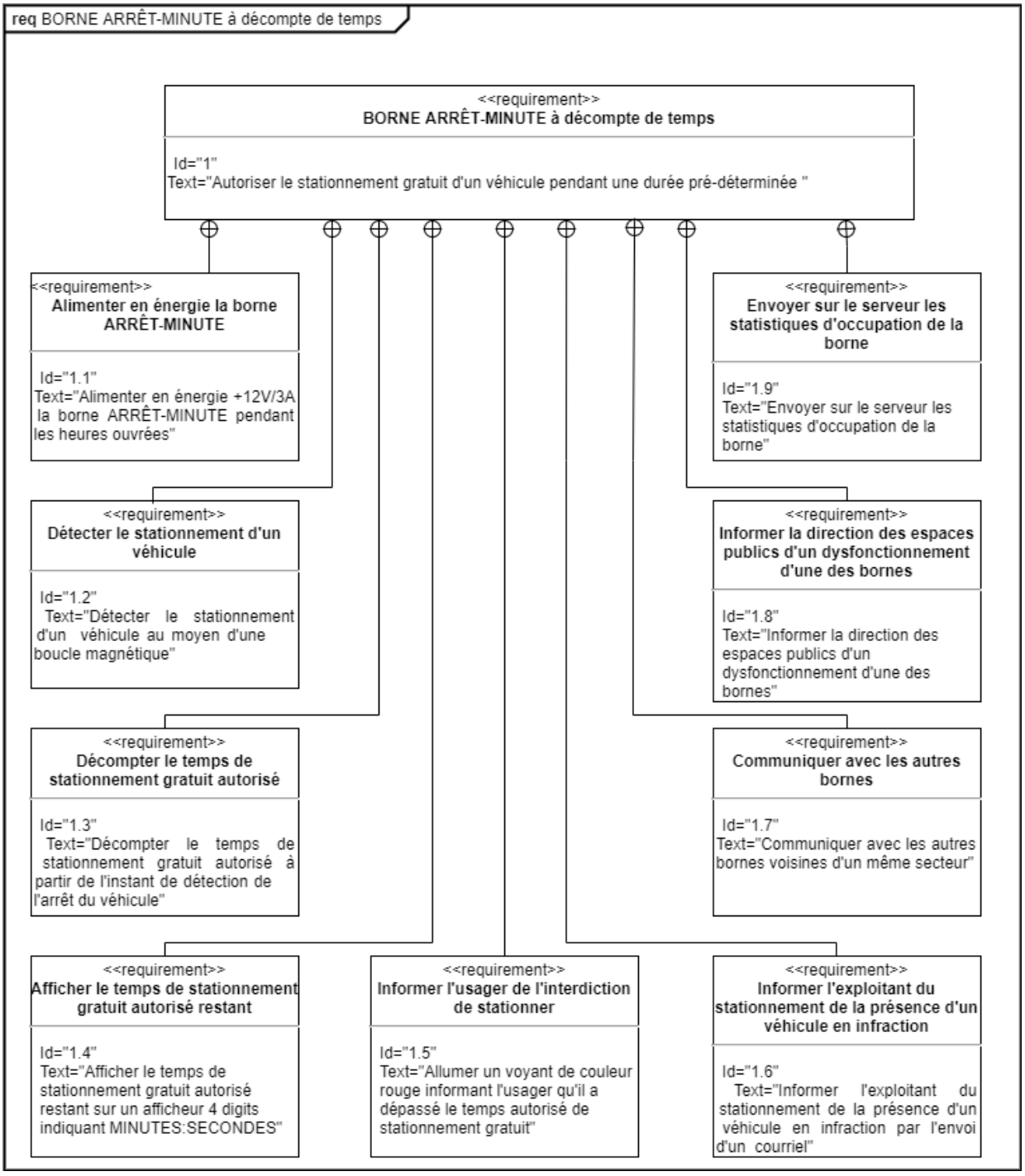
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro2
Question Q2



Questions Q3 et Q4

Distance maximale entre les bornes d'un même secteur (en mètres)	Nombre maximal de bornes d'un même secteur sans répéteur

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

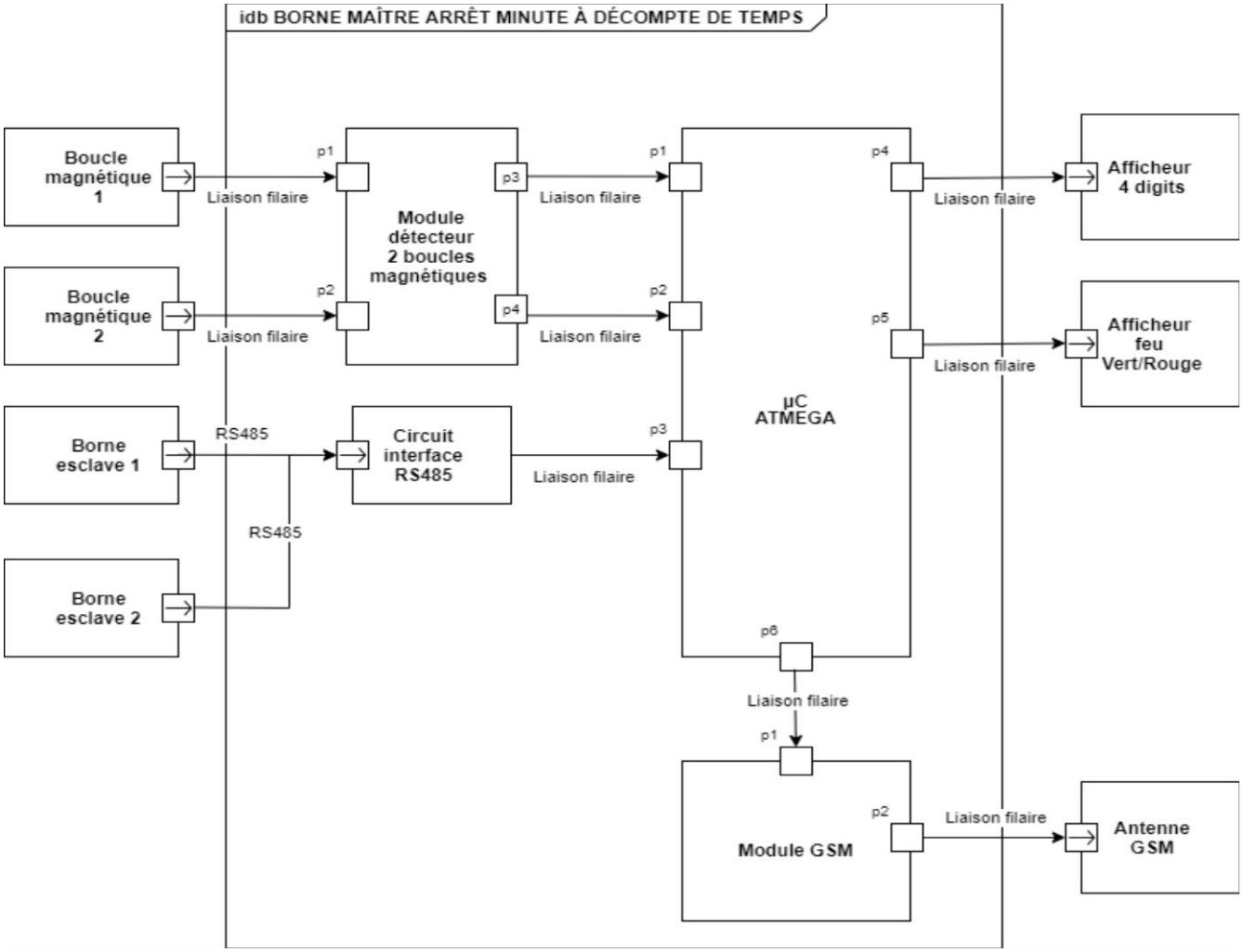
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro3
Question Q6



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

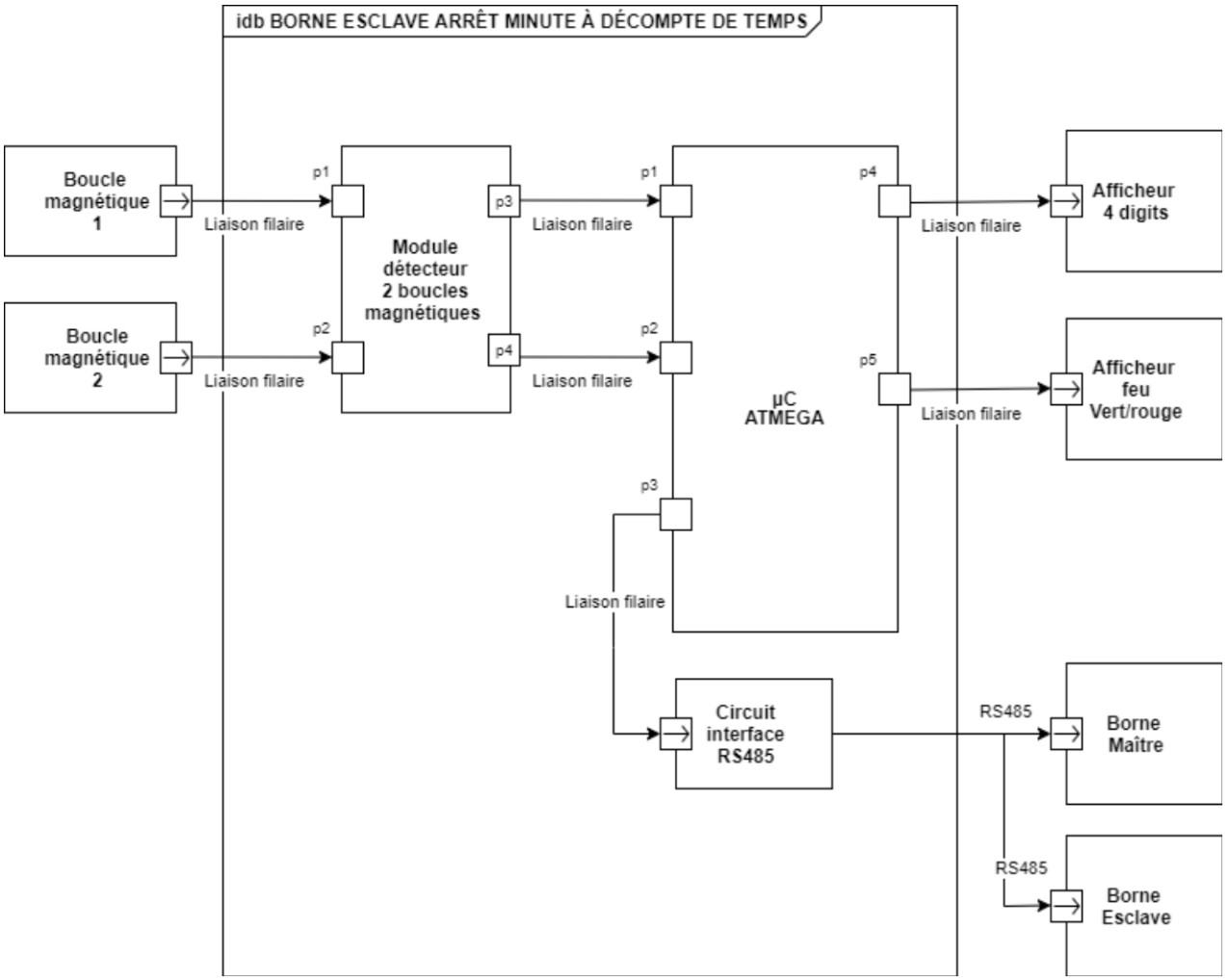
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro4

Question Q8



Question Q9

BLOC	RÉFÉRENCE
CIRCUIT INTERFACE RS485	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

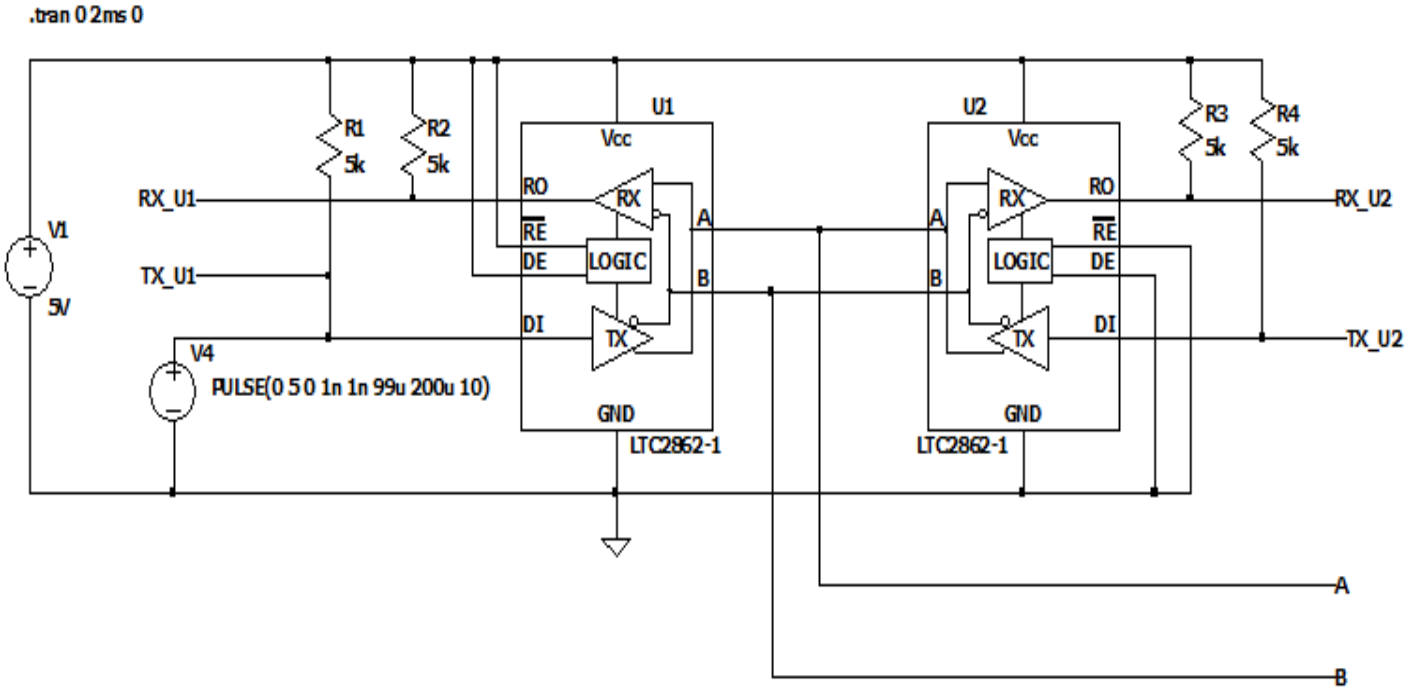
Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro5
Question Q13

Circuit U1	Entrées	Niveaux logiques
Lecture sur le bus	$\overline{RE}$	
	DE	
Écriture sur le bus	$\overline{RE}$	
	DE	

Question Q14



Circuits	Mode (lecture ou écriture)
U1	
U2	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

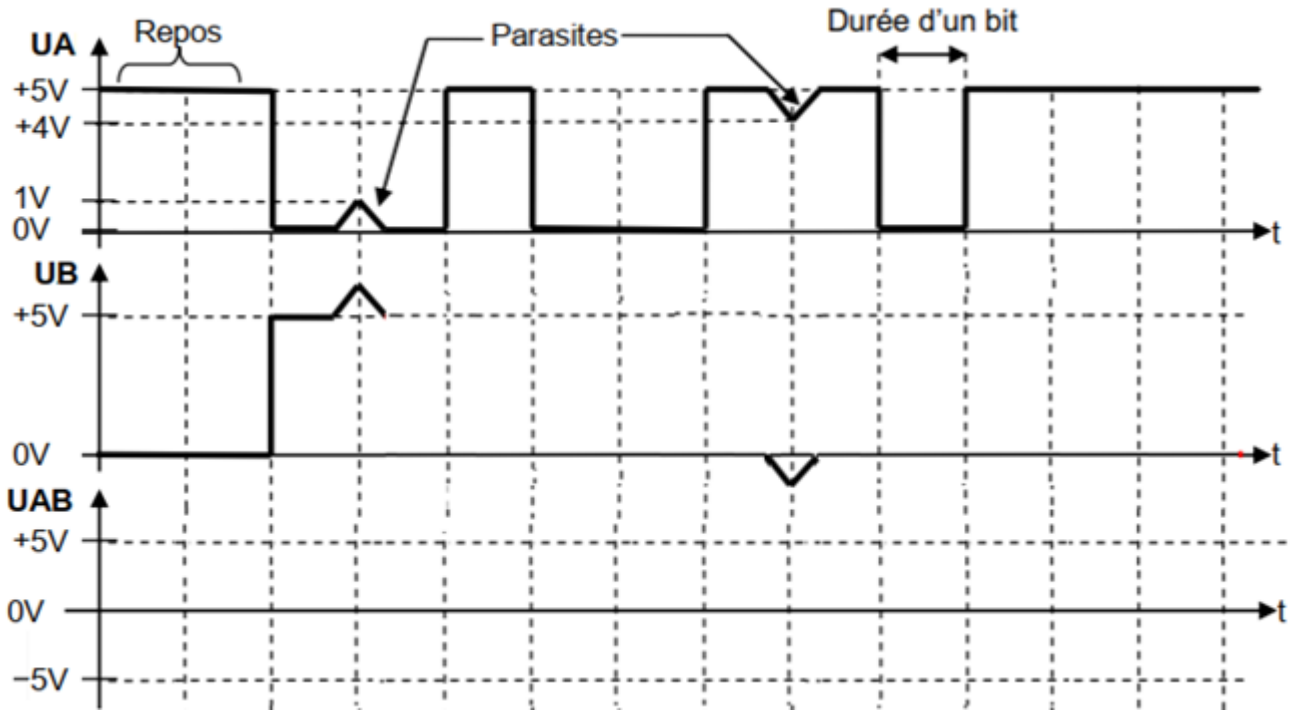
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro6
Question Q15



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

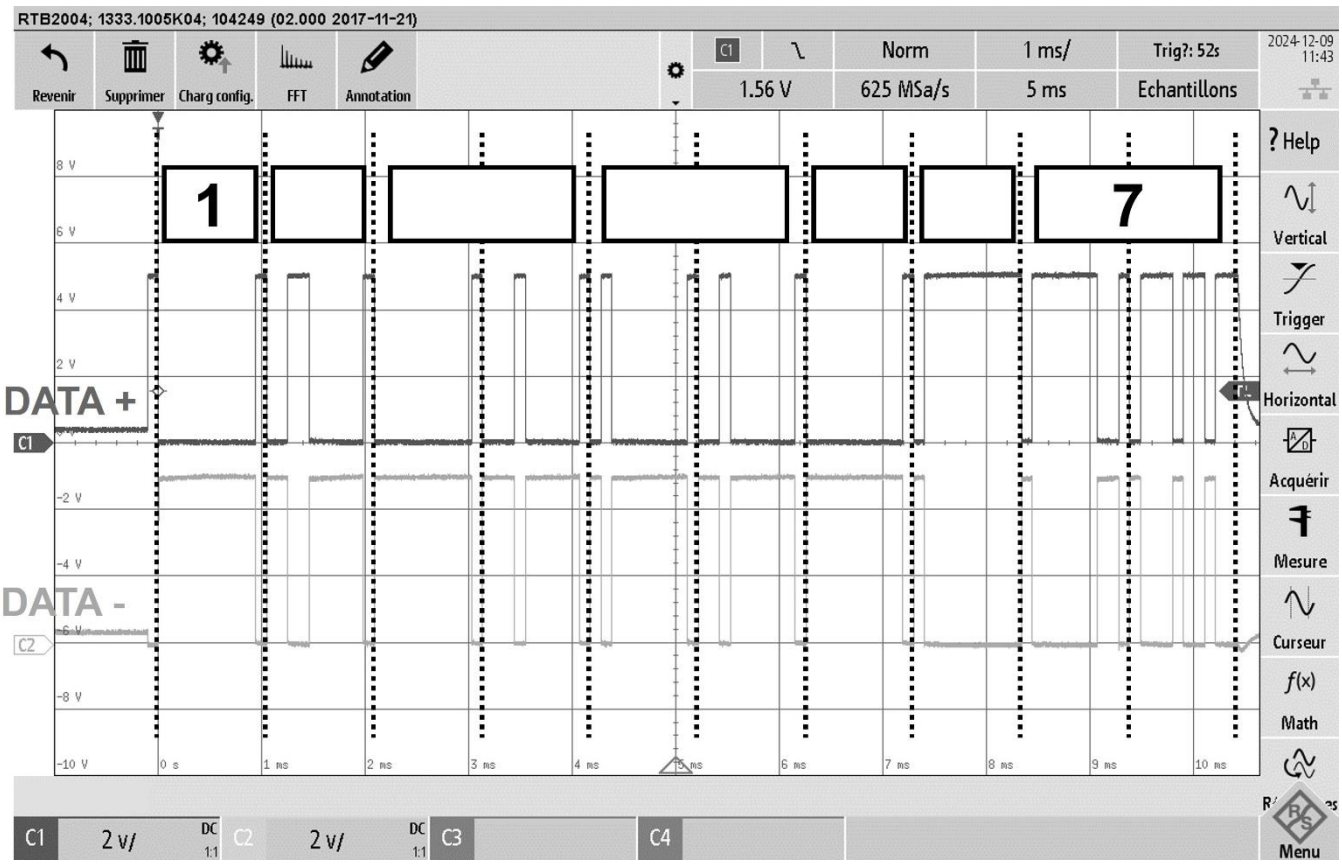
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro7
Question Q18

Mesure à l'oscilloscope d'une trame ModBUS envoyée à la borne maître.



Numéro	Champ correspondant
1	Début de la trame (1 octet)
2	Numéro du secteur concerné (1 octet)
3	Nombre d'octet de donnée (2 octets)
4	Numéro de la borne (2 octets)
5	Etat d'occupation (1 octet)
6	Etat d'autorisation du stationnement (1 octet)
7	CRC 16 (2 octets)

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro8
Question Q22

Exigences	Exigences respectées	Restrictions
Communiquer avec les autres bornes	□ OUI □ NON	- Limite de 32 bornes par secteur
Informer l'exploitant du stationnement de la présence d'un véhicule en infraction	□ OUI □ NON	- Aucune

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

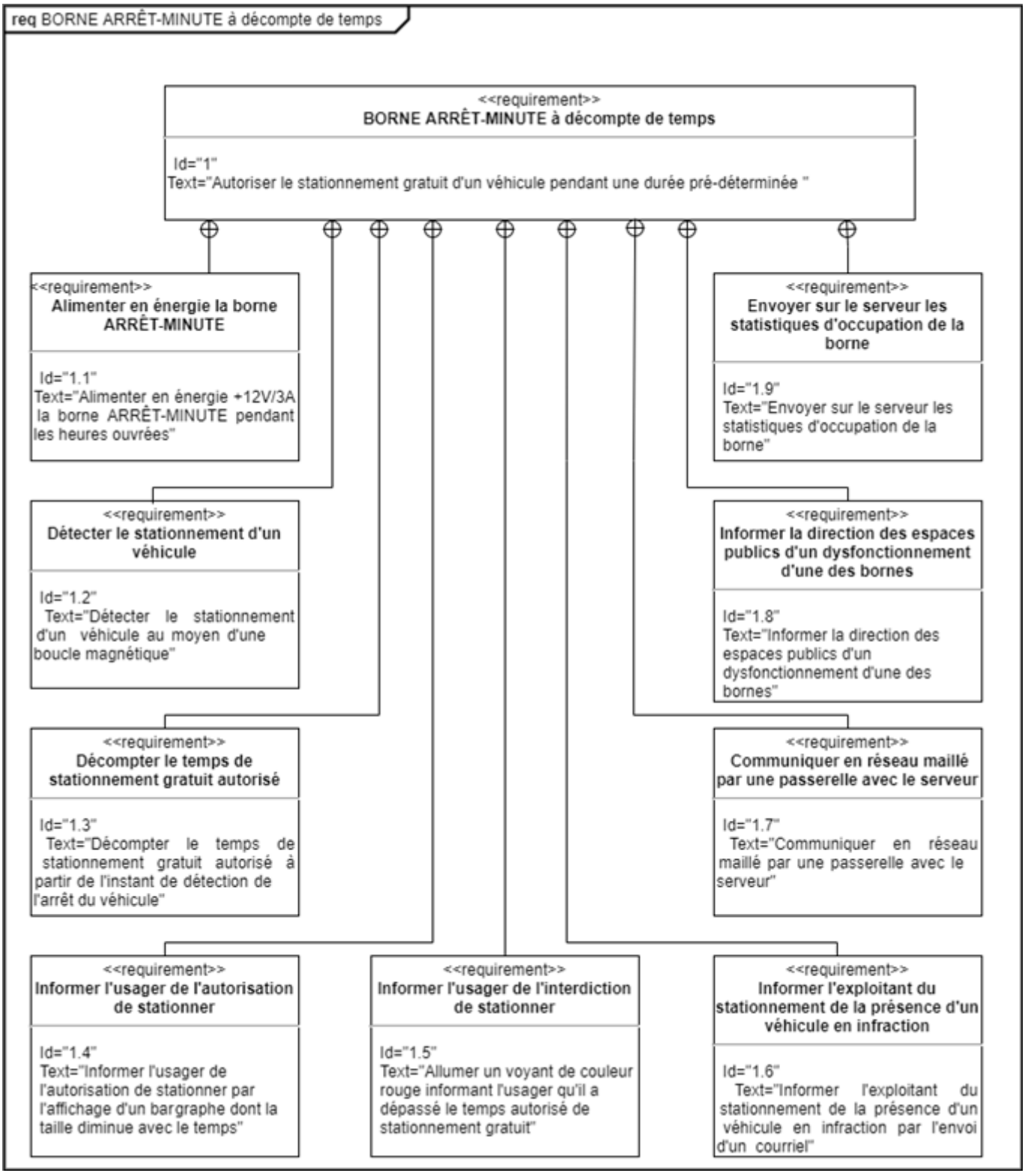
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro9

Question Q24



Question Q25

Technologie de communication proposée par la société EXPEMB pour remplacer la technologie 3G	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

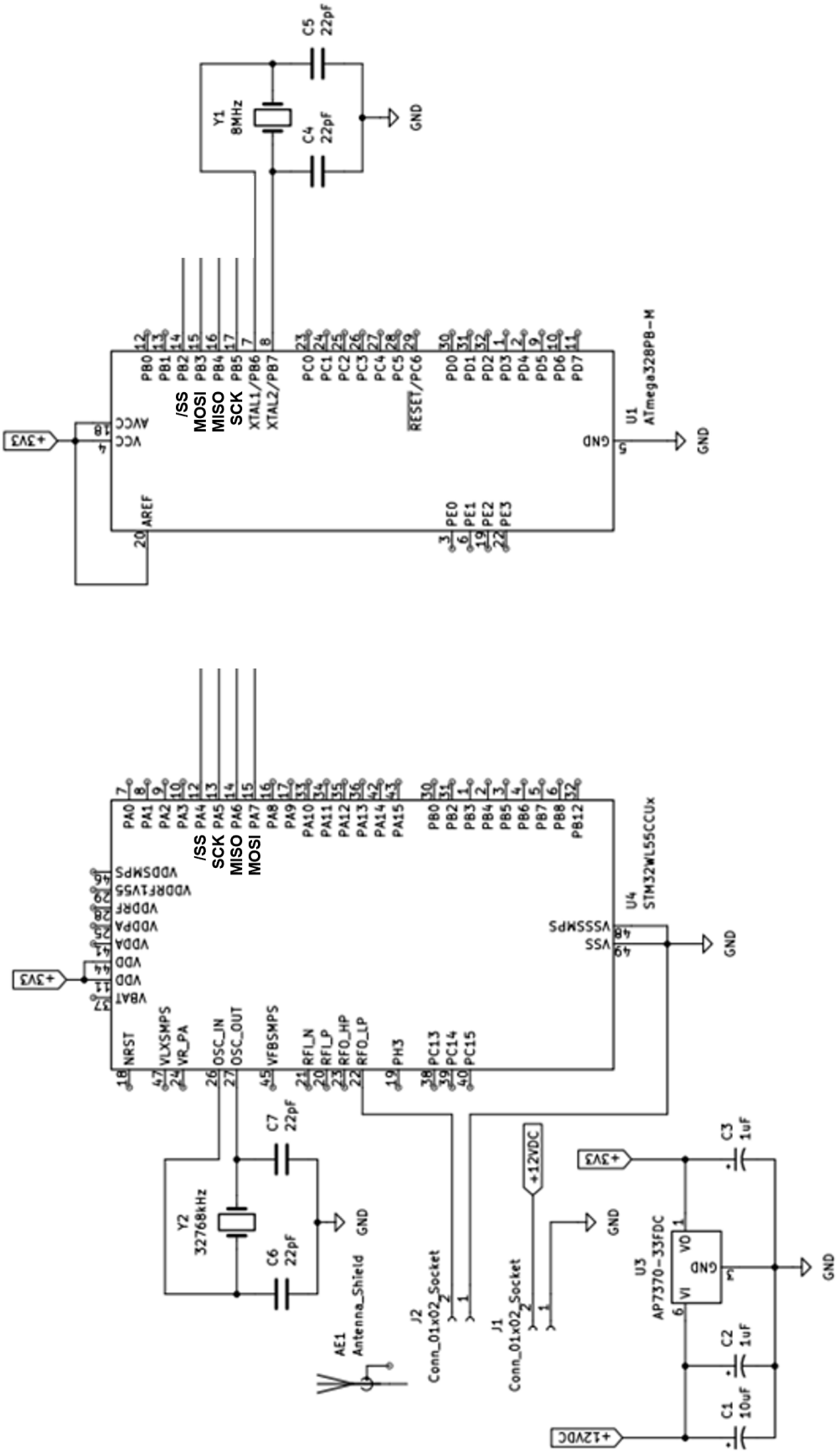
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro10
Questions Q33 et Q34



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

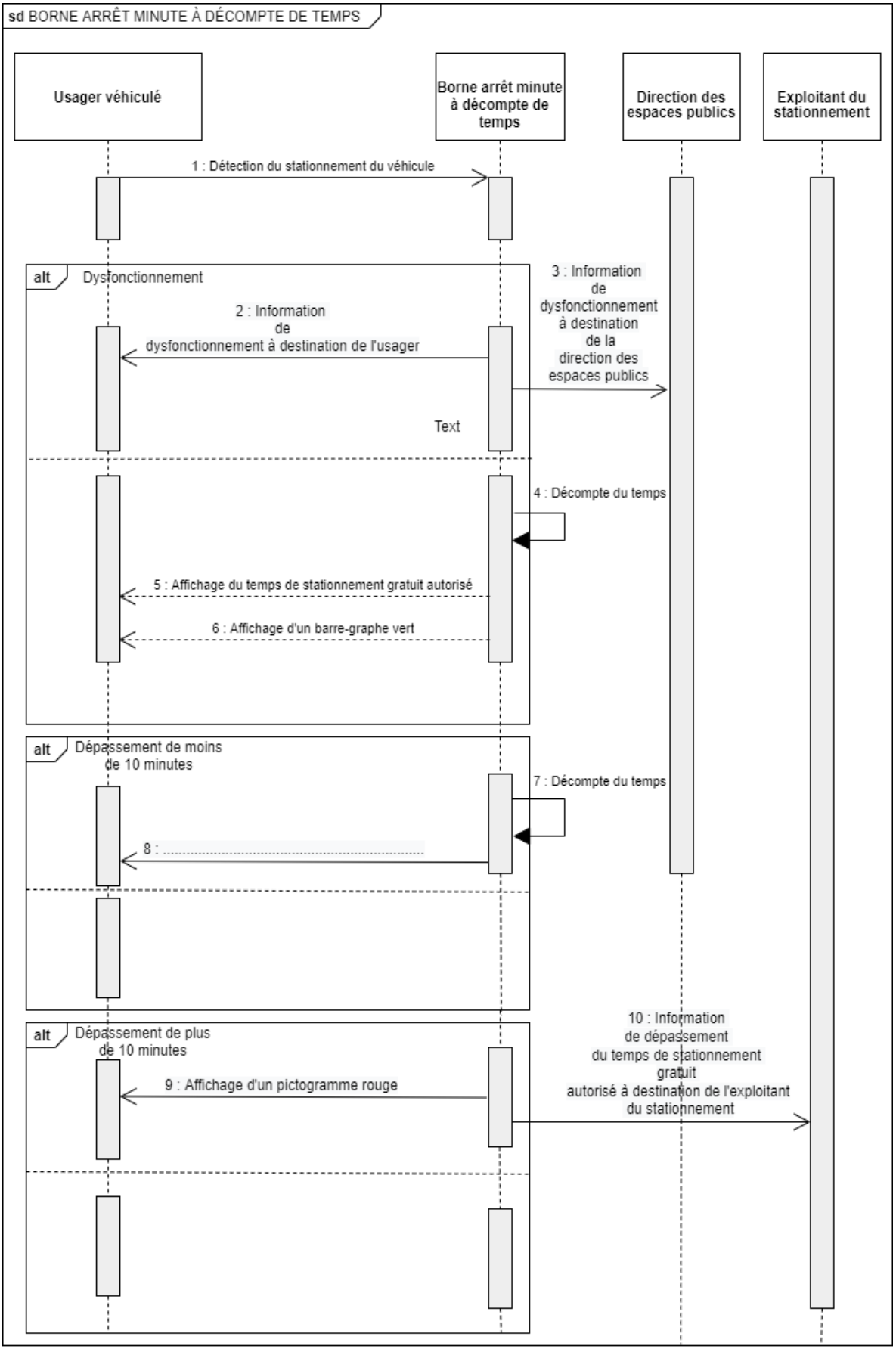
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro11

Question Q38



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR-Pro12

Question Q39

```
void setup() {
  pixels.begin();
}
void loop() {
  pixels.setBrightness(255);
  pixels.clear();
  for (i = 1; i <= 16; i++) {
    pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(…….., ……..……., ……..));//vert
  }
  pixels.show();
}
```

Question Q40

```
void setup() {
  pixels.begin();
}
void loop() {
  pixels.setBrightness(255);
  pixels.clear();
  for (i = 1; i <= 14; i++) {
    pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(…….., ……..……., ……..));//orange
  }
  pixels.show();
}
```

Question Q41

```
void setup() {
  pixels.begin();
}
void loop() {
  pixels.setBrightness(255);
  pixels.clear();
  for (i = ……..; i <= ……..; i++) {
    pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(…….., ……..……., ……..));//vert
  }
  pixels.show();
}
```

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

SUJET

Option A Électronique et Réseaux

Domaine de la physique

Durée 2 h

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes :

Partie 3 : détection d'un véhicule par boucle inductive ;

Partie 4 : bilan de liaison ;

Partie 5 : transmission par modulation LoRa.

Partie 3 – Détection d'un véhicule par boucle inductive

L'objectif de cette partie est de montrer que les valeurs d'inductances et de fréquences sont cohérentes avec les caractéristiques du détecteur.

Pour cela, les caractéristiques techniques de la boucle magnétique ainsi que les caractéristiques du signal généré par le détecteur sont mises à disposition au fil des questions de cette partie.

La borne « arrêt-minute » est équipée d'un détecteur automatique de véhicule.

Il comporte une boucle électromagnétique enterrée dans la chaussée reliée par un câble torsadé de jonction jusqu'au détecteur dont le schéma est représenté figure 10.

Une boucle est composée de plusieurs spires, une spire étant un enroulement d'un tour complet de la boucle de détection.

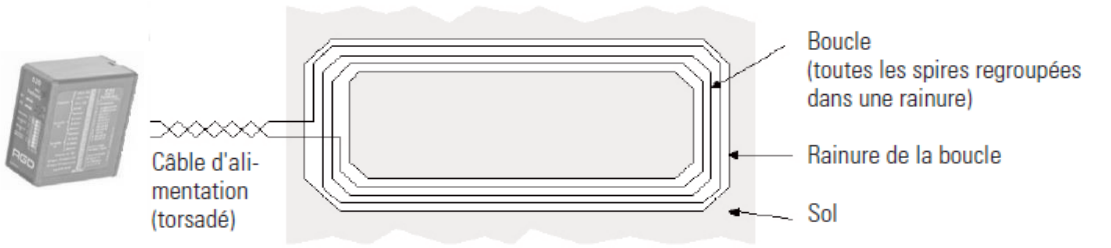


Figure 10 : schéma du circuit de détection

Les dimensions d'une place standard de stationnement sont de 5,0 m de longueur et 2,3 m de largeur. La boucle de détection, en câble mono-conducteur, de forme rectangulaire avec 2,0 m de longueur et 1,0 m de largeur, est positionnée au centre de la place de stationnement selon le schéma Figure 11.

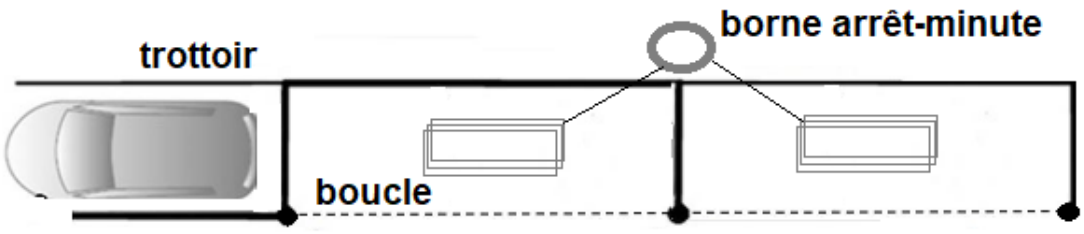
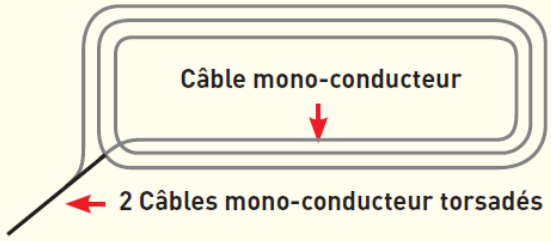


Figure 11 : schéma du stationnement « arrêt-minute »

Q47. Calculer le périmètre P d'une spire de la boucle.

Le nombre de spires est relié au périmètre de la boucle comme indiqué sur la figure 12.



Avec du câble mono-conducteur, le nombre de spires dépend du périmètre de la boucle :

Périmètre	Nb de spires
< 6 m	4
6 à 10 m	3
≥ 10 m	2

Figure 12 : extrait de la documentation technique de la boucle magnétique

Q48. Justifier que le nombre N de spires est de 3 d'après la Figure 12.

La formule permettant d'estimer l'inductance L, exprimée en µH, de la boucle magnétique, en l'absence de véhicule, s'exprime comme suit :

$$L = P \times (N^2 + N)$$

avec P (en m) le périmètre de la boucle et N le nombre de spires.

Q49. Calculer la valeur de l'inductance L de la boucle en l'absence de véhicule.

En l'absence ou en présence de véhicule, le détecteur génère un signal sinusoïdal. En l'absence de véhicule sur la boucle, la sortie du détecteur fournit le signal figure 13.

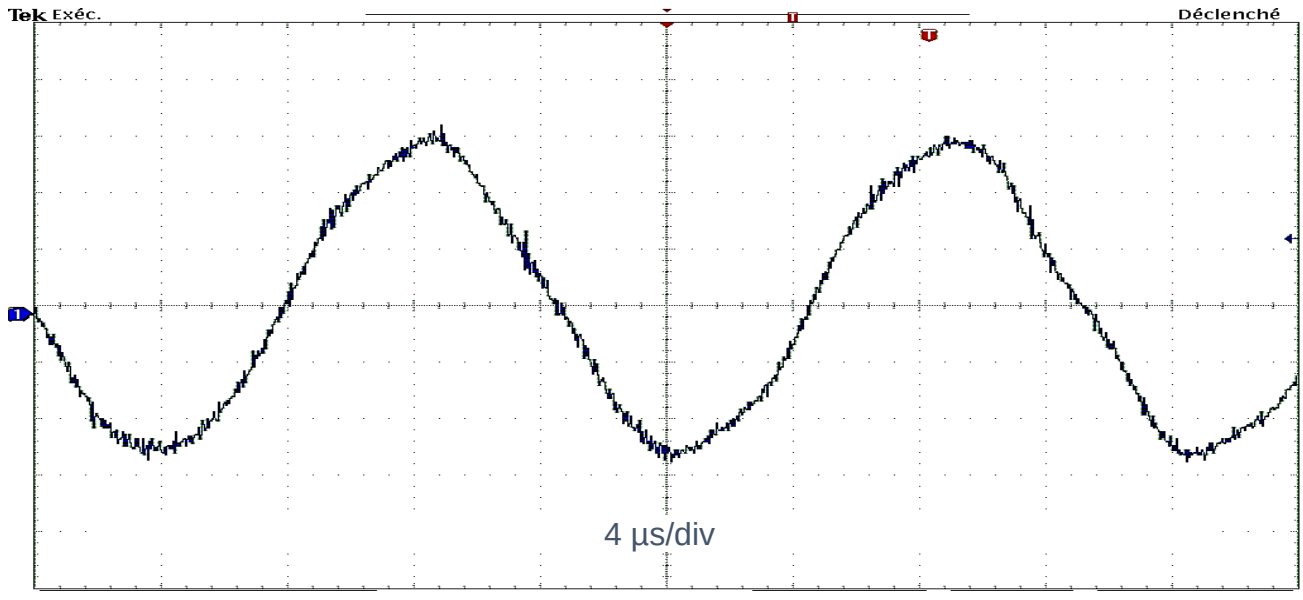


Figure 13 : oscillogramme du signal fourni par le détecteur (absence de véhicule)

Q50. **Mesurer** la période T du signal grâce à l'oscillogramme de la Figure 13.

Q51. **Calculer** la fréquence f_{exp} correspondante en précisant l'unité.

Le détecteur intègre un condensateur de capacité C associé à une boucle de détection d'inductance L_B, ce qui permet de générer le signal sinusoïdal de fréquence :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_B C}}$$

avec :

- f : la fréquence du signal en hertz ;
- L_B : l'inductance de la boucle en henrys ;
- C : la capacité du condensateur C = 100 nF (invariable).

Q52. **Déterminer** la fréquence f du signal généré par le détecteur sachant que L_B vaut 72,00 µH en l'absence de véhicule. **Vérifier** la cohérence avec la question précédente.

Un véhicule qui se gare sur la boucle entre dans le champ magnétique créé par le courant sinusoïdal parcourant la boucle. Les lignes de champ sont déviées et l'inductance de la boucle diminue.

Q53. **Identifier** le paramètre du signal produit par le détecteur qui varie lorsqu'un véhicule se gare.

Q54. **Analyser** le sens de variation de ce paramètre en présence d'un véhicule.

On appelle « sensibilité de la boucle » la variation relative d'inductance (en valeur absolue) due à la présence d'une cible au-dessus d'elle, comme décrit figure 14. Dès qu'une variation relative d'inductance est détectée par un changement de fréquence suffisant du signal, une information de présence du véhicule est envoyée à la passerelle.

La prise en compte d'une cible est liée à l'empreinte métallique de celle-ci.

La sensibilité est exprimée par le ratio δL/L avec :

- L : inductance de la boucle exprimée en Henry (H) ;
- δL : variation de l'inductance provoquée par la cible

Exemple non contractuel des cibles détectées selon leur empreinte métallique et la sensibilité sélectionnée :

δL/L = 0,02%	✓	✓	✓	✓
δL/L = 0,05%		✓	✓	✓
δL/L = 0,10%			✓	✓
δL/L = 0,50%				✓

Figure 14 : sensibilité de la boucle

Q55. **Indiquer**, d'après la documentation de la Figure 14, le type de véhicule non détecté pour une sensibilité de la boucle de 0,05 %.

Q56. **Calculer** la variation de l'inductance (en valeur absolue) δL provoquée par la présence d'un véhicule pour une sensibilité de la boucle de 0,05 % et une inductance de boucle L de 72,00 µH.

Q57. **Déterminer**, avec 4 chiffres significatifs, la valeur L_{occ} de l'inductance de la boucle lorsque le véhicule est présent.

Q58. **En déduire** la fréquence maximale f_{MAX} que doit accepter le détecteur.

La figure 15 présente les caractéristiques du détecteur de boucle.

Plage de fonctionnement	18 kHz à 130 kHz	Fonction de l'inductance de la boucle
Charge admissible	20 µH à 2 mH	Plage d'inductance de la boucle
Temps de réponse	100 ms ± 2 ms	Réglable à 2 secondes sur modèle 510
Temps de maintien mini	100 ms ± 2 ms	Durée minimum d'activation du relai en mode PRESENCE
Temps d'oubli limité	90 mn maxi pour une voiture	Relation non linéaire avec l'intensité du signal. Dépend de la surface de la boucle recouverte par le véhicule immobile et de l'empreinte métallique de celui-ci
Durée de l'impulsion (mode IMPULSION)	160 ms ± 4 ms 2 s ± 4 ms	Selon modèle
Sensibilité (δ L/L)	Réglable à 0,02%, 0.05%, 0.1% ou 0.5%	Tolérance : ±180 ppm pour δ L/L=0,02%

Figure 15 : caractéristiques du détecteur de boucle

Q59. **Indiquer** la plage de l'inductance et la plage de fréquences du détecteur en utilisant la documentation de la figure 15.

Q60. **Conclure** sur la validation du système de détection pour toutes les valeurs calculées ou mesurées, compte tenu des variations de l'inductance L et de la fréquence f lors de la présence d'un véhicule.

Partie 4 – Bilan de liaison

L'objectif de cette partie est de valider que le fonctionnement de la transmission est satisfaisant pour une distance maximale de 1 km.

Pour cela, les caractéristiques des antennes sont mises à disposition au fil des questions de cette partie.

Chaque borne « arrêt-minute » doit être équipée d'un module STM32WL5CC associé à une antenne LPAB-868-2SP qui émet vers plusieurs passerelles LoRa-IP logées en ville dans des armoires extérieures de feux de carrefour. La passerelle FlexGate FG264 associée à l'antenne PROANT-868-N qui recevra le meilleur signal dialoguera avec le serveur central.

Le cahier des charges, qui cadre la transmission optimale entre les bornes et les passerelles, impose que la distance maximale, en milieu urbain, soit de 1000 m

Le module émetteur émet un signal de puissance noté P_e d'une puissance de 25 mW autour de la fréquence de 868 MHz imposée.

Q61. **Calculer** le niveau de puissance en dBm noté P_e émis par le module émetteur. **Arrondir** la valeur à l'unité et **reporter** celle-ci sur le document réponses DR-Ph 1.

La figure 16 présente les caractéristiques de l'antenne d'émission.

Electrical Data	
Frequency Range (MHz)	868 MHz
Peak Gain †	2dBi
Typical VSWR*	<2.5:1
Polarisation	Vertical
Pattern	Omni-directional
Impedance	50Ω
Max input power (W)	20

Figure 16 : caractéristiques électriques de l'antenne émettrice LPAB-868-2SP

Q62. **Relever** sur la documentation de la figure 16 le gain G_e de l'antenne émettrice et **reporter** celui-ci sur le document réponses DR-Ph 1.

Q63. **Montrer** que la PIRE est de 16 dBm.

Q64. **Déterminer**, à l'aide d'une construction graphique, l'angle θ d'ouverture à –3 dB du lobe droit de l'antenne émettrice sur le document réponses DR-Ph 2.

Le diagramme de rayonnement présente deux lobes, ce qui fait que l'angle d'ouverture total est deux fois supérieur à celui déterminé dans la question précédente.

Q65. **Justifier** l'intérêt d'une antenne avec un angle d'ouverture total large pour le système étudié.

L'antenne choisie a une impédance caractéristique de 50 Ω.

Q66. **Expliquer** pourquoi l'impédance caractéristique du câble arrivant à l'antenne émettrice doit être de 50 Ω.

La figure 17 présente les caractéristiques de l'antenne de réception.

SPECIFICATIONS ELECTRIQUES	
Fréquences	860-902MHz
Gain	8dBi (@868MHz)
VSWR	1.8 (@868MHz)
Impédance	50
Polarisation	Verticale
Rayonnement H	360°
Rayonnement V	15°

Figure 17 : spécifications électriques de l'antenne réceptrice PROANT-868-N

Q67. **Vérifier**, en utilisant la documentation de la figure 17, que la bande de fréquences reçues par l'antenne réceptrice est compatible avec la fréquence émise.

Q68. **Relever** sur la documentation de la figure 17 le gain de l'antenne réceptrice G_r et **reporter** celui-ci sur le document réponses DR-Ph 1.

On souhaite un débit binaire de 293 bps.

Q69. **Mesurer**, à l'aide d'une construction graphique, la sensibilité S du récepteur sur le document réponses DR-Ph 3.

La marge qui assure une transmission correcte est de 30 dB.

Q70. **En déduire** la puissance P_r, exprimée en dBm, que doit recevoir le récepteur et **reporter** celle-ci sur le document réponses DR-Ph 1.

La formule de Friis permet de calculer le niveau de puissance reçue P_r exprimé en dB avec la formule :

$$P_r = PIRE - Att + G_r$$

avec

- PIRE : la puissance rayonnée équivalente en dBm ;
- G_r : le gain de l'antenne réceptrice en dBi ;
- Att : l'atténuation totale en dB.

Q71. **Montrer** que le maximum d'atténuation totale doit être de 131 dB.

En milieu urbain, l'atténuation liée à la propagation des ondes se calcule avec la relation suivante :

$$A = 40 \times \log(d) + 4$$

avec

- d la distance entre l'émetteur et le récepteur en m ;
- A l'atténuation en milieu urbain en dB.

Q72. **Vérifier** que la distance maximale possible entre bornes et passerelles correspond au cahier des charges.

Partie 5 – Transmission par modulation LoRa

L'objectif de cette partie est de valider que le débit est respecté compte tenu des caractéristiques de la transmission LoRa.

Pour cela, des caractéristiques techniques de la technologie LoRa sont mises à disposition au fil des questions de cette partie.

La communication entre les bornes « arrêt-minute » et les passerelles se fait par une liaison hertzienne avec un protocole de liaison LoRa.

Q73. **Relever** la fréquence centrale f_C du spectre du module LoRa puis **indiquer** sa valeur sur le document réponses DR-Ph 4.

Le spectre relevé sur le document réponses DR-Ph 4 fait apparaitre une zone grisée correspondant à l'encombrement BW (Band Width) appelée aussi bande occupée.

Q74. **Mesurer** l'encombrement BW du spectre du module LoRa puis **indiquer** sa valeur sur le document réponses DR-Ph 4.

Un chirp (Compressed High Intensity Radar Pulse) correspond à un symbole émis en modulation LoRa et on transmet un nombre entier de chirps.

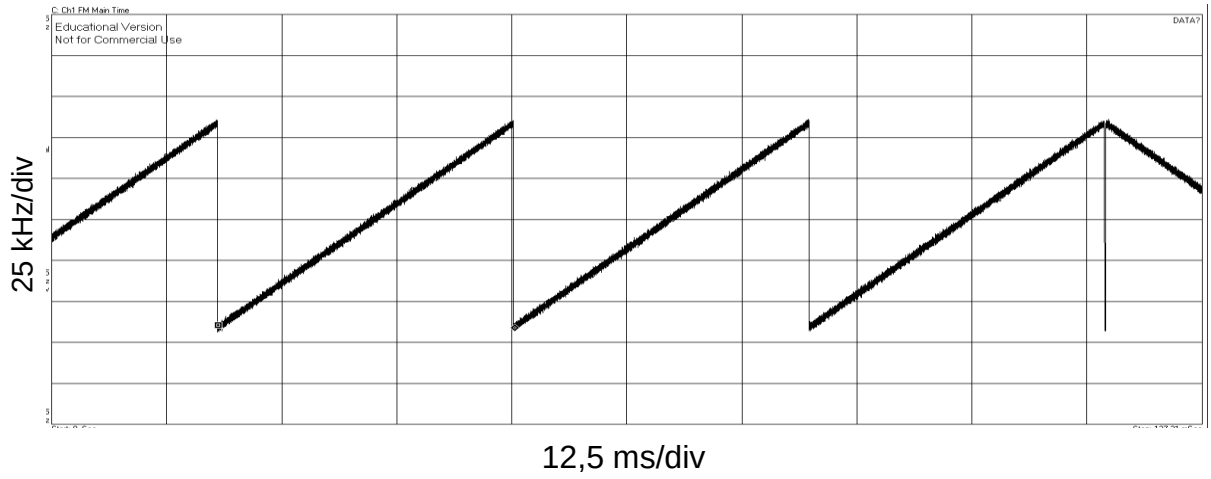


Figure 18 : signal temporel démodulé d'une transmission LoRa

Q75. **Mesurer** la durée T_{chirp} d'un chirp représenté par une rampe sur le chronogramme de la figure 18.

Cette modulation LoRa a les caractéristiques suivantes : la durée d'un symbole $T_{symbole}$ dépend du facteur d'étalement (SF) et de l'encombrement spectral du signal (BW) comme indiqué sur la figure 19.

Encombrement spectral BW	Facteur d'étalement SF	Ratio de codage CR	Débit binaire D	Sensibilité S
Valeur mesurée	12	4/5	293 bps	–136 dBm
Le temps d'émission de chaque symbole $T_{symbole}$ est inversement proportionnel à l'encombrement spectral et tient compte du facteur d'étalement selon la relation : $T_{symbole} = \frac{2^{SF}}{BW}$ avec BW en Hz.				
Figure 19 : quelques caractéristiques de la transmission LoRa				

Le temps d'émission autorisé pour chaque borne est de 1400 ms avec un facteur d'étalement de 12 et un débit de 293 bps.

Q76. Calculer la valeur $T_{symbole}$ en utilisant la formule donnée figure 19.

Q77. Vérifier que l'écart relatif entre la durée expérimentale d'un chirp T_{chirp} et la valeur $T_{symbole}$, est inférieur à 5 %.

Chaque symbole est composé de SF bits.

Q78. Indiquer, compte-tenu du facteur d'étalement, le nombre total de symboles différents possibles.

Le débit binaire D se calcule avec la formule suivante :

$$D = SF \times \frac{BW}{2^{SF}} \times CR$$

avec l'encombrement spectral BW en hertz.

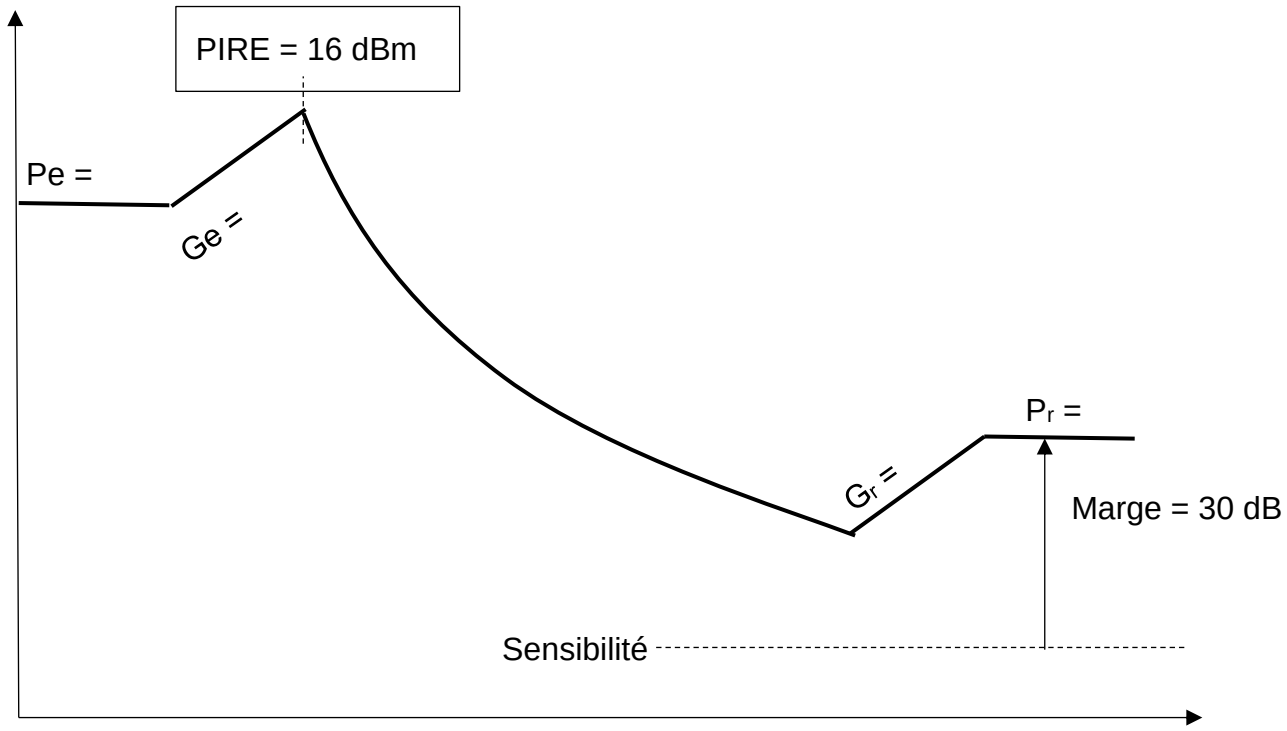
Q79. Calculer le débit binaire de la transmission en précisant l'unité.

Q80. Justifier que le débit est compatible avec la documentation et le résultat attendu.

Document réponses – Domaine de la physique

À rendre avec la copie

Partie 4 – Réponses aux questions Q61., Q62., Q68. et Q70.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

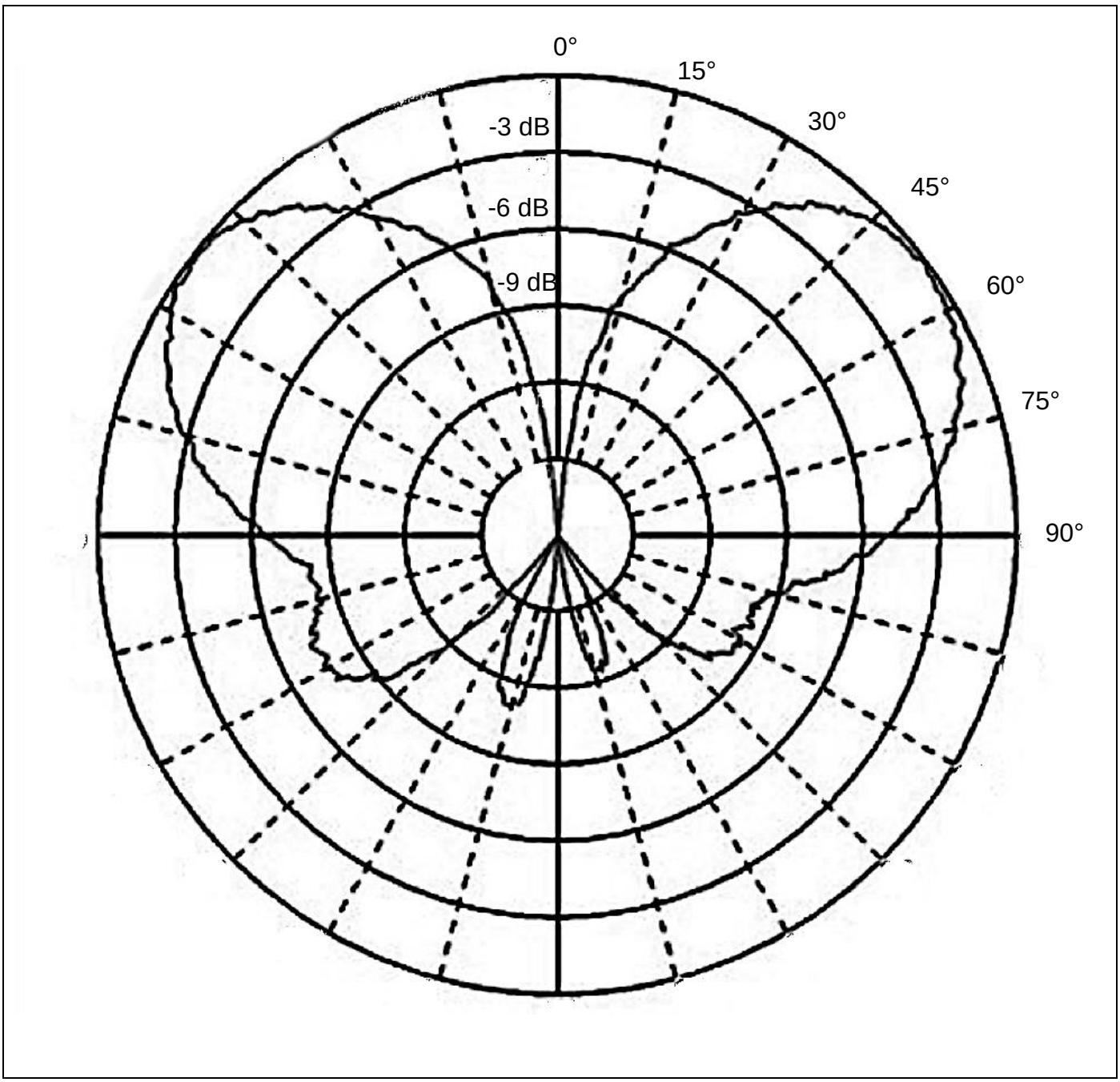
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Partie 4 – Réponses à la question Q64.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

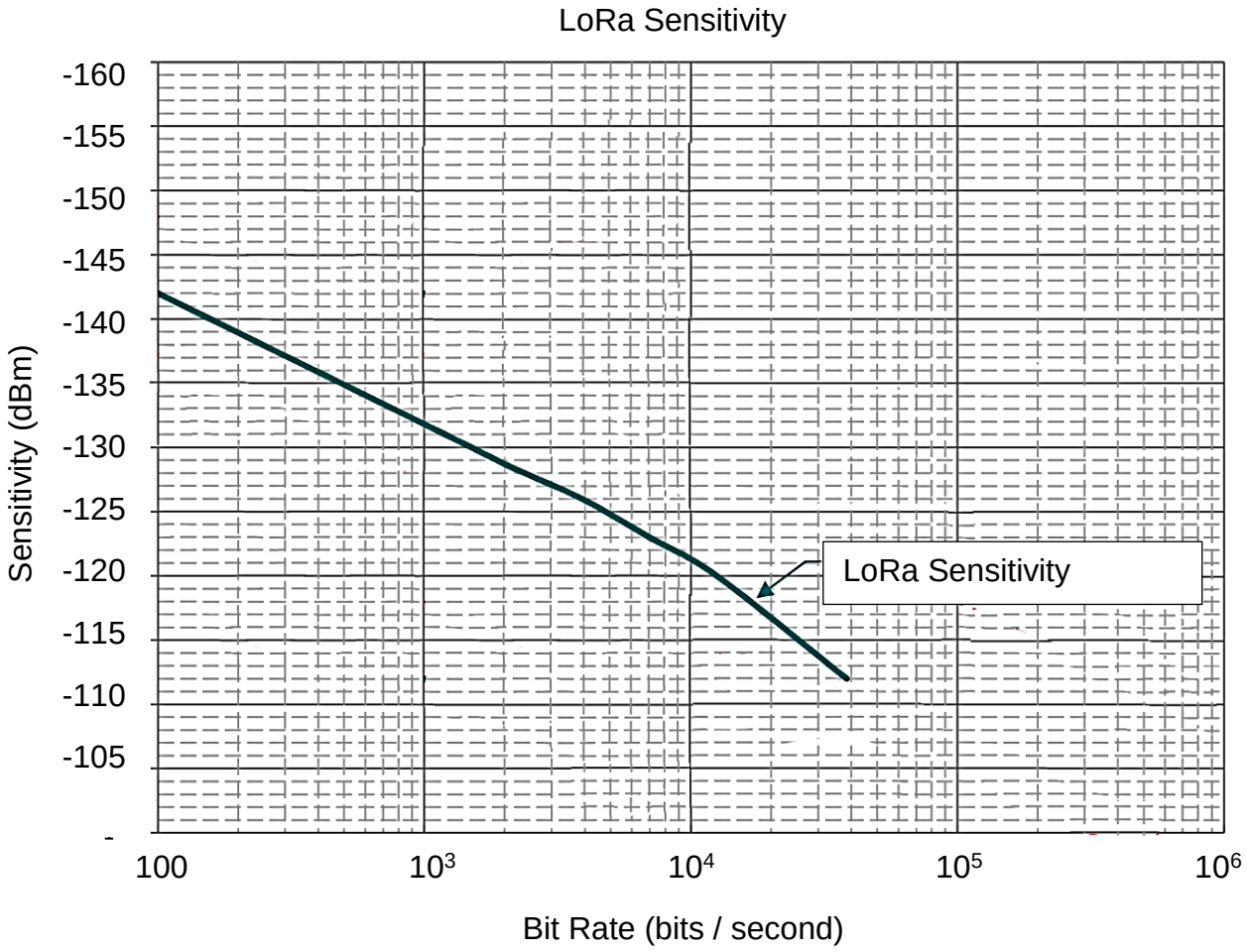
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Partie 4 – Réponse à la question Q69.



S = ……..

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

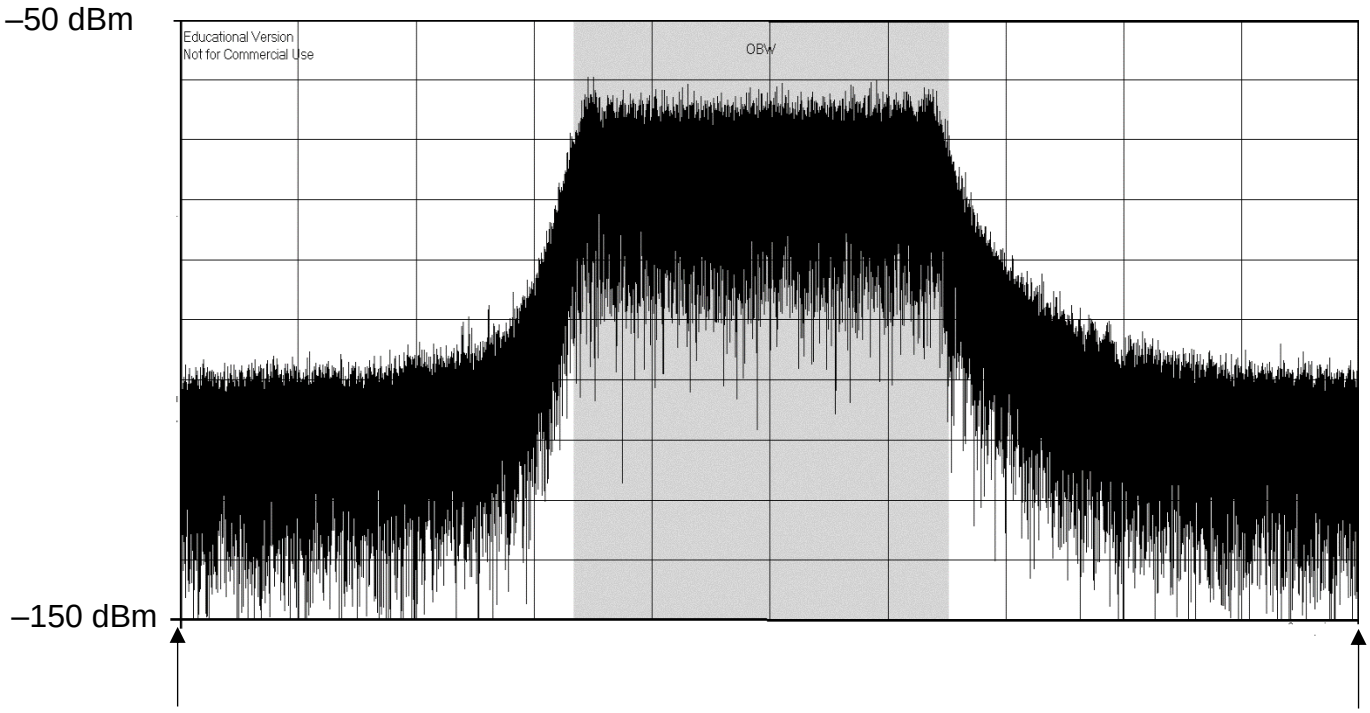
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Partie 5 – Réponses aux questions Q73. et Q74.



Fréquence centrale f_C	
Encombrement spectral BW	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DOCUMENTATIONS TECHNIQUES

DT1 - Liaisons RS232, RS422, RS423 et RS485 2

DT2 - Module alimentation sur rail DIN 3

DT3 - Détecteurs de boucles inductives AGD 4

DT4 - La norme RS485 5

DT5 - Schéma de raccordement du circuit LTC2862 6

DT6 - Circuit interface RS485 ..... 7 à 8

DT7 - Organisation de la trame MODBUS 9

DT8 - Passerelle LoRa FlexGate FG264 ..... 10 à 11

DT9 - Antenne LPAB-868-2SP 12

DT10 - Module STM32WL55 ..... 13 à 15

DT11 - Régulateur AP7370 – 33 FDC 16

DT12 - Liaison bus SPI 17

DT13 - Contraintes de routage d'un quartz 18

DT14 - LED GRB WS2812B avec contrôleur intégré 19

DT15 - Panneau à LED GRB WS2812B 20

DT1 - Liaisons RS232, RS422, RS423 et RS485

Les normes de transmissions symétriques fournissent des solutions universelles pour la transmission sur de longues distances.
Les normes RS422 et RS485 définissent des interfaces de lignes de transmissions numériques symétriques qui intègrent les avantages des boucles de courant et surmontent les limites de la norme RS232. Les caractéristiques des différentes liaisons sont les suivantes :

EIA	RS 232	RS422	RS 423	RS 485
UIT-T	V24 / V28	V11 / X27		V11 / X27
Type d'interface	Mode commun	Mode différentiel	Mode commun	Mode différentiel
Distance max (m)	12	1200	1200	1200
Débit max. (bps)	19200(*)	10 M sur 10 m 100 k sur 1200 m	100 k	10 M sur 10 m 100 k sur 1200 m
Multipoint	non	oui	oui	oui
Nombre d'émetteurs	1	1	1	32
Nombre de récepteurs	1	10	10	32
Niveaux de tension	±3V à ±25 V	±3V à ±25 V	±4V à ±6 V	±0,2V à ±6V

** Les fabricants peuvent implémenter des vitesses supérieures*

La norme RS485 prévoit l'utilisation de lignes multipoints bidirectionnelles et se prête donc à des applications de type « mini-LAN », comme la transmission de données entre un maître central et des postes intelligents distants.

Caractéristiques de l'émetteur:
- un émetteur peut piloter jusqu'à 32 charges unitaires (une charge unitaire est constituée par un émetteur passif et un récepteur) ;
- le courant de fuite à la sortie de l'émetteur au repos ne doit pas dépasser 100 µA pour une tension de ligne de – 7 V à + 12 V ;
- l'émetteur doit pouvoir fournir une tension de sortie différentielle de 1,5 V à 5 V avec une tension de ligne en mode commun de – 7 V à + 12 V ;
- les émetteurs doivent comporter une protection intégrée contre les conflits d'accès (cas où plusieurs émetteurs tentent d'utiliser simultanément la ligne de transmission).

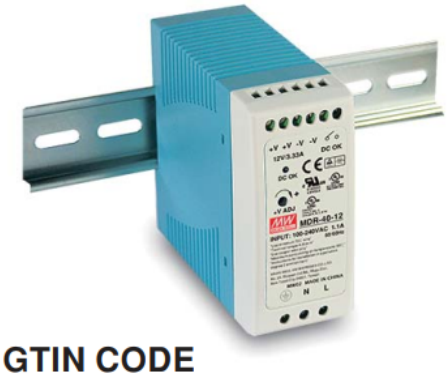
Caractéristiques du récepteur:
- résistance d'entrée élevée, 12 kΩ minimum ;
- plage d'entrée en mode commun de – 7 V à + 12 V ;
- sensibilité d'entrée différentielle égale à ± 200 mV dans une plage de tension d'entrée de mode commun de – 7 V à + 12 V.

Caractéristiques de la ligne:
- les deux conducteurs reliant l'émetteur au récepteur doivent être parcourus par des courants identiques mais de sens opposés ;
- utilisation d'un câble à paire torsadée, ce qui a pour effet d'annuler les champs magnétiques engendrés par le courant circulant dans chaque fil et de réduire l'inductance de la paire ;
- meilleure immunité aux bruits (parasites, perturbations radiofréquences, phénomènes CEM) ;
- adaptation de la ligne de transmission : placer tous les récepteurs en cascade (ou guirlande meilleure solution qu'en étoile). Dans ce cas, une résistance de terminaison doit être placée aux deux extrémités de la ligne.

DT2 - Module alimentation sur rail DIN

MEAN WELL

40W Single Output Industrial DIN Rail Power Supply **MDR-40 series**



■ Features :

- Universal AC input/Full range
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Can be installed on DIN rail TS-35/7.5 or 15
- Class I, Div 2 Hazardous Locations T4
- LED indicator for power on
- DC OK relay contact
- No load power consumption<0.75W
- 100% full load burn-in test
- 3 years warranty

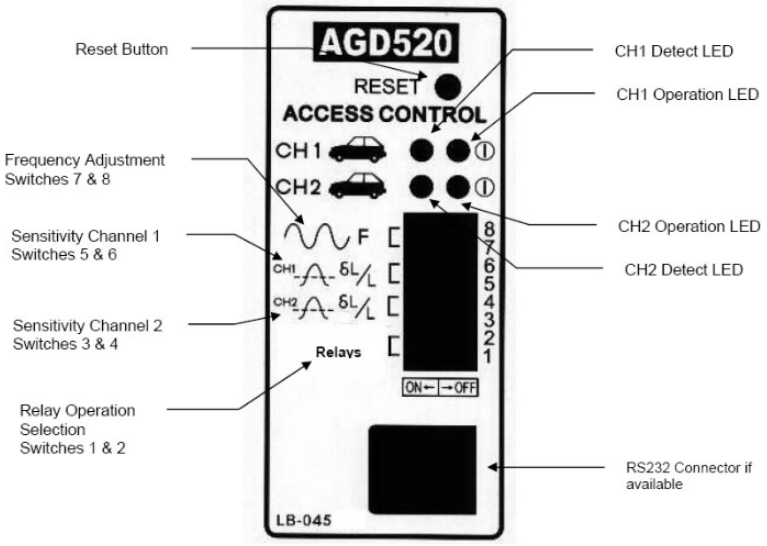
User's Manual

■ GTIN CODE

SPECIFICATION

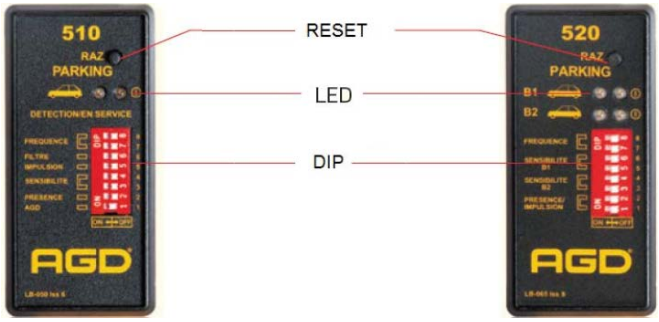
MODEL		MDR-40-5	MDR-40-12	MDR-40-24	MDR-40-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	12V	24V	48V
	RATED CURRENT	6A	3.33A	1.7A	0.83A
	CURRENT RANGE	0 ~ 6A	0 ~ 3.33A	0 ~ 1.7A	0 ~ 0.83A
	RATED POWER	30W	40W	40.8W	39.8W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	5 ~ 6V	12 ~ 15V	24 ~ 30V	48 ~ 56V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	SETUP, RISE TIME Note.5	500ms, 30ms/230VAC 500ms, 30ms/115VAC at full load			
	HOLD UP TIME (Typ.)	50ms/230VAC 20ms/115VAC at full load			
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC 120 ~ 370VDC			
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz			
	EFFICIENCY (Typ.)	78%	85%	88%	88%
	AC CURRENT (Typ.)	1.1A/115VAC 0.7A/230VAC			
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 30A/115VAC 60A/230VAC			
	LEAKAGE CURRENT	<1mA / 240VAC			

DT3 - Détecteurs de boucles inductives AGD



CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- Paramètres de fonctionnement modifiables par le biais de micro-interrupteurs en face avant.
- Voyants lumineux informant sur le fonctionnement.
- Connecteur 11 broches standard.



MODÈLES DISPONIBLES

Références	AGD510 - 300	AGD510 - 500	AGD520 - 300	AGD520 - 500
230 VAC	■		■	
12 – 24 VDC – VAC		■		■
Boucles (canaux)	1		2	

FUSIBLES DE PROTECTION

Tension d'alimentation	Option mémoire	Consommation	Protection conseillée
230 VAC		12 mA	F50mAH250V
12 – 24 VCC		40 mA	
	■	200 mA	F250mAH250V

DT4 - La norme RS485

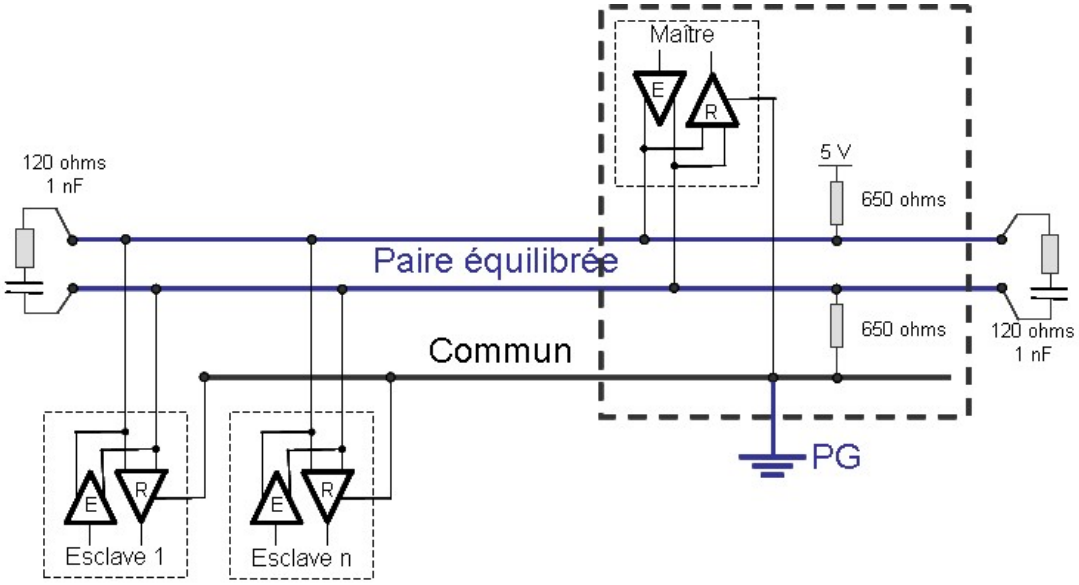
La norme RS485 définie par l'EIA, TIA-485-A Electronic Industries Association, a été publiée en Avril 1983. Elle suit le guide d'application TSB-89-A.
Ce standard précise les caractéristiques électriques des émetteurs et des récepteurs pour une utilisation dans les systèmes multipoints en mode symétrique.

Polarisation du Bus de communication

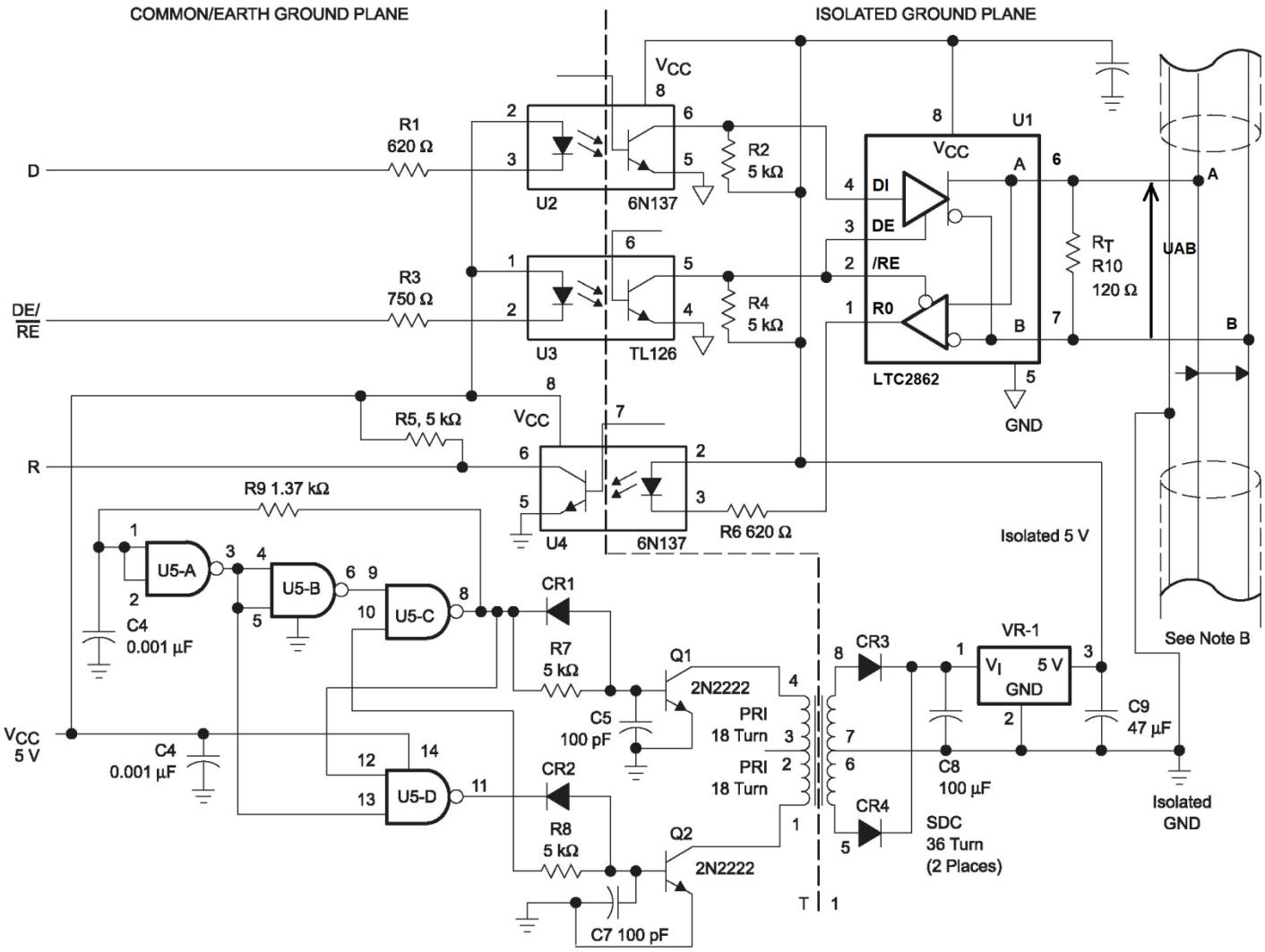
La norme RS485 impose un niveau différentiel de 200 mV pour détection du signal. Si la ligne RS485 n'est pas polarisée, ce niveau ne sera pas atteint au repos (sans communication sur la ligne) et donc le fonctionnement ne sera pas garanti. Pour cela, on applique une polarisation à 1 seul endroit du bus. Elle est de préférence appliquée côté maître. Sur certains modèles d'interface, il est possible d'activer cette polarisation de ligne. Sinon, il faudrait rajouter une alimentation externe.
Elle doit garantir un niveau de 250-280 mV sur l'ensemble du bus lorsqu'il n'y a pas de communication qui transite. Une tension de 250-280 mV est un bon compromis. Elle garantit d'être supérieure à 200 mV et toutefois n'entraîne pas une consommation excessive.
Pour vérifier cela, le plus pratique est de positionner la source de polarisation au début du bus (côté interface) et de vérifier le niveau de tension à l'autre extrémité du bus. C'est le cas le plus défavorable : le premier appareil communique avec le dernier. Cette polarisation est intégrée sur certaines interfaces et certains répéteurs.

Résistance de début et fin de bus

Le bus RS485 nécessite une résistance de part et d'autre de la liaison cuivre. La résistance de fin de ligne de même valeur que l'impédance de ligne (résistance de 120 Ω) permet de supprimer au maximum la réflexion du signal. Elle doit être placée à chaque extrémité du bus. Elle peut selon les modèles, être directement intégrée dans l'interface.



DT5 - Schéma de raccordement du circuit LTC2862



REFERENCE DESIGNATOR	DESCRIPTION
R1, R6	Resistor, 620 Ω, 1/4 W, 1%
R2, R4, R5	Resistor, 5 k Ω, 1/4 W, 1%
R3	Resistor, 750 Ω, 1/4 W, 1%
R7, R8	Resistor, 1 k Ω, 1/4 W, 1%
R9	Resistor, 130 kΩ, 1/4 W, 1%
R10	Resistor, 120 Ω, 1/4 W, 1%
C1, C2, C3, C10	Capacitor, 0.1 µF, 100 V, 10%
C4, C6	Capacitor, 0.001 µF, 100 V, 10%
C5, C7	Capacitor, 100 µF, 100 V, 10%
C8	Capacitor, 100 µF, 50 V, 10%

REFERENCE DESIGNATOR	DESCRIPTION
C9	Capacitor, 47 µF, 50 V, 20%
CR1, CR2	Diode, 1N4148
CR3, CR4	Diode, 1N5817
Q1, Q2	Transistor, 2N2222
T1	Transformer
U1	IC, LTC2862 , Diff. Bus Transceiver
U2, U4	IC, 6N137 Optocoupler/Isolator
U3	IC, TIL126 Optocoupler/Isolator
U5	IC, SN74HC132N, Quadruple Positive NAND Gate
VR1	Regulator, Voltage, UA78M05CKC, 5 V, Positive

NOTES: A. The line-matching resistor, R_T, is used only at the ends of the cable. Terminated fail-safe circuitry also can be included at one point on the bus.
B. Shield should be terminated to each chassis ground and earth ground at one point only. The third-wire ground should be earth grounded at one point only.

DT6 - Circuit interface RS485

LTC2862/LTC2863/ LTC2864/LTC2865

±60V Fault Protected 3V to 5.5V RS485/RS422 Transceivers

FEATURES

- **Protected from Overvoltage Line Faults to ±60V**
- **3V to 5.5V Supply Voltage**
- **20Mbps or Low EMI 250kbps Data Rate**
- **±15kV ESD Interface Pins, ±8kV All Other Pins**
- **Extended Common Mode Range: ±25V**
- Guaranteed Failsafe Receiver Operation
- High Input Impedance Supports 256 Nodes
- 1.65V to 5.5V Logic Supply Pin (V_L) for Flexible Digital Interface (LTC2865)
- MP-Grade Option Available (–55°C to 125°C)
- Fully Balanced Differential Receiver Thresholds for Low Duty Cycle Distortion
- Current Limited Drivers and Thermal Shutdown
- Pin Compatible with LT1785 and LT1791
- Available in DFN and Leaded Packages

DESCRIPTION

The LTC®2862/LTC2863/LTC2864/LTC2865 are low power, 20Mbps or 250kbps RS485/RS422 transceivers operating on 3V to 5.5V supplies that feature ±60V overvoltage fault protection on the data transmission lines during all modes of operation, including power-down. Low EMI slew rate limited data transmission is available in a logic-selectable 250kbps mode in the LTC2865 and in 250kbps versions of the LTC2862-LTC2864. Enhanced ESD protection allows these parts to withstand ±15kV HBM on the transceiver interface pins without latchup or damage.

Extended ±25V input common mode range and full fail-safe operation improve data communication reliability in electrically noisy environments and in the presence of large ground loop voltages.

APPLICATIONS

- Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)
- Industrial Control and Instrumentation Networks
- Automotive and Transportation Electronics
- Building Automation, Security Systems and HVAC
- Medical Equipment
- Lighting and Sound System Control

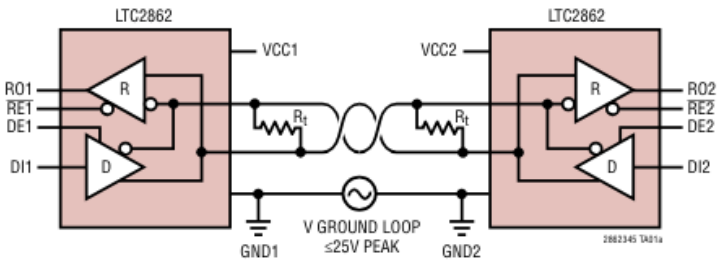
LT, LTC, LTM, Linear Technology the Linear logo and µModule are registered trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCT SELECTION GUIDE

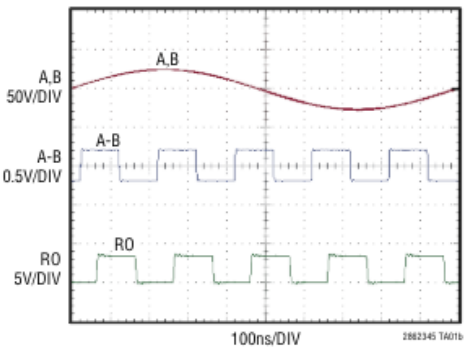
PART NUMBER	DUPLEX	ENABLES	MAX DATA RATE (bps)	V_L PIN
LTC2862-1	HALF	YES	20M	NO
LTC2862-2	HALF	YES	250k	NO
LTC2863-1	FULL	NO	20M	NO
LTC2863-2	FULL	NO	250k	NO
LTC2864-1	FULL	YES	20M	NO
LTC2864-2	FULL	YES	250k	NO
LTC2865	FULL	YES	20M/250k	YES

TYPICAL APPLICATION

RS485 Link With Large Ground Loop Voltage



LTC2865 Receiving 10Mbps ±200mV Differential Signal with 1MHz ±25V Common Mode Sweep



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes the specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at T_A = 25°C. V_{CC} = V_L = 3.3V unless otherwise noted. (Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
I_{CCTRS}	Supply Current with Both Driver and Receiver Enabled (LTC2862-2, LTC2863-2, LTC2864-2, LTC2865 with $\overline{SLO}$ Low)	No Load, DE = V_{CC} = V_L, $\overline{RE}$ = 0V	●		3.3	8	mA
Driver							
$\|V_{OD}\|$	Differential Driver Output Voltage	R = ∞ (Figure 1)	●	1.5		V_{CC}	V
		R = 27Ω (Figure 1)	●	1.5		5	V
		R = 50Ω (Figure 1)	●	2		V_{CC}	V
$\Delta\|V_{OD}\|$	Change in Magnitude of Driver Differential Output Voltage	R = 27Ω or 50Ω (Figure 1)	●			0.2	V
Receiver							
I_{IN}	Receiver Input Current (A,B) (C-, I-Grade LTC2863, LTC2864, LTC2865)	V_{CC} = 0V or 3.3V, V_{IN} = 12V (Figure 3)	●			125	μA
		V_{CC} = 0V or 3.3V, V_{IN} = –7V (Figure 3)	●	–100			μA
	Receiver Input Current (A,B) (H-, MP-Grade LTC2863, LTC2864, LTC2865; C-, I-, H-, MP-Grade LTC2862)	V_{CC} = 0V or 3.3V, V_{IN} = 12V (Figure 3)	●			143	μA
		V_{CC} = 0V or 3.3V, V_{IN} = –7V (Figure 3)	●	–100			μA
R_{IN}	Receiver Input Resistance	0 ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, V_{IN} = –25V or 25V (Figure 3)			112		kΩ
V_{CM}	Receiver Common Mode Input Voltage (A + B)/2		●	–25		25	V
V_{TH}	Differential Input Signal Threshold Voltage (A – B)	–25V ≤ V_{CM} ≤ 25V	●			±200	mV

FUNCTION TABLES

LTC2862

LOGIC INPUTS		MODE	A, B	RO
DE	$\overline{RE}$			
0	0	Receive	R_{IN}	Active
0	1	Shutdown	R_{IN}	High-Z
1	0	Transceive	Active	Active
1	1	Transmit	Active	High-Z

DT7 - Organisation de la trame MODBUS

L'organisation de la trame au format RS485 est structurée de la manière suivante :
- une trame commence toujours par un octet de valeur 0x00, puis est suivie du numéro du secteur concerné ;
- le nombre d'octets de données transmis varie selon la nature du message à afficher (numéro de la borne arrêt-minute, l'état d'occupation, l'état d'autorisation du stationnement) ;
- l'octet de Checksum est calculé en effectuant un Ou-Exclusif sur l'ensemble des octets de données.

Pour le parc actuel de bornes « arrêt-minute », la trame est donc constituée de la façon suivante :

1 octet	Début de la trame : toujours « **0x00** »
1 octet	Numéro du secteur concerné en hexadécimal (la valeur 0x00 est exclue)
2 octets	Nombre d'octets en hexadécimal de données, hors Checksum, qui suivent dans la trame du message : 1 octet (MSB) puis 1 octet (LSB)
2 octets	Numéro de la borne : 1 octet (MSB) puis 1 octet (LSB)
1 octet	État d'occupation : 0x00 (libre) 0xFF (occupée)
1 octet	État d'autorisation du stationnement : 0x00 (non autorisé, car décompte de temps terminé) 0xFF (autorisé, car décompte de temps non terminé)
2 octets	CRC 16

Un exemple de relevé d'une trame envoyée à la borne maître (valeurs hexadécimales) est fourni ci-dessous :

00	**06**	**00**	**04**	**01**	**02**	**00**	**FF**	**CRC 16**

DT8 - Passerelle LoRa FlexGate FG264

Flex4IoT

FlexGate FG264

Private Operator LoRa Gateway

FlexGate™ FG264 is a family of LoRaWAN private operator Gateway designed for Industrial Internet of Thing applications. Offering a wide range of options, it is the ideal Gateway to match different use cases on the field including Edge and IA.

Flexible Gateway
The FlexGate™ FGW264 product line is a family of LoRa Gateway designed to bring hardware and software flexibility to meet the IoT technical challenges.
Beyond LoRa support, FlexGate™ FG264 product line offers a flexible Cloud and field connectivity within a unique platform ready to adapt to local configuration and facilitate deployment, maintenance, and installation.

Flexible processing power
The FlexGate™ FG264 product line integrates a high performance and low power processor. This flexible architecture offers a processing power that can easily be adapted to different use cases including Edge Computing and Fog Computing applications.
LoRa Concentrator “full power” inside
The FlexGate™ FG264 product line includes a real LoRa concentrator structured around the dedicated Semtech SX1301 chip having the capability to simultaneously listen to 8 LoRa channels in order to communicate with several thousand connected objects.

Multi-connectivity towards the Cloud
The FlexGate™ FG264 product line offers a rich connectivity with 1 Gbit Ethernet and 3G/4G. All links are simultaneously available on the Gateway and fall back can be set according to different scripts. With FlexServer Embedded LoRaWAN Network Server, MQTT connectivity to major Cloud such as Microsoft Azure, Amazon AWS or SAP Hana is fully transparent.
Management services dedicated to IoT
The FlexGate™ FG264 product line comes with an open Framework to make software services available for the IoT world. This open architecture allows easy integration on the FlexGate of any new services developed in Python.

An optimized platform
Powered by PoE+, the FlexGate™ FG264 product line is designed to be a perfect indoor or outdoor platform able to handle all use cases with a great choice of connectivity.

Key features
- Compact size indoor and outdoor version
- Intel Atom or Arm i.MX6 powered
- Ethernet POE+
- Option 3G/4G
- LoRa 868 MHz or 915 MHz
- Wall mounting option

Applications
- IIoT Private Operators
- Smart Cities
- Wireless Networks
- Energy
- Smart Building
- Industrial 4.0
- …

PN
FG3815i_L8_26432
Indoor version LoRa 868 MHz
Atom Bay Trail 3815
- 2GB RAM
- 4GB SSD

FG3815i_L8_26465
Outdoor version LoRa 868 MHz
Atom Bay Trail 3815
- 2GB RAM
- 4GB SSD

FGMX6SCi_L8_26432
Indoor version LoRa 868 MHz
NXP iMX6 Single Core
- 2GB RAM
- 4GB SSD

FGMX6SCi_L8_26465
Outdoor version LoRa 868 MHz
NXP iMX6 Single Core
- 2GB RAM
- 4GB SSD

FGMX6SCi_L9_26465
Outdoor version LoRa 915 MHz
NXP iMX6 Single Core
- 2GB RAM
- 4GB SSD

Consult us for other options.

Flex4IoT compatibility
- Flex4Factory
- Flex4Bridge
- Flex4Agri
- Flex4Shop
- …

FlexGate FG264

Private Operator LoRa Gateway

Specifications

Processor	Intel Atom or NXP i.MX6 RAM: 2 GB SSD: 4 GB – Option 64 GB
LoRa connectivity	Semtech SX1301/SX1257 8 Channels 868 MHz – 915 MHz
LAN/WAN	Gigabit Ethernet Option: 3G/4G or WiFi
Package	264 mm x 155 mm x 40 mm 850 gr (without Antenna)
Indoor connectivity	1xRJ45: Ethernet 1Gb [PoE+] 1xSMA: 3G/4G – WiFi 1xSMA: LoRa antenna
Outdoor connectivity	1xM12 [IP67]: Ethernet 1Gb [PoE+] 1xSMA [IP67]: 3G/4G – WiFi 1xBNC type N [IP67]: LoRa antenna
LoRaWAN connectivity	Packet forwarder for Loriot, Actility… Option: FlexServer Embedded LNS MQTT connectivity to Cloud Services: Azure, SAP HANA, AWS…
Firmware	Linux Yocto Support for Python local application

Indoor version

Outdoor version

DT9 - Antenne LPAB-868-2SP

868MHz
Ultra Low Profile Antenna

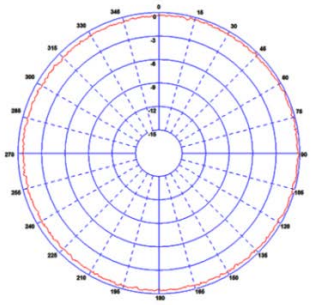
LPAB-868-2SP

- Robust panel mount antenna
- Efficient 868MHz coverage
- Ultra low profile - Only 15mm high

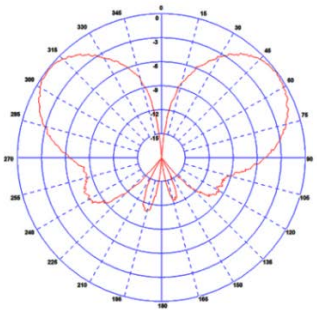
The Panorama LPAB range of antennas combine ergonomic style with sophisticated engineering. The rugged design features a solid impact resistant and weatherproof, plastic housing.
The low profile housing gives a high degree of vandal resistance making it perfect for vending machines or other telemetry devices in exposed locations that require reliable communications. The antenna is secured in place by a reversible locking nut allowing secure fitment to panels of between 1mm (0.04") and 26mm (1") thick.
The antenna offers ground-plane independent omni directional performance across up to three bands making it a versatile solution for a number of applications.

Part No.		
		LPAB-868-2SP
Electrical Data		
Frequency Range (MHz)		868 MHz
Peak Gain ǂ		2dBi
Typical VSWR*		<2.5:1
Polarisation		Vertical
Pattern		Omni-directional
Impedance		50Ω
Max input power (W)		20
Mechanical Data		
Dimensions (mm)	Height	15 (0.6")
	Length	130 (5.1")
	Width	40 (1.5")
Operating Temp (°C)		-30° / +70°C (-30° / 158°F)
Material		ASA
Colour		Grey

Typical H plane (868MHz)



Typical E plane (868MHz)



life.augmented

STM32WL55xx STM32WL54xx

Multiprotocol LPWAN dual core 32-bit Arm® Cortex®-M4/M0+ LoRa®, (G)FSK, (G)MSK, BPSK, up to 256KB flash, 64KB SRAM

Datasheet - production data

Features

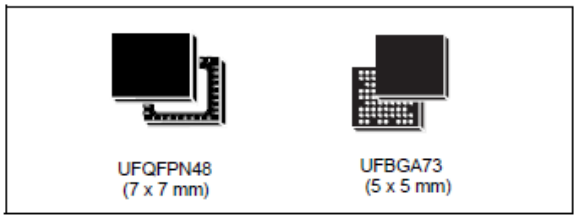
Includes ST state-of-the-art patented technology

Radio

- Frequency range: 150 MHz to 960 MHz
- Modulation: LoRa®, (G)FSK, (G)MSK and BPSK
- RX sensitivity: –123 dBm for 2-FSK (at 1.2 Kbit/s), –148 dBm for LoRa® (at 10.4 kHz, spreading factor 12)
- Transmitter high output power, programmable up to +22 dBm
- Transmitter low output power, programmable up to +15 dBm
- Available integrated passive device (IPD) companion chips for optimized matching, filtering and balun, all in one very compact solution covering each package and each main use cases (22 dBm @ 915 MHz, 14 dBm @ 868 MHz, 17 dBm @ 490 MHz)
- Compliant with the following radio frequency regulations such as ETSI EN 300 220, EN 300 113, EN 301 166, FCC CFR 47 Part 15, 24, 90, and the Japanese ARIB STD-T30, T-67, T-108
- Compatible with standardized or proprietary protocols such as LoRaWAN®, Sigfox™, W-MBus and more (fully open wireless system-on-chip)

Ultra-low-power platform

- 1.8 V to 3.6 V power supply
- –40 °C to +105 °C temperature range
- Shutdown mode: 31 nA (V_{DD} = 3 V)
- Standby (+ RTC) mode: 360 nA (V_{DD} = 3 V)
- Stop2 (+ RTC) mode: 1.07 µA (V_{DD} = 3 V)



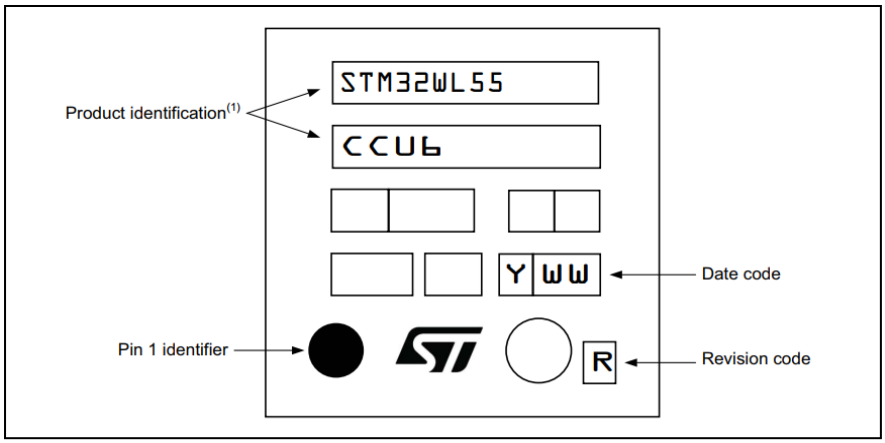
- Active-mode MCU: < 72 µA/MHz (CoreMark®)
- Active-mode RX: 4.82 mA
- Active-mode TX: 15 mA at 10 dBm and 87 mA at 20 dBm (LoRa® 125 kHz)

Core

- 32-bit Arm® Cortex®-M4 CPU
  - Adaptive real-time accelerator (ART Accelerator) allowing 0-wait-state execution from flash memory, frequency up to 48 MHz, MPU and DSP instructions
  - 1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1)
- **32-bit Arm®Cortex®-M0+ CPU**
  - Frequency up to 48 MHz, MPU
  - 0.95 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1)

Security and identification

- Hardware encryption AES 256-bit
- True random number generator (RNG)
- Sector protection against read/write operations (PCROP, RDP, WRP)
- CRC calculation unit
- Unique device identifier (64-bit UID compliant with IEEE 802-2001 standard)
- 96-bit unique die identifier
- Hardware public key accelerator (PKA)
- Key management services
- Secure sub-GHz MAC layer
- Secure firmware update (SFU)
- Secure firmware install (SFI)



1. Parts marked as “ES”, “E” or accompanied by an Engineering Sample notification letter, are not yet qualified and therefore not approved for use in production. ST is not responsible for any consequences resulting from such use. In no event will ST be liable for the customer using any of these engineering samples in production. ST’s Quality department must be contacted prior to any decision to use these engineering samples to run a qualification activity.

Ordering information

Example: STM32 WL 55 J C I 6 TR

Device family

STM32 = Arm based 32-bit microcontroller

Product type

WL = wireless long range

Device subfamily

55 = Cortex-M4, Cortex-M0+, full set of modulations
54 = Cortex-M4, Cortex-M0+, full set of modulations except LoRa

Pin/ball count

C = 48
J = 73

Flash memory size

C = 256 Kbytes

Package

I = UFBGA
U= UFQFPN

Temperature range

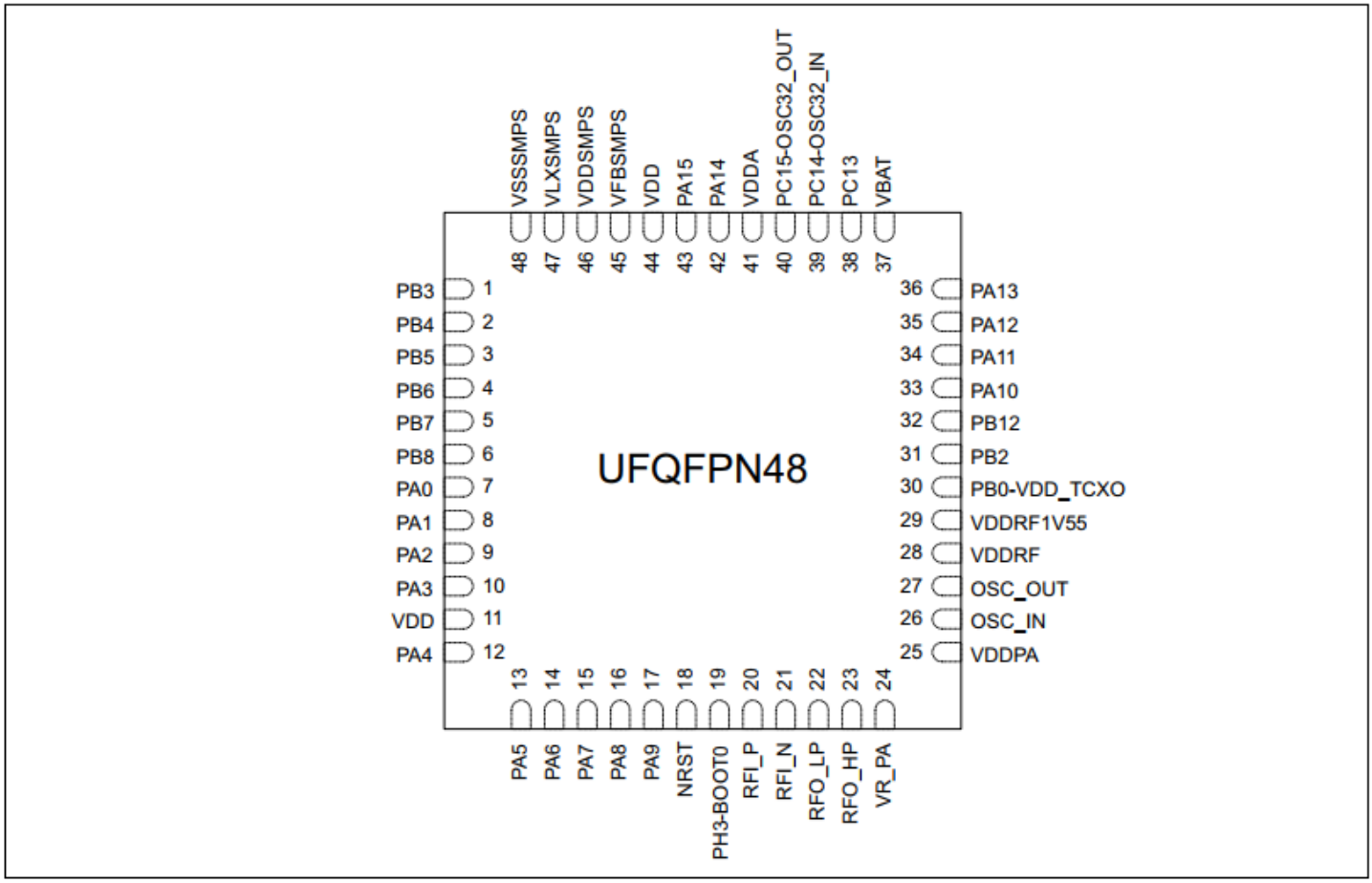
6 = -40 to 85 °C (105 °C junction)
7 = -40 to 105 °C (125 °C junction)

Packing

TR = tape and reel

xxx = programmed parts

UFQFPN48 pinout

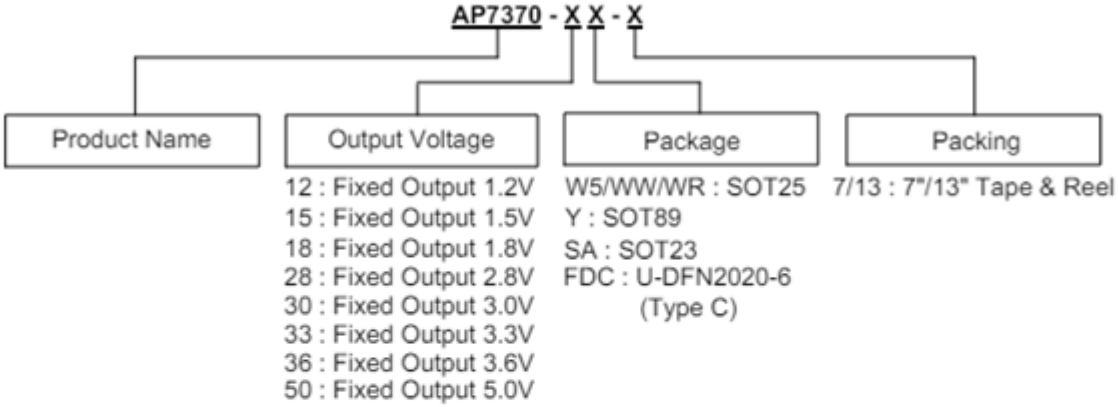


RFO_LP pin and RFO_HP pin :

• an analog front-end transceiver, capable of outputting up to + 15 dBm maximum power on its RFO_LP pin and up to + 22 dBm maximum power on RFO_HP pin.

DT11 - Régulateur AP7370 – 33 FDC

Ordering Information



Part Number	Package Code	Package	7"/13" Tape and Reel	
			Quantity	Part Number Suffix
AP7370-XXW5-7	W5	SOT25	3000/Tape & Reel	-7
AP7370-XXWR-7	WR	SOT25	3000/Tape & Reel	-7
AP7370-XXWW-7	WW	SOT25	3000/Tape & Reel	-7
AP7370-XXY-13	Y	SOT89	2500/Tape & Reel	-13
AP7370-XXSA-7	SA	SOT23	3000/Tape & Reel	-7
AP7370-XXFDC-7	FDC	U-DFN2020-6 (Type C)	3000/Tape & Reel	-7

DT12 - Liaison bus SPI

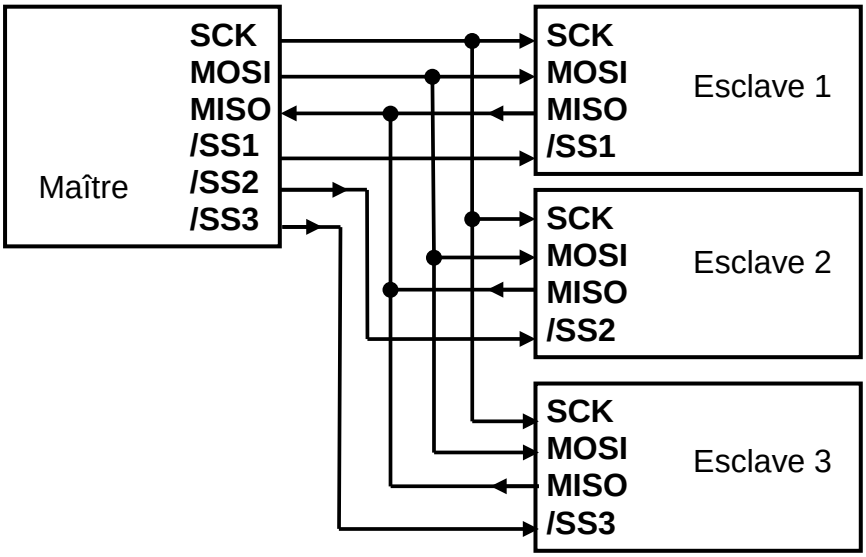
La liaison bus SPI (Synchronous Peripheral Interface, Interface périphérique synchrone) est un bus de communication série synchrone, développé par MOTOROLA, et possédant les caractéristiques suivantes :
- bus synchrone série à haut débit, multipoint (1 maître et 1 ou plusieurs esclaves) ;
- transmission en « FULL DUPLEX » ;
- lignes de communication unidirectionnelles ;
- transmission à courte distance ;
- protocole simple : pas d'adressage (sélection de l'esclave) ;
- pas de contrôle physique de données.

Les champs d'application du bus SPI :
- le bus SPI est utilisé pour la communication rapide de données entre périphériques d'un appareil comme par exemple les mémoires, les systèmes d'affichage, carte SD,etc.

Les caractéristiques de fonctionnement du bus SPI.
- les données échangées sont des octets ;
- il n'y a pas d'adressage des esclaves : l'esclave devient actif au moyen d'une ligne de sélection de boîtier dédiée (généralement active à l'état bas).

La liaison bus SPI est donc constituée de trois signaux principaux :
- ***SCLK*** (serial clock) : horloge du bus (produite par le maître) : cette horloge indépendante fixée par le maître synchronise les échanges (en général sur front), la fréquence de l'horloge de transmission est comprise entre 1 MHz et 20 MHz (selon les performances des circuits reliés au bus) ;
- ***MOSI*** (Master Out Slave In) : données du maître vers l'esclave actif ;
- ***MISO*** (Master In Slave Out) : données de l'esclave actif vers le maître.

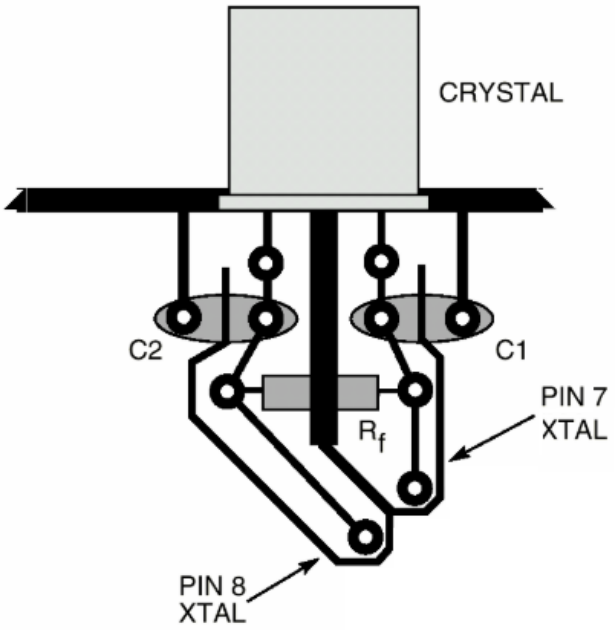
À ces trois signaux, il faut ajouter les signaux de sélection d'esclave : ***SSn*** (Slave Select n, sélection de l'esclave n à destination de la transmission). Le nombre d'esclaves est limité par le nombre de broches /SS du maître.



DT13 - Contraintes de routage d’un quartz

- Un quartz doit être routé au plus près du microcontrôleur qu’il cadence ;
- Les pistes doivent être les plus courtes possibles, donc routées à 45° ;
- Un quartz doit être routé au-dessus d’un plan de masse pour des contraintes de CEM ;
- Prévoir un anneau de garde qui passe sous les condensateurs de charge ;
- Séparer les signaux de données des signaux d’horloge par du cuivre de masse pour limiter la diaphonie ;
- Éloigner les signaux d’horloges des signaux d’antennes pour limiter la réception par effet de rayonnement.

Exemple pour le routage d’un quartz 8 MHz de cadencement d’un microcontrôleur ATMEGA328P :

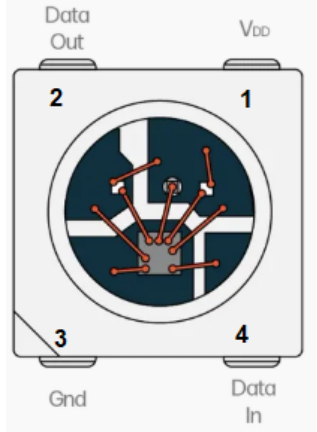


*Rf est une résistance de réaction entre la sortie et l’entrée du quartz, son absence n’affecte pas le fonctionnement du quartz.

Remarque

Un quartz en fonctionnement génère un rayonnement électromagnétique. C’est pourquoi le quartz doit être placé dans un boîtier blindé.

DT14 - LED GRB WS2812B avec contrôleur intégré

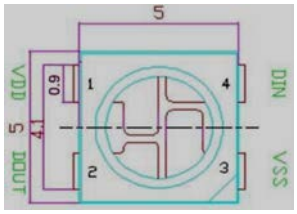


NO.	Symbol	Function description
1	VDD	Power supply LED
2	DOUT	Control data signal output
3	VSS	Ground
4	DIN	Control data signal input

Alimentation en tension : +5 V

Consommation en courant : 18 mA par LED en luminosité maximale (commande en PWM à 100%), soit 54 mA pour l'ensemble des 3 LED GRB (GREEN RED BLUE) du circuit.

Chaque LED GRB WS2812B a une dimension de 5 mm·5 mm et peut être alimentée sous une tension comprise entre 3,5 V et 5,3 V.



Prameter	Symbol	Ratings	Unit
Power supply voltage	V_{DD}	+3.5~+5.3	V
Input voltage	V_I	-0.5～VDD+0.5	V
Operation junction temperature	Topt	-25～+80	℃
Storage temperature range	Tstg	-40~+105	℃

Les 3 couleurs primaires V (Vert), R (Rouge), et B (Bleu), sont codées chacune sur 8 bits, pour occuper au total 3 octets (24 bits) :

Octet codage VERT								Octet codage ROUGE								Octet codage BLEU							
G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0	R7	R6	R5	R7	R6	R5	R1	R0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0

Exemples de codages de couleurs :

- Codage de la couleur rouge :

Octet codage VERT								Octet codage ROUGE								Octet codage BLEU							
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

- Codage de la couleur verte :

Octet codage VERT								Octet codage ROUGE								Octet codage BLEU							
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Codage de la couleur orange :

Octet codage VERT								Octet codage ROUGE								Octet codage BLEU							
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

- Codage de la couleur blanche (présence de toutes les couleurs primaires) :

Octet codage VERT								Octet codage ROUGE								Octet codage BLEU							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

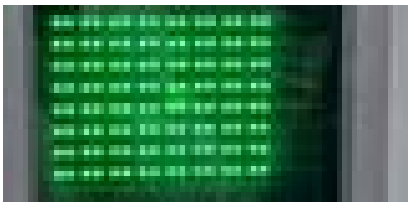
DT15 - Panneau à LED GRB WS2812B

Principe de fonctionnement :

- Le panneau bargraphe utilisé dans le système est un panneau constitué de 160 LED GRB WS2812B organisées en matrice de 8 lignes et 20 colonnes. Pour 10 minutes de stationnement gratuit, les 160 LED affichent une couleur verte. Puis pour chacune minute de stationnement écoulée, 2 colonnes de LED s'éteignent en commençant par les colonnes de droite.

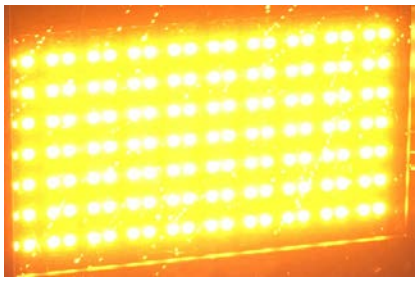
Exemple :

- 8 minutes de stationnement gratuit restantes : les 4 colonnes de droite de LED GRB sont éteintes.

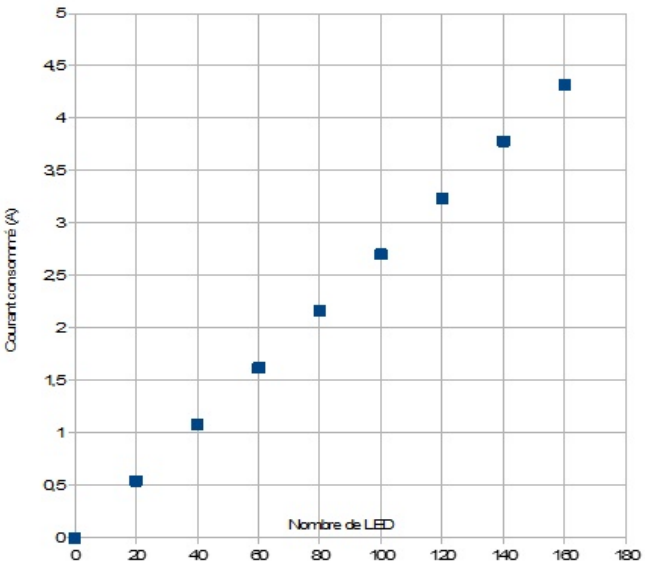


Exemple :

- 10 minutes de stationnement gratuit supplémentaires : la totalité des LED GRB des 7 lignes supérieures affichent une couleur orange, la dernière ligne en partie inférieure du panneau est constituée de LED GRB éteintes.



Consommation en courant en fonction du nombre de LED en configuration « ORANGE »



-