

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CYBERSÉCURITÉ INFORMATIQUE ET RÉSEAUX ÉLECTRONIQUE

Option B – Électronique et Réseaux

Épreuve E4 ÉTUDE ET CONCEPTION DE PRODUITS ÉLECTRONIQUES

SESSION 2026

Durée : 6 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue », 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-Pro9 et une copie « sciences physiques » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-Ph1 à DR-Ph3.

Ce sujet comporte :

Présentation

PR1 à PR6

Sujet

Questionnaire domaine professionnel

S-Pro1 à S-Pro15

Questionnaire domaine de la physique

S-Ph1 à S-Ph12

Documentation technique

DOC1 à DOC16

Document réponses à rendre avec la copie

Document réponses domaine professionnel

DR-Pro1 à DR-Pro9

Document réponses domaine de la physique

DR-Ph1 à DR-Ph3

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

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page de garde

PRÉSENTATION DE LA MACHINE DE TRANSPORT DE PIANO

1. Mise en situation

La société Klavier-Roller conçoit et commercialise des machines de transport de piano. Ces machines ont pour objectif de faciliter le transport et l'installation en toute sécurité de ces instruments lourds, encombrants et de grande valeur. Elles sont utilisées pour des livraisons d'instruments neufs ou pour déplacer un piano dans le cadre d'événements musicaux. Les lieux de livraisons sont multiples. La machine est prévue pour s'adapter aux différents parcours et terrains dont les escaliers.

La machine de levage et de transport est constituée de deux rollers indépendants qui s'assemblent. La machine soulève, charge, transporte et protège le piano. Cet appareil permet à un homme seul le transport et l'installation d'un piano à queue sans effort (figure 1).



Figure 1 : montée d'escalier

2. Cahier des charges

Les deux rollers assemblés forment une machine tout-terrain capable de :

- monter les pentes jusqu'à 40° maximum ;
- rouler en dévers jusqu'à 10° maximum ;
- rouler sur tous types de sols grâce à ses pneus (graviers, herbes, pavés, etc., même mouillés) ;
- rouler sur les revêtements de sol fragiles sans les abîmer (moquette, marbre, parquet, etc.) ;
- rouler sur sol plat ;
- pivoter à 180° sur ses roues centrales élévatrices ;
- monter tous types d'escaliers sans les dégrader sur des plateaux en bois antidérapants ;
- monter dans le camion et maintenir le piano pendant le transport.

La figure 2 illustre différentes situations de transport.



Figure 2 : différentes situations de transport

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page PR1 sur 6

3. Présentation du produit

Le synoptique (figure 3) de la machine de transport de piano fait apparaître :

- deux rollers indépendants placés de chaque côté du piano ;
- une télécommande filaire en liaison bus CAN.

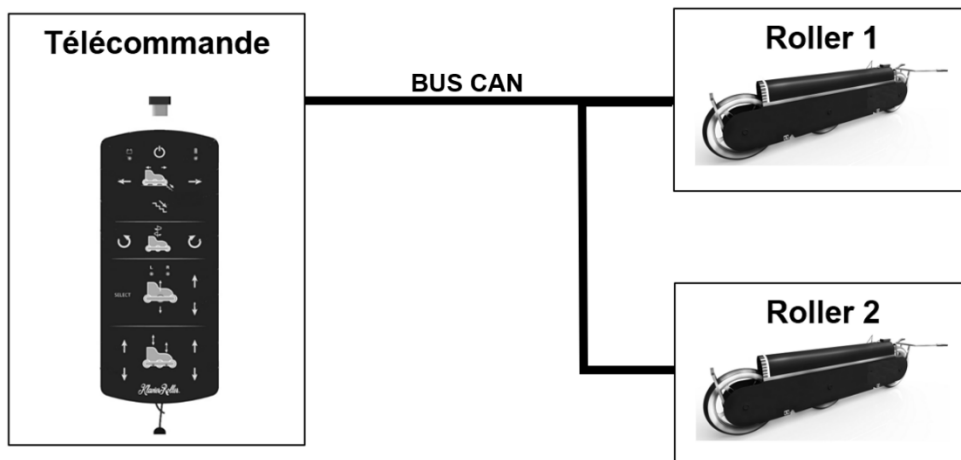


Figure 3 : synoptique de la machine de transport de piano

4. Pilotage de la machine

Avec la télécommande, l'opérateur dispose de cinq commandes différentes. La machine peut :

- avancer ou reculer sur terrain plat ou en montée jusqu'à une pente de 40° en vitesse normale ($0,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) ;
- descendre un escalier en vitesse réduite ($0,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) ;
- tourner sur lui-même dans le sens horaire ou anti-horaire ;
- lever ou descendre la (les) roue(s) centrale(s) gauche et/ou droite ;
- lever le piano côté queue et/ou côté clavier.

5. Rôle des différents moteurs

Afin de transmettre les mouvements de la machine, chaque roller dispose de quatre moteurs :

- un moteur propulsion qui permet d'entraîner les trois roues pour le déplacement ;
- un moteur fourche qui permet de monter ou descendre la roue centrale afin de tourner sur place et/ou faciliter le déplacement en bas et en haut d'un escalier ;
- deux moteurs levage côté clavier et côté queue qui permettent de soulever et d'abaisser le piano pendant les phases de chargement et déchargement.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page PR2 sur 6

6. Principe du système de levage

La figure 4 présente l'installation des rollers. L'opérateur protège le piano avec un caisson spécifique puis le place sur un support appelé luge. Il dispose ensuite les deux rollers indépendants de part et d'autre du piano posé sur son flanc.



Figure 4 : luge et rollers

La figure 5 présente les barres de levage. Pour charger le piano, deux barres de levage sont insérées dans les anneaux de levage des rollers et sous la luge, à l'avant et à l'arrière.



Figure 5 : barres de levage

La figure 6 présente le piano en cours de levage. L'opérateur pilote les moteurs de levage queue et clavier via la télécommande. Les barres soutenant le piano se soulèvent jusqu'à se bloquer dans des encoches en V sur les flancs des rollers.



Figure 6 : levage piano

Après le chargement, rollers, luge et piano sont alors fermement solidarisés et forment un équipage compact et parfaitement stable.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page PR3 sur 6

7. Diagramme de blocs internes du roller (IBD)

La figure 7 présente le diagramme de blocs internes de la carte de pilotage d'un roller.

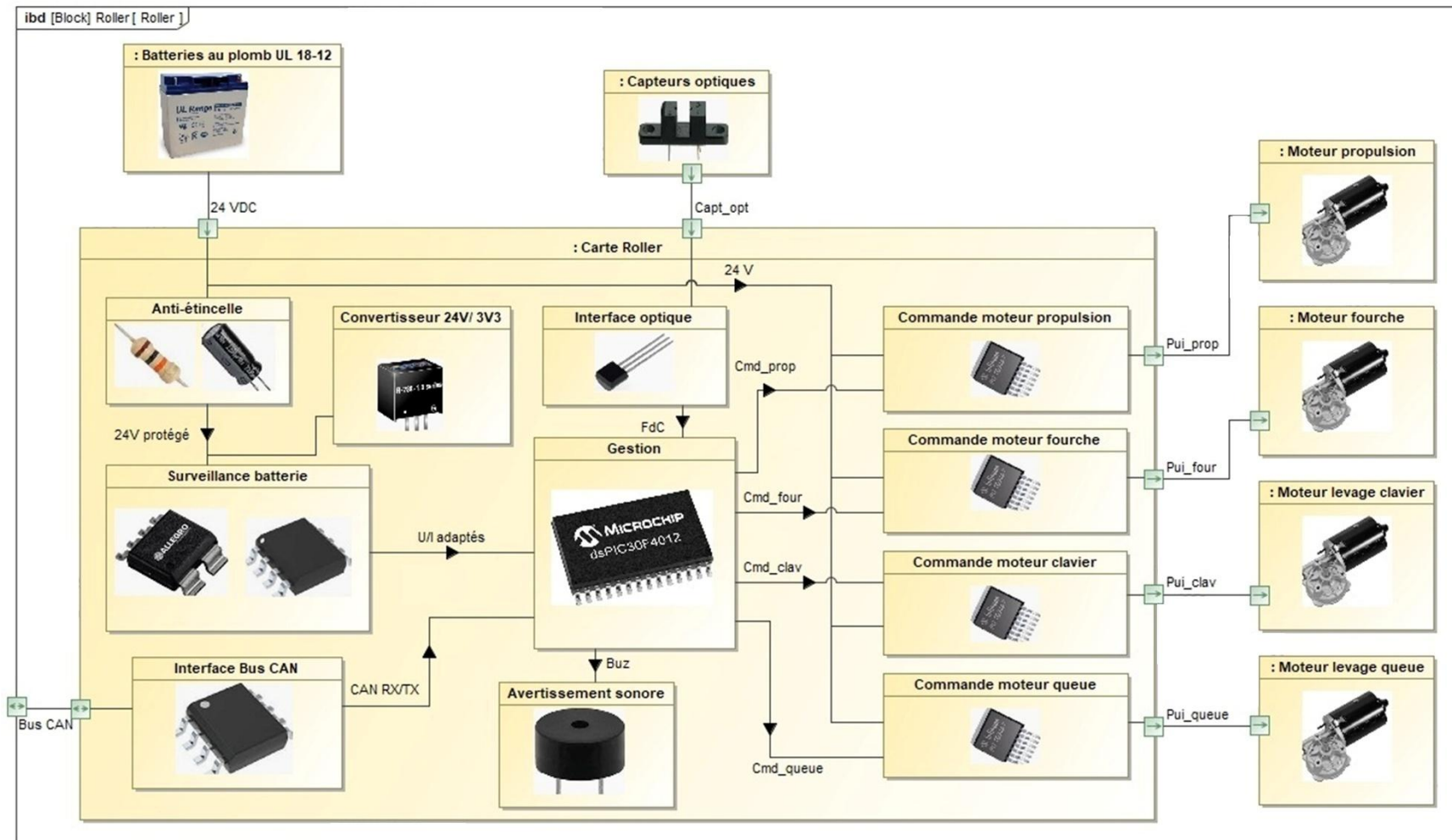


Figure 7 : diagramme de blocs internes de la carte de pilotage d'un roller

8. Diagramme des exigences du produit

La figure 8 présente le diagramme des exigences du produit.

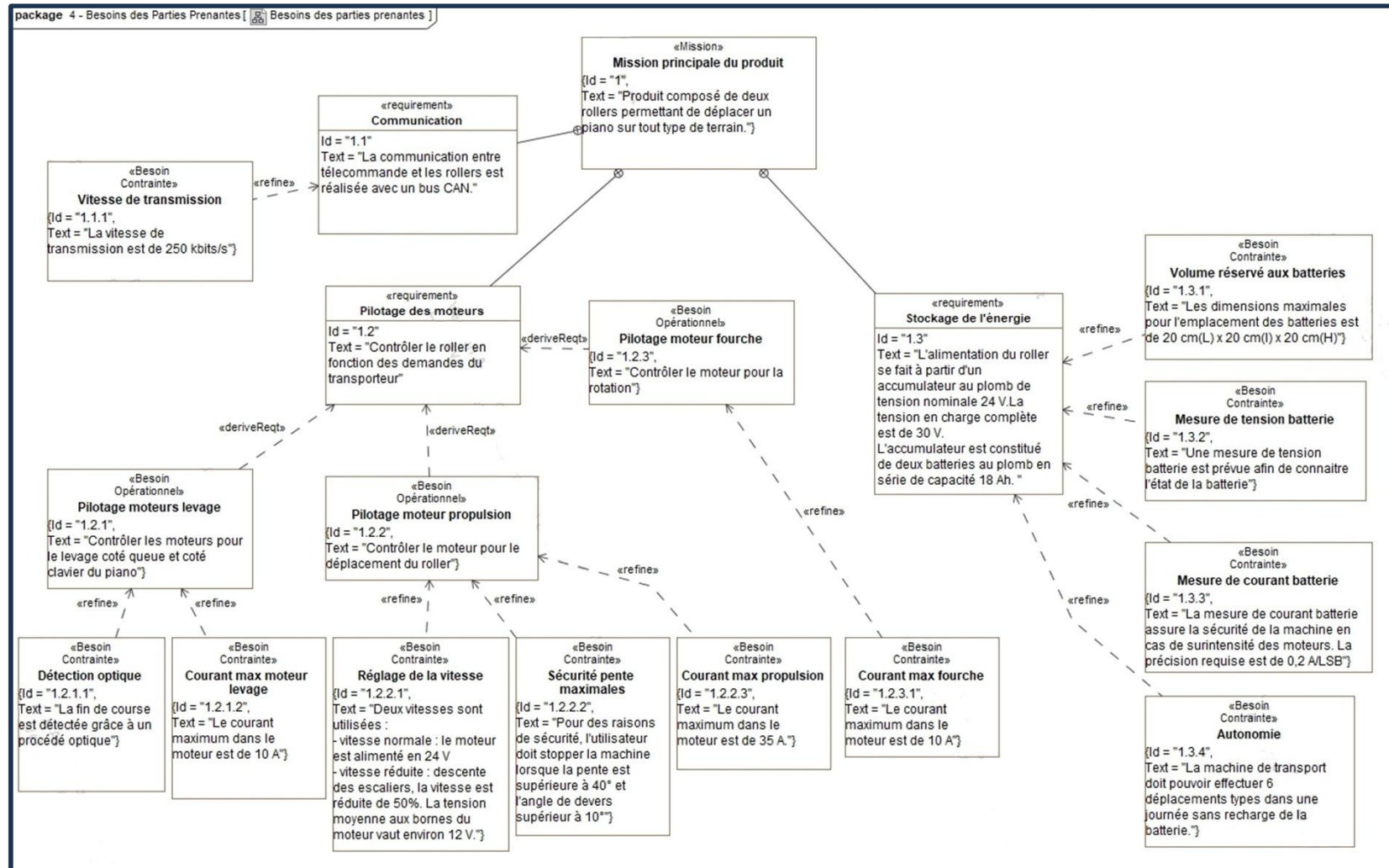


Figure 8 : diagramme des exigences du produit

Le sujet comporte les cinq parties indépendantes suivantes :

- partie 1, traitant de l'analyse de structures matérielles et logicielles ;
- partie 2, traitant de la conception de structures matérielles et logicielles ;
- partie 3, traitant du remplacement de la liaison filaire par une liaison haute fréquence ;
- partie 4, traitant de la protection des pistes du PCB ;
- partie 5, traitant de la détection d'obstacles situés à moins d'un mètre.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page PR6 sur 6

SUJET

Option B Électronique et Réseaux

Domaine professionnel

Durée 4 h

Le bureau d'étude de la société Klavier-Roller envisage l'amélioration de la machine de transport de piano. Diverses analyses doivent donc être effectuées.

Le candidat est considéré comme un technicien supérieur au sein du bureau d'étude de la société Klavier-Roller.

Partie 1 - Analyse de structures matérielles et logicielles

Le technicien concepteur souhaite valider la conception actuelle par rapport au cahier des charges. L'autonomie annoncée d'un roller est de 1/2 heure minimum dans une pente de 40°. Le fonctionnement de la machine est décrit dans le document de présentation.

Q1. Dans la documentation technique des batteries DT1, **relever** la capacité nominale de la batterie utilisée.

Dans chaque roller, les deux batteries utilisées sont montées en série. Lors d'un déplacement dans une montée, le courant moyen mesuré dans l'assemblage des deux batteries est égal à 25 A.

Q2. **Calculer** la durée d'autonomie en heure offerte par les deux batteries d'un roller.

Q3. **Comparer** cette durée avec l'autonomie annoncée par le technicien concepteur et **valider** le choix des batteries au plomb.

Le service après-vente de l'entreprise a fait remonter au bureau d'étude que des clients souhaiteraient une autonomie supérieure du produit. Le technicien concepteur, en lien avec ces demandes, a défini un parcours type. Le roller devra pouvoir effectuer au moins six parcours types dans une journée sans avoir à recharger les batteries. Le profil a été défini comme suit :

- descente du camion pendant 2 minutes (couple moteur nécessaire : 26 N·m) ;
- déplacement sur terrain plat pendant 15 minutes (couple moteur nécessaire : 8 N·m) ;
- montée escalier avec pente 30° pendant 5 minutes (couple moteur nécessaire : 32 N·m) ;
- déplacement sur terrain plat pendant 3 minutes (couple moteur nécessaire : 26 N·m).

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro1 sur 15

La documentation technique DT2 présente les caractéristiques du moteur propulsion.

- Q4. Compléter** le tableau du document réponse DR-Pro1 afin de donner les valeurs de courant consommé par le moteur propulsion en fonction du couple moteur fourni (noté M dans la documentation technique DT2).
- Q5. Reporter** ces valeurs de courant sur la courbe $I = f(t)$ du document réponse DR-Pro1.
- Q6.** Pour ce parcours type, **montrer** que la consommation est d'environ 3,7 A.h.
- Q7. Calculer** la consommation totale pour respecter l'exigence Id=1.3.4 du diagramme des exigences. **Justifier** alors la nécessité d'envisager le changement des batteries.

L'analyse précédente a mis en évidence que la chaîne d'énergie du produit ne répond pas aux exigences du cahier des charges.

Les concepteurs décident de valider l'architecture matérielle et logicielle nécessaire à la surveillance de l'état des batteries. Cette surveillance implique la mesure de la tension en sortie des batteries VBAT et du courant I_{BAT} fourni par l'assemblage en série des deux batteries. La figure 9 présente le schéma structuré de la fonction « Surveillance batterie », en lien avec le diagramme de blocs internes (IBD).

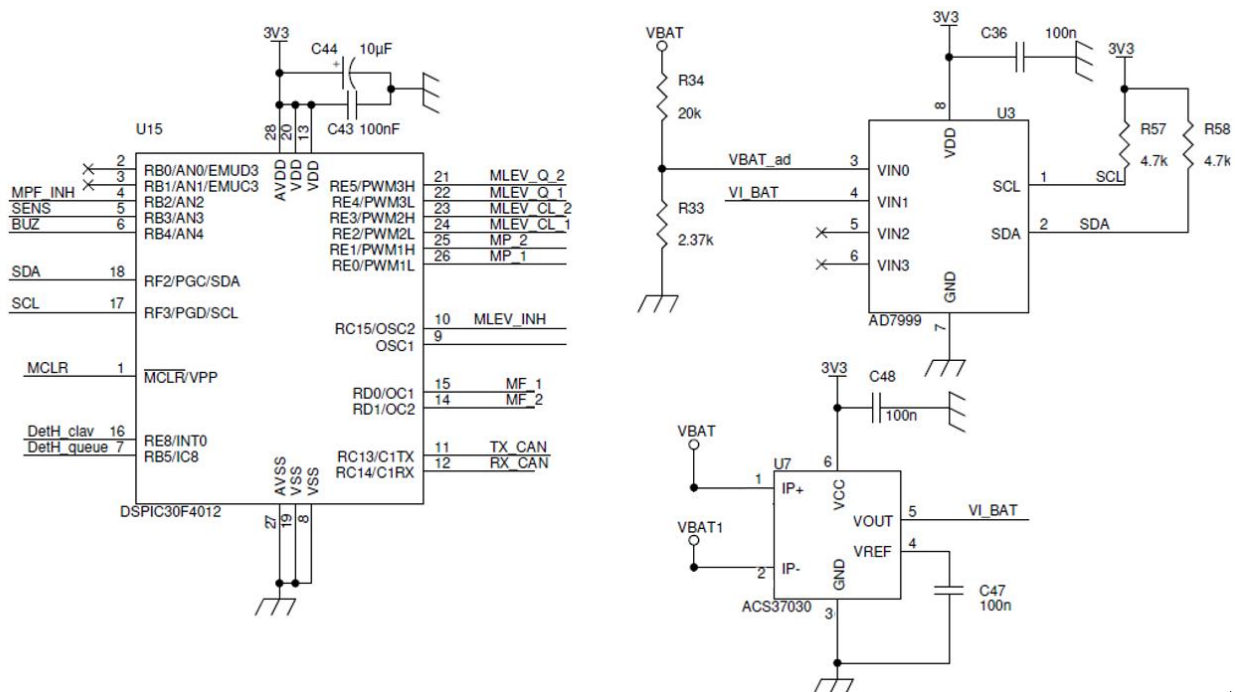


Figure 9 : schéma structuré de la fonction « Surveillance batterie »

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro2 sur 15

Afin de mesurer le courant batterie, le technicien concepteur a choisi un capteur à effet hall de référence ACS37030 (U7) qui se branche en série avec les batteries comme un ampèremètre. Il permet de donner une tension V_{I_BAT} , image du courant I_{BAT} (noté I_P dans la documentation technique DT3). Il est nécessaire d'adapter la tension V_{BAT} pour qu'elle puisse être numérisée par le convertisseur analogique-numérique AD7999 (U3). Le courant d'entrée du convertisseur analogique-numérique U3 est considéré comme négligeable.

- Q8.** Donner l'expression de la tension adaptée V_{BAT_ad} en fonction de V_{BAT} , R_{33} et R_{34} et **calculer** la valeur numérique de V_{BAT_ad} pour $V_{BAT} = 30\text{ V}$.
- Q9.** Dans la documentation technique DT3, **relever** la valeur de la sensibilité typique du capteur à effet hall et la valeur de la tension V_{I_BAT} lorsque le courant mesuré vaut 0 A ($I_P = 0\text{ A}$).
- Q10.** Sur la caractéristique $V_{I_BAT} = f(I_{BAT})$ du document réponse DR-Pro2, **compléter** les valeurs de tension correspondantes aux courants $I_{BAT} = 0\text{ A}$ et $I_{BAT} = 35\text{ A}$.

Les mesures sont numérisées grâce au convertisseur analogique numérique U3 sur la figure 9) dont la tension de référence V_{REF} est $3,3\text{ V}$.

- Q11.** **Relever** la résolution du convertisseur U3 dans la documentation technique du convertisseur analogique numérique DT4 et **montrer** que le quantum de ce convertisseur analogique-numérique est de $12,9\text{ mV}$.

Le cahier des charge indique que la précision de mesure est de $0,2\text{ A}\cdot\text{LSB}^{-1}$. Pour vérifier cette exigence, le technicien supérieur calcule l'erreur liée à la numérisation, qui s'écrit :

$$\varepsilon = \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{N_{MAX} - N_{MIN}} \quad \text{exprimée en } \text{A}\cdot\text{LSB}^{-1}$$

- Q12.** **Compléter** le tableau du document réponse DR-Pro2 avec les valeurs de V_{I_BAT} et les valeurs numériques minimale N_{MIN} et maximale N_{MAX} du convertisseur analogique numérique.
- Q13.** **Calculer** l'erreur de mesure du courant ε exprimée en $\text{A}\cdot\text{LSB}^{-1}$.
- Q14.** **Comparer** cette erreur avec la précision de mesure indiquée et **justifier** la nécessité d'une évolution du schéma de cette fonction.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro3 sur 15

Après avoir analysé la structure matérielle de la fonction « Surveillance batterie », le technicien valide la structure logicielle de cette même fonction.
Lors de mesures à vitesse réduite de la machine, le technicien a relevé l'allure du courant I_{BAT} produit par la batterie (figure 10).

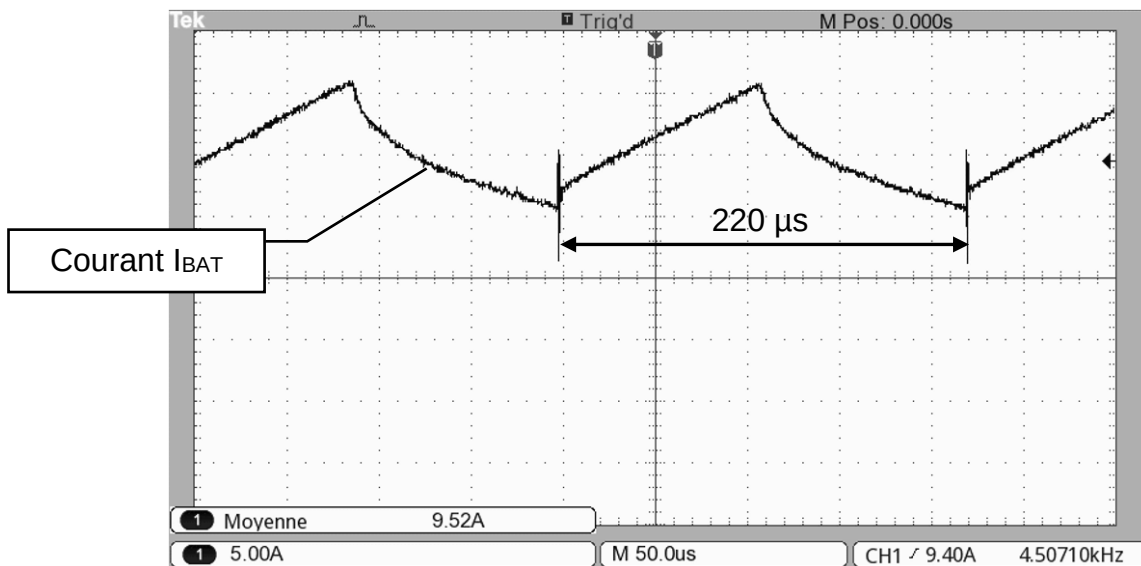


Figure 10 : relevé du courant I_{BAT}

Q15. Donner la valeur moyenne du courant I_{BAT} à partir du relevé figure 10.

Le pseudo-code suivant décrit l'algorithme de la fonction logicielle « mesure du courant I_{BAT} » qui traite les valeurs numérisées du courant I_{BAT} .

Variables :

valeur_ADC : entier 8 bits

somme, moyenne : réel

courant_moyen : réel

Début :

somme = 0

Pour i de 1 jusqu'à 20 par pas de 1 // Lecture de 20 échantillons du
// courant à intervalles réguliers

 valeur_ADC = lecture du convertisseur AN

 somme = somme + valeur_ADC

 attendre 11 μs

Fin Pour

moyenne = somme / 20 // Calcul de la moyenne des valeurs ADC

courant_moyen = conversion_ADC_en_ampere(moyenne)

Fin

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro4 sur 15

Q16. Indiquer la structure algorithmique utilisée dans le pseudo-code précédent parmi les quatre propositions suivantes :

- linéaire ;
- conditionnelle ;
- itérative à nombre d'itérations connu ;
- itérative à nombre d'itérations inconnu.

Q17. En prenant en compte la période du signal et le nombre d'échantillons pour effectuer la moyenne, **justifier** la valeur du délai 11 μs à la ligne « attendre 11 μs ».

Le technicien envisage désormais de valider la communication entre la télécommande et les deux rollers via une liaison CAN, en vérifiant tout d'abord la conformité des trames CAN. Un relevé de la tension différentielle sur la liaison CAN entre la télécommande et les rollers a été effectué par le technicien (document réponse DR-Pro3). La documentation technique DT5 présente le norme bus CAN.

Q18. Calculer la durée d'un bit et en **déduire** la vitesse de transmission en $\text{bits}\cdot\text{s}^{-1}$. **Conclure** sur la norme CAN utilisée.

Q19. Compléter les quatre niveaux de tension sur le chronogramme du document réponse DR-Pro3. **Valider** ces quatre niveaux de tension CANH et CANL par rapport à la norme bus CAN (documentation technique DT5) en cochant la case appropriée sur le document DR-Pro3.

Q20. À partir de la documentation technique DT5, **compléter** les noms des signaux (CANH et CANL) sur le chronogramme du document réponse DR-Pro3.

Le technicien procède maintenant à la validation du fonctionnement de la messagerie CAN, dont la description se trouve dans la documentation technique DT6. Il s'intéresse d'abord au champ d'arbitrage.

Un zoom du champ « Identifiant + RTR » d'une trame de donnée est présenté sur le document réponse DR-Pro4.

Q21. Sur le zoom de la trame du document réponse DR-Pro4, **indiquer** la valeur des niveaux logiques des bits correspondant à l'identifiant ainsi que le bit RTR.

Q22. Reporter dans le tableau DR Pro4, la valeur hexadécimale de l'identifiant en précisant le roller correspondant ainsi que le type de la trame indiqué par le bit RTR.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Pro5 sur 15

Le technicien vérifie maintenant la conformité du contenu des trames CAN échangées par rapport à la messagerie CAN. Il effectue le relevé à l'oscilloscope figure 11 qui représente une trame de donnée échangée entre la télécommande et un des deux rollers lors d'un appui sur une touche de la télécommande.

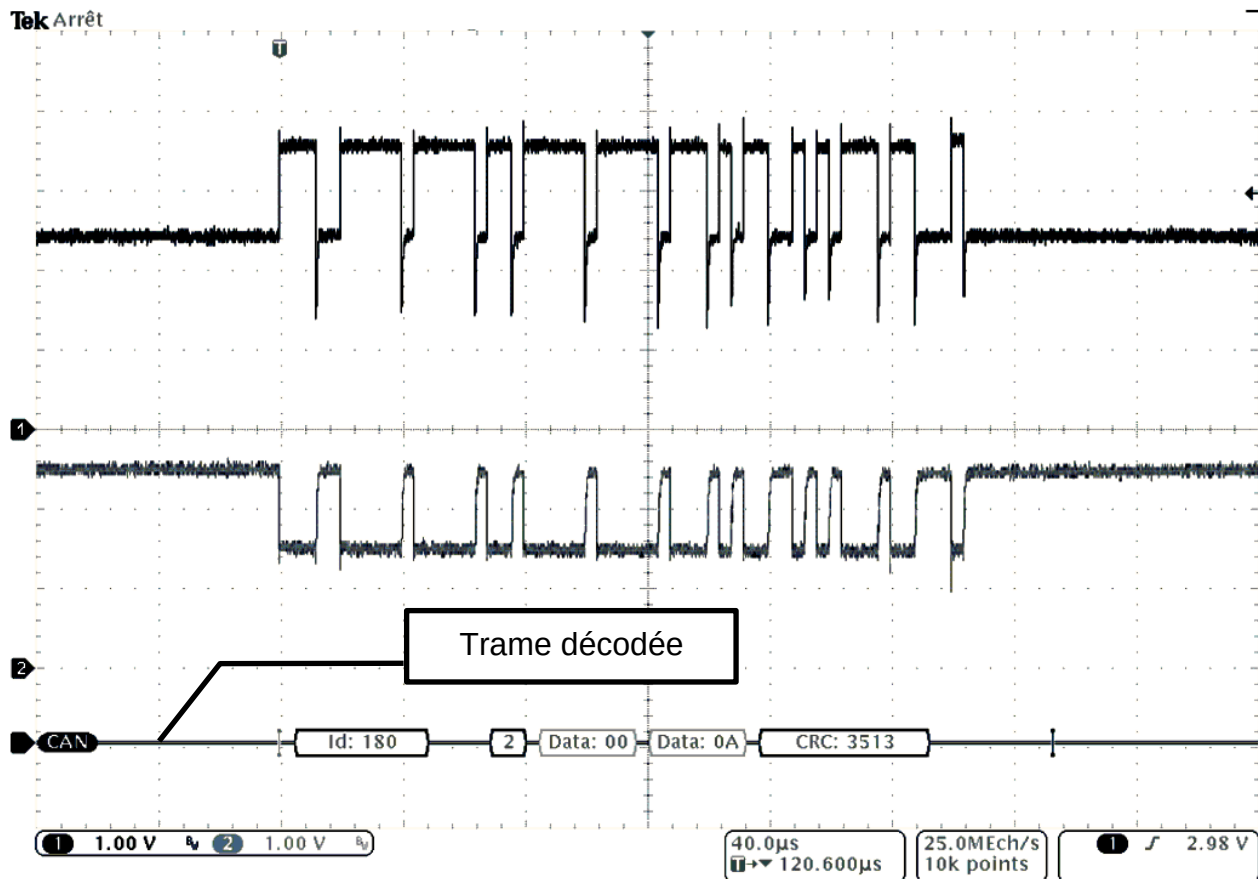


Figure 11 : relevé de la trame de donnée

Q23. À partir de la trame de donnée décodée figure 11, **relever** et **reporter** la valeur hexadécimale du champ « Données sur 16 bits » dans le tableau du document réponse DR-Pro5. En **déduire** la valeur binaire et la commande envoyée au roller N°2 sélectionné à l'aide de la documentation technique DT6.

Le relevé à l'oscilloscope figure 12 représente une trame de requête suivi d'une trame de donnée entre la télécommande et un des deux rollers afin de connaître le niveau de batterie. Remarque : le décodage de la trame sur l'oscilloscope n'affiche pas la valeur du bit RTR.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro6 sur 15

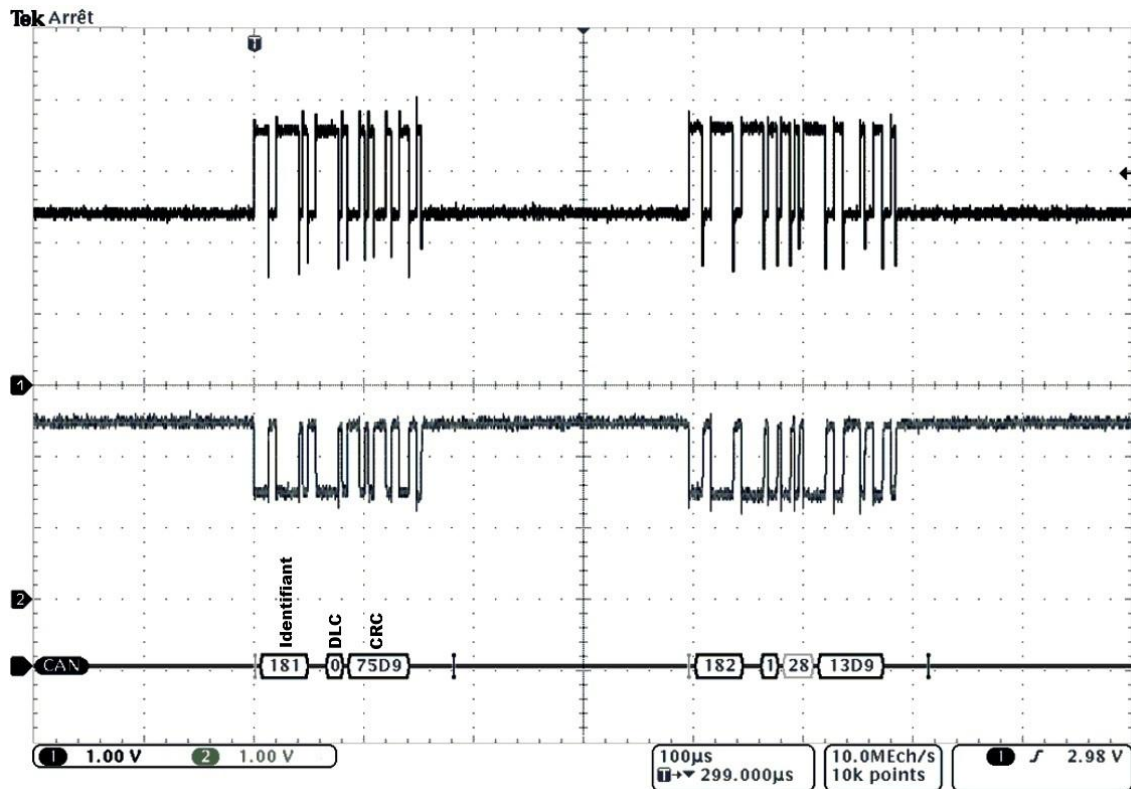


Figure 12 : relevé de la demande état batterie

Q24. À partir l'oscillogramme figure 12, **relever** et **reporter** dans le tableau du document réponse DR-Pro5 la valeur hexadécimale correspondant à la donnée reçue puis la **convertir** en décimal pour obtenir le niveau de batterie en %.

Le technicien s'intéresse maintenant aux structures permettant le pilotage des moteurs.

Une structure appelée pont en H permet de contrôler l'énergie délivrée à chacun des quatre moteurs d'un roller dans les deux sens de rotation. Ce pont en H est réalisé autour de deux composants BTN8982 appelés demi-ponts (U21 et U22). Le schéma structurel de la fonction « Commande moteur propulsion », en lien avec l'IBD, est donné figure 13.

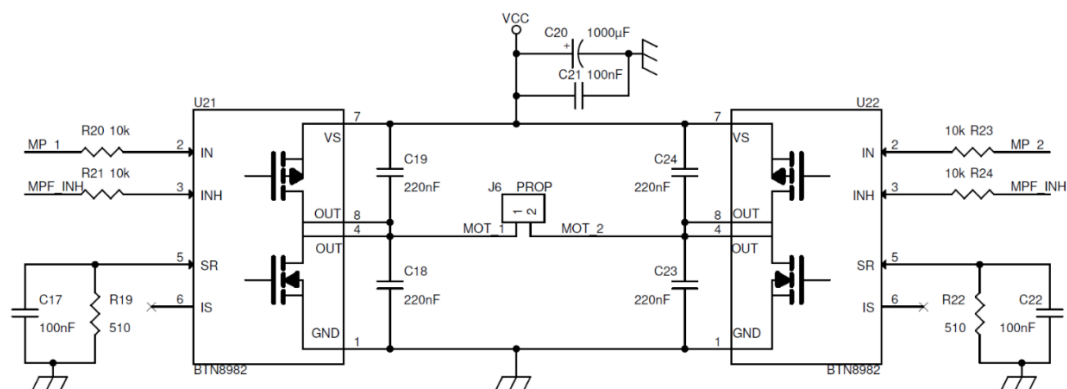


Figure 13 : schéma structurel du pont en H

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Pro7 sur 15

Afin de valider le fonctionnement du pont en H, le schéma réel peut être simplifié en remplaçant les transistors MOSFET des demi-ponts par des interrupteurs commandés parfaits.

Q25. Choisir parmi les quatre propositions de schéma A, B, C ou D (figure 14) celle qui permet la rotation du moteur. Sachant que la tension V_{BAT} vaut 24 V, **en déduire** la valeur de la tension V_{MOT} pour la proposition retenue.

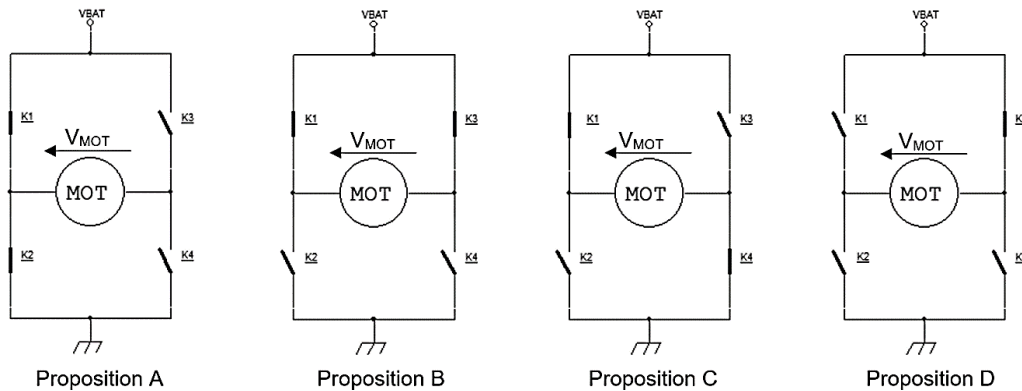


Figure 14 : propositions de schéma du pont en H

Un parcours type nécessite de réduire la vitesse de propulsion. Les signaux de commande MP_1 et MP_2 des deux demi-ponts sont de forme rectangulaire afin de diminuer la tension V_{MOT} et donc la vitesse. L'oscillogramme de la figure 15 représente le relevé des signaux pour le demi-pont U21:

- signal de commande MP_1 (voie 1) ;
- tension V_{MOT} (voie M).

La relation théorique entre la valeur moyenne de V_{MOT} $V_{MOTmoyen}$ et V_{BAT} s'écrit : $V_{MOTmoyen} = \alpha \cdot V_{BAT}$.

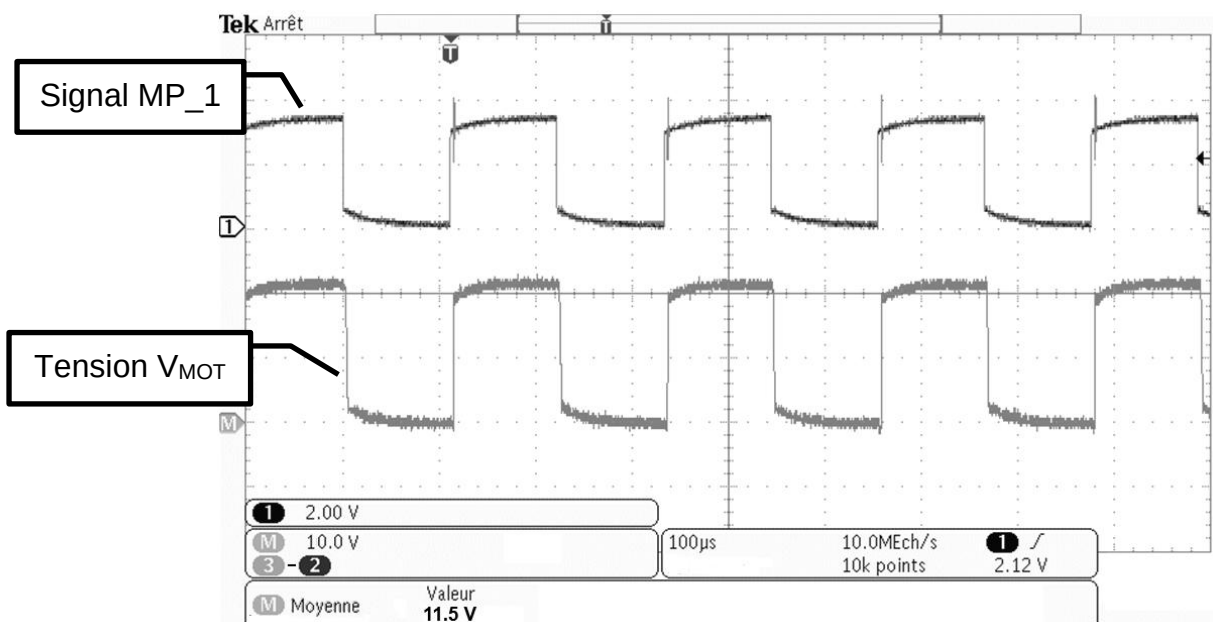


Figure 15 : relevés du pilotage du moteur propulsion

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Pro8 sur 15

- Q26.** À partir du relevé figure 15, **estimer** le rapport cyclique α du signal de commande MP_1. **Montrer** que la valeur moyenne théorique de la tension aux bornes du moteur $V_{MOTmoyen}$ approche la valeur moyenne lue sur la figure 15.
- Q27.** À partir de cette valeur de tension $V_{MOTmoyen}$ et à l'aide de l'exigence Id=1.2.2.1 du diagramme des exigences, **relever** le type de vitesse et le profil de déplacement de la machine.

Le technicien supérieur a détecté un problème concernant le pilotage du moteur propulsion. Dans des cas rares, comme une forte charge et une pente maximale de 40°, les composants de puissance BTN8982 peuvent se mettre en défaut thermique entraînant une coupure temporaire de l'alimentation du moteur, le temps du refroidissement.

- Q28.** Dans la documentation technique DT7 du BTN8982, **relever** la température de jonction typique appelée T_{JSD} (Thermal Shut Down Junction Temperature) pour laquelle le composant se met en défaut thermique.

Une modification des structures doit être envisagée, car le produit actuel ne prévoit aucun monitoring de température, empêchant ainsi tout contrôle.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro9 sur 15

Partie 2 - Conception de structures matérielles et logicielles

La version actuelle de la machine de transport a été mise en service en 2017. Les retours des clients ont permis de mettre en évidence la nécessité d'apporter des améliorations sur les cinq parties suivantes :

- autonomie de la batterie ;
- indication de l'état de charge batterie ;
- sécurité anti-basculement ;
- sécurité thermique contrôleur moteur ;
- suivi des paramètres d'un roller en vue d'une maintenance prédictive.

Amélioration de l'autonomie de la batterie

Les batteries de la version actuelle sont prévues pour autoriser un fonctionnement de 30 minutes minimum en forte pente (40°).

La machine de transport devra pouvoir effectuer au moins six parcours types dans une journée sans recharge des batteries. Ce manque d'autonomie peut être résolu en remplaçant les batteries au plomb par une ou deux batteries Lithium-ion.

Les concepteurs ne souhaitent pas modifier l'espace réservé des batteries. La consommation d'un parcours type est estimée à environ 4 A·h.

Les spécifications techniques des batteries Lithium-ion proposées par le fournisseur se trouvent sur la documentation technique DT8. Le volume maximum est précisé dans l'exigence Id =1.3.1 du diagramme des exigences.

Q29. En remplacement des deux batteries au plomb, **choisir** une nouvelle référence de batterie Lithium-ion respectant les critères suivants :

- la ou les nouvelles batteries doivent tenir dans l'espace réservé ;
- la tension nominale initiale ;
- la capacité des batteries doit être la plus grande possible.

Q30. **En déduire**, à partir de la solution choisie pour la batterie Lithium-ion, le nombre de parcours type que pourra effectuer la machine de transport puis **conclure**.

Amélioration de l'indication de l'état de charge batterie

Pour améliorer la précision de l'estimation de l'état de charge, il est envisagé de mesurer le courant consommé en plus de la tension batterie. Une mesure précise est indispensable, et comme les capteurs à effet Hall manquent de précision, un capteur à résistance shunt serait une alternative plus adaptée.

Le technicien concepteur propose d'utiliser le circuit spécialisé INA791 dont les spécifications et un schéma d'application se trouvent dans la documentation technique DT9.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Pro10 sur 15

Q31. Par rapport au courant maximum $I_{BATmax} = 35 \text{ A}$ délivré par les batteries, **vérifier** que le composant INA791 convient pour effectuer la mesure de courant.

On désire obtenir une tension de sortie V_{OUT} (broche OUT) de l'INA791 égale à 3,2 V pour un courant $I_{BATmax} = 35 \text{ A}$. La documentation technique précise que V_{OUT} se calcule avec la formule suivante :

$$V_{OUT} = A \times I_{SHUNT} \quad \text{avec Amplification : } A = 0,02 \times \left(1 + \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}}\right)$$

Q32. **Calculer** le rapport de l'amplification désirée de l'INA791 entre la tension V_{OUT} et I_{BAT} exprimé en $V \cdot A^{-1}$.

On fixera la résistance R_{FB2} égale à 11,8k Ω . Les valeurs normalisées des résistances pour la série E96 se trouvent dans la documentation technique DT10.

Q33. **Calculer** puis **proposer** une valeur de résistance R_{FB1} choisie dans la série E96.

Q34. **Compléter** le schéma structurel (avec des liaisons et les 2 résistances R_{FB1} et R_{FB2}) sur le document réponse Dr-Pro5 sachant que la sortie OUT du composant INA791 est reliée à une des entrées du convertisseur analogique-numérique AD7999.

Le quantum du convertisseur analogique-numérique vaut 12,9 mV.

Rappel : la précision de mesure attendue est de 0,2 A·LSB⁻¹ et se calcule par :

$$\varepsilon = \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{N_{MAX} - N_{MIN}} \quad \text{exprimée en A·LSB}^{-1}$$

Q35. **Compléter** le tableau du document réponse DR-Pro6 afin de déterminer les nouvelles valeurs numériques minimale N_{MIN} et maximale N_{MAX} du convertisseur analogique-numérique.

Q36. **Vérifier** que la précision de mesure est bien améliorée et résout l'insatisfaction.

Amélioration de la sécurité anti-basculement

La machine de transport est prévue pour gravir des pentes de 40° maximum. Le transport des pianos est aussi possible en dévers mais l'angle ne doit pas dépasser 10°. Ces pentes ne sont pas facilement estimables par l'opérateur. Une sécurité anti-basculement, par avertissement sonore, sécuriserait ces transports dans des conditions particulières.

Les concepteurs envisagent de doter le système d'un accéléromètre ADXL327. Celui-ci délivre trois grandeurs analogiques correspondantes aux trois accélérations en g selon les trois axes x, y et z.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro11 sur 15

Les généralités sur les accéléromètres sont données dans la documentation technique DT11. Les caractéristiques techniques de l'accéléromètre ADXL327 sont données dans la documentation technique DT12. Le constructeur spécifie que les accélérations subies par la machine resteront inférieures à +/- 1,2 g.

Q37. Relever la plage de mesure exprimée en g et **en déduire** si ce modèle d'accéléromètre répond bien à la spécification attendue.

Un convertisseur analogique/numérique numérise les accélérations. Le composant U3 de référence AD7999 (documentation technique DT4), présent sur le schéma d'origine, ne convient plus. Le nombre d'entrées analogiques est insuffisant. Le technicien concepteur suggère d'utiliser un nouveau composant, l'ADS7828 (documentation technique DT13).

Q38. À partir des documentations techniques (DT4 et DT13), **compléter** le tableau DR-Pro6 en précisant pour chacun des deux composants, les caractéristiques suivantes :

- le nom du bus numérique utilisé avec le microcontrôleur ;
- la résolution ;
- le nombre d'entrées analogiques.

Q39. Compléter les tableaux DR-Pro6 avec l'adresse I²C de l'ADS7828 en prenant A1 = A0 = 0 puis **convertir** ces octets d'adresse en hexadécimal pour une écriture (R/ $\bar{W}$ = 0) puis pour une lecture (R/ $\bar{W}$ = 1).

Q40. Compléter le schéma structurel sur le document réponse DR-Pro7 :

- fixer les lignes A0 et A1 de l'ADS7828 ;
- relier l'ADS7828 au microcontrôleur (U15) via le bus I²C, Rp1 et Rp2 sont les résistances de pull-up des signaux SDA et SCL.

Un extrait du code en langage C est donné dans le document réponse DR-Pro7. Ce code décrit une fonction `lecture_ADC` qui renvoie un mot de 16 bits correspondant à la valeur numérisée par le convertisseur ADS7828.

Q41. Sur le document-réponse DR-Pro7, **compléter** les valeurs manquantes du code de la fonction `lecture_ADC`.

Q42. Sur le document-réponse DR-Pro8, en s'aidant du code de la fonction `tangage` et de la documentation technique DT11, **compléter** le code d'une nouvelle fonction nommée `roulis` qui renvoie la valeur de l'angle de roulis en degré.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro12 sur 15

Amélioration de la sécurité thermique du contrôleur moteur

Pour rappel, l'alimentation du moteur de propulsion peut être interrompue en cas de surchauffe des composants de puissance BTN8982, ceux-ci se mettant en défaut thermique. Ce problème peut être remédié par un contrôle de la température.

La solution retenue consiste à remplacer les deux composants BTN8982 par un nouveau composant VNH7040 qui intègre un monitoring de la température. Le nouveau schéma structurel est présenté figure 16. La documentation technique du composant VNH7040 est donnée dans la documentation technique DT14.

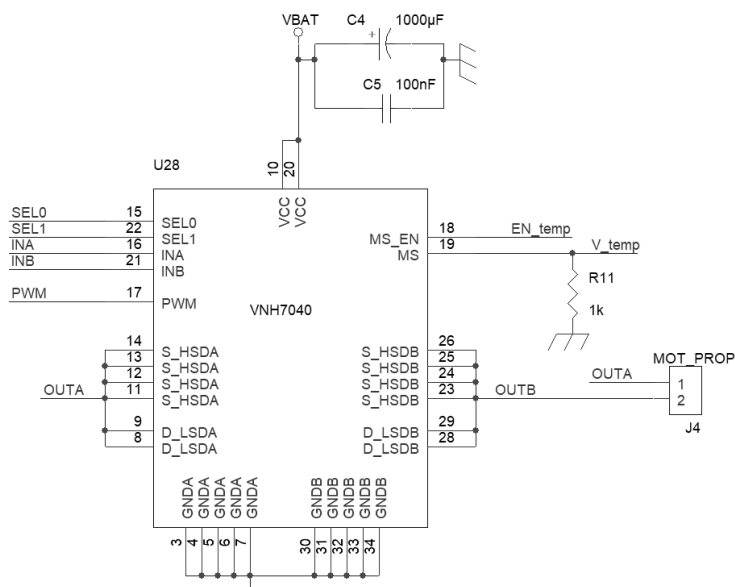


Figure 16 : schéma structurel du VNH7040

Q43. À partir de la table de vérité donnée dans la documentation technique DT14, **donner** les niveaux logiques à appliquer sur les broches : SEL0, SEL1 et MS_EN afin de réaliser la fonctionnalité Chip Temperature Monitoring.

Grâce à une mesure de la tension image de la température (signal V_temp), le microcontrôleur ajuste automatiquement le rapport cyclique du signal PWM en fonction de la température de jonction, réduisant l'échauffement du composant.

La figure 17 représente l'évolution du rapport cyclique désiré en fonction de la température de jonction du composant VNH7040 :

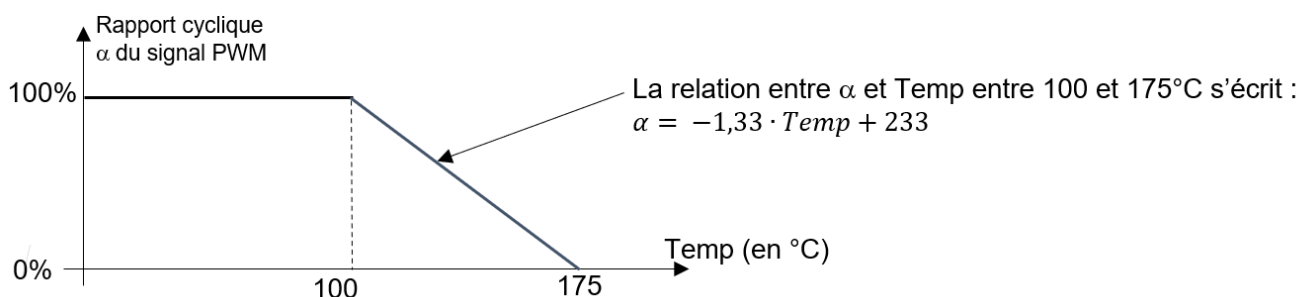


Figure 17 : évolution du rapport cyclique en fonction de la température

Q44. **Compléter** le code écrit en langage C sur le document réponse DR-Pro8 permettant de réaliser la fonction `calculAlpha` à partir de la courbe α en fonction de la température.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro13 sur 15

L'algorithme présenté dans le document réponse DR-Pro9 décrit le module logiciel de gestion des sécurités. Il vise à protéger la machine et les équipements contre le basculement, la surchauffe du contrôleur moteur de propulsion et les surintensités batterie.

Q45. Compléter l'algorithme sur le document réponse DR-Pro9 afin de gérer les trois sécurités en considérant que les seuils d'alerte sont :

- 35 A pour le courant I_{BAT} ;
- 10° pour l'angle de roulis ;
- 40° pour l'angle de tangage ;
- 100°C pour la température du contrôleur moteur.

Amélioration de la maintenance prédictive

Un suivi de la distance totale parcourue, de la durée d'utilisation et du nombre de cycles de charge/décharge des batteries caractérise le taux d'usure des différents éléments d'un roller.

Le technicien concepteur envisage une connexion au réseau d'entreprise via WiFi en équipant chaque roller d'une passerelle CAN/WiFi.

Un nouvel ordinateur dénommé Serveur CAN, connecté au réseau local, permettra de recueillir, analyser et communiquer les données des rollers.

La figure 18 présente le plan d'un réseau typique, auquel ont été ajoutés les nouveaux équipements : le Serveur CAN et les rollers.

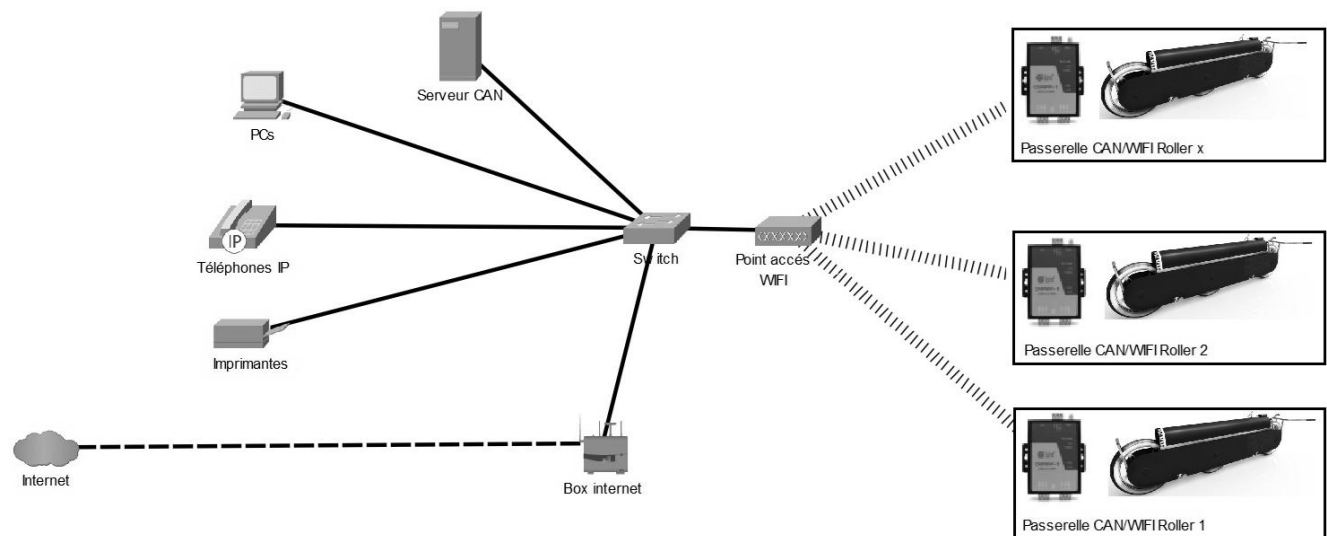


Figure 18 : plan d'un réseau typique

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Pro14 sur 15

L'adresse du réseau est 192.168.1.0/24. Le plan d'adressage IP du réseau local est donné figure 19 :

Équipement	Adresse IP	Passerelle	Serveur DNS
Box internet	192.168.1.254		
PCs de l'entreprise	DHCP	DHCP	DHCP
Téléphones IP	De 192.168.1.1 à 192.168.1.19	192.168.1.254	192.168.1.254
Imprimantes	De 192.168.1.20 à 192.168.1.49	192.168.1.254	192.168.1.254

Figure 19 : plan d'adressage IP

La box internet intègre un service DHCP paramétré comme suit :

- attribution automatique des adresses de la plage 192.168.1.50/24 à 192.168.1.199/24 ;
- passerelle : 192.168.1.254 ;
- DNS : 192.168.1.254.

Un extrait du catalogue du fournisseur de passerelles CAN est donné dans la documentation technique DT15.

La figure 20 présente le diagramme partiel des exigences dans le cadre de l'amélioration de la maintenance prédictive.

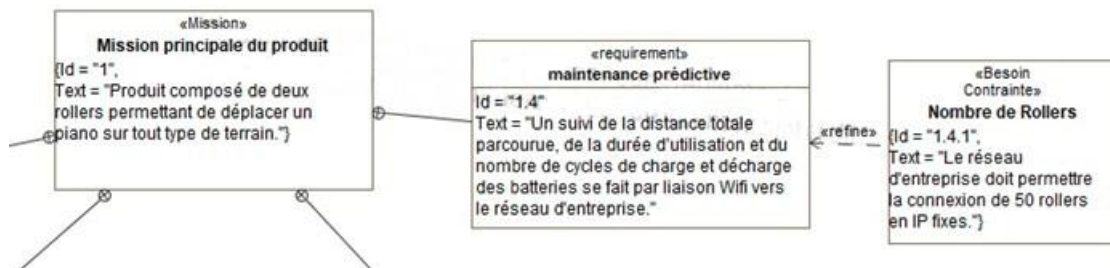


Figure 20 : diagramme partiel des exigences

Q46. Choisir la référence du modèle de passerelle CAN qui équipera les rollers.

L'adressage du serveur CAN et des rollers sera réalisé en IP statique, à partir des adresses disponibles dans la plage non allouée par le service DHCP.

Q47. Après avoir choisi une adresse IP fixe disponible, **proposer** une configuration IP (adresse IP, masque, passerelle et DNS) pour le nouveau serveur CAN.

Q48. En tenant compte du nombre d'adresses IP encore disponibles, **déterminer** le nombre de rollers pouvant être connectés au réseau IP.

Q49. Vérifier que ce nombre de rollers connectables respecte bien le nouveau cahier des charges.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Pro15 sur 15

SUJET
Option B – Électronique et Réseaux
Domaine de la physique

Durée 2 h

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes :

- partie 3 : remplacement de la liaison filaire par une liaison haute fréquence ;
- partie 4 : protection des pistes du PCB ;
- partie 5 : détection d'obstacles situés à moins d'un mètre.

Présentation

La société Klavier-Roller produisant le système de levage et de transport de piano a rencontré plusieurs difficultés durant la phase de prototypage dont notamment la destruction des pistes du circuit imprimé lors de la connexion des batteries d'alimentation.

Par ailleurs, elle souhaite étudier la possibilité de remplacer la télécommande filaire par un système de pilotage HF et ajouter une aide à l'utilisation qui détecterait les obstacles masqués par le système.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Ph1 sur 12

Partie 3 – Remplacement de la liaison filaire par une liaison haute fréquence

La société qui fabrique le Klavier-Roller souhaite remplacer la commande filaire par une liaison haute fréquence (HF) à 433 MHz modulée en GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying).

L'objectif de cette partie est de vérifier que la liaison HF respecte le cahier des charges suivant :

- taille de l'antenne limitée à 20 cm ;
- débit supérieur à 90 kbauds ;
- portée supérieure à 10 m.

Pour cela, on donne les réponses impulsionnelle et fréquentielle, ainsi que les spectres de la transmission.

Longueur de l'antenne

Q50. Donner la nature des ondes utilisées dans une transmission hautes fréquences (HF).

La célérité des ondes électromagnétiques dans l'air, notée c , vaut $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q51. Calculer la longueur d'onde de cette liaison.

Q52. Déterminer la longueur L de l'antenne de réception si celle-ci est une antenne fouet quart-d'onde.

Q53. Conclure sur la validation d'un point du cahier des charges.

Limitation spectrale

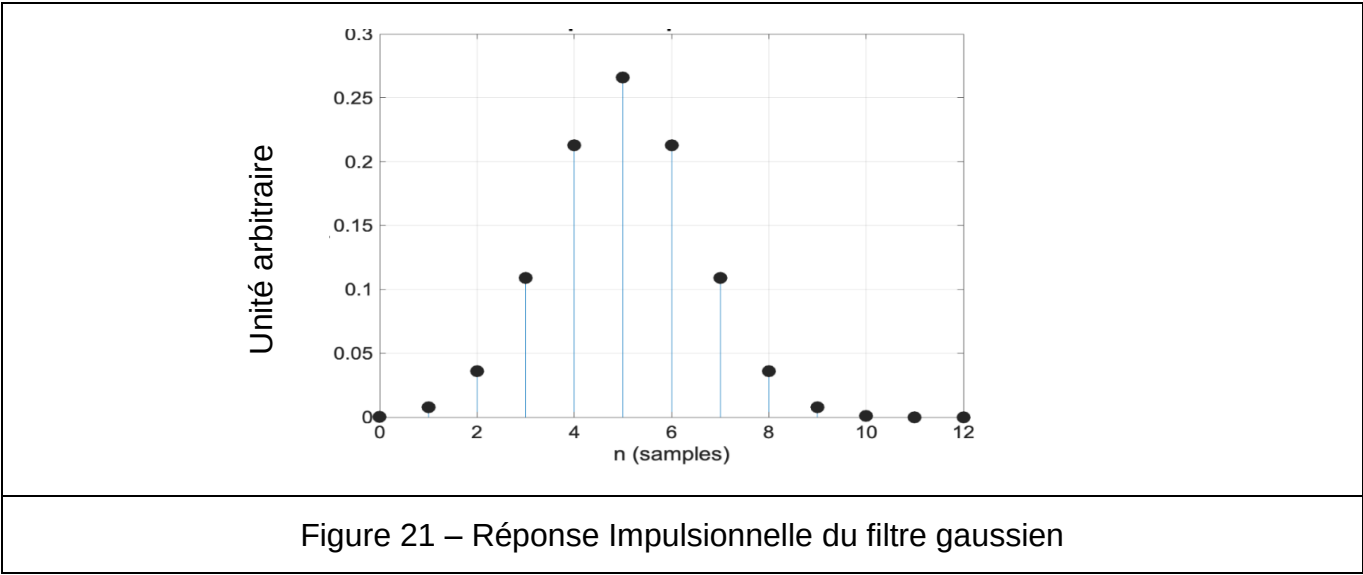
Pour limiter la bande passante du signal à émettre, l'information transmise par la liaison est préalablement filtrée par un filtre gaussien. La courbe de gain est donnée sur **le document réponses à rendre avec la copie**.

Q54. Mesurer graphiquement la fréquence de coupure à -3 dB, notée F_c , et l'indiquer sur le **document réponses à rendre avec la copie**.

Q55. Donner la nature du filtre.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Ph2 sur 12

La réponse impulsionnelle du filtre numérique gaussien est donnée figure 21.



Q56. Justifier, à l’aide de la figure 21, que le filtre gaussien est stable.

Caractéristiques du signal émis

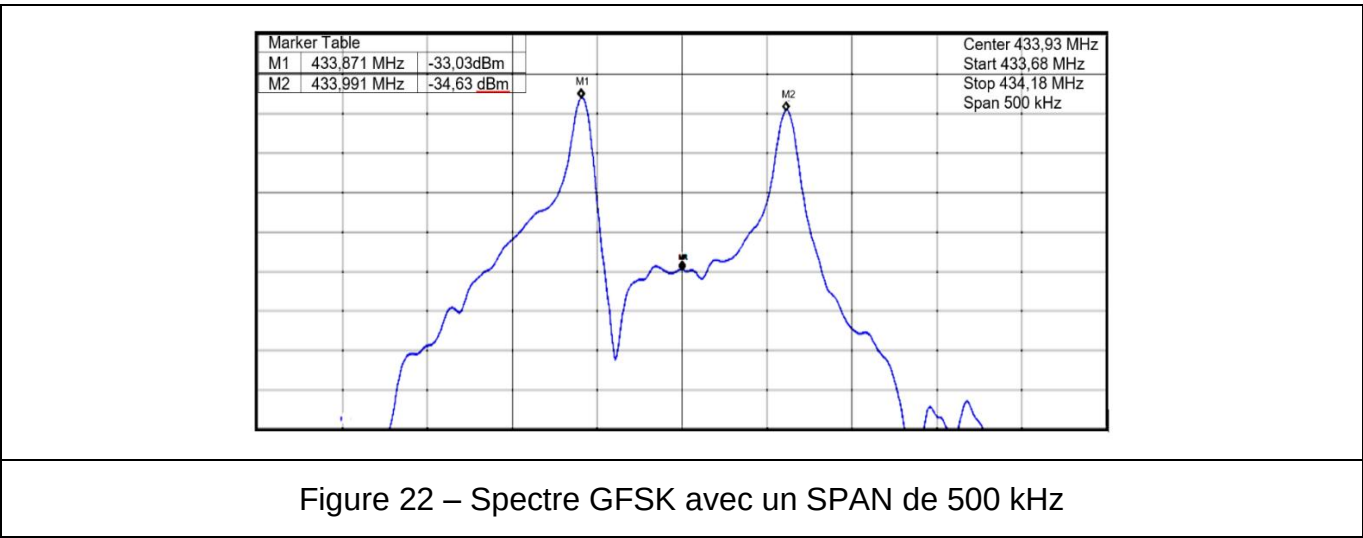
Lors d’une communication entre la télécommande et le roller, un technicien supérieur a relevé le spectre de la modulation GFSK (**document réponses** et figure n°22).

Q57. Relever la valeur de la fréquence porteuse, notée F_p , et **indiquer** sa valeur sur le **document réponses à rendre avec la copie**.

Q58. Préciser la puissance émise, notée P_{dBm} , et **déterminer** sa valeur P exprimée en watts, à l’aide du **document réponses rendre avec la copie**.

Q59. Montrer, à l’aide d’une construction graphique sur le **document réponses à rendre avec la copie**, que la bande encombrée à -3 dB, notée B , vaut environ 615 kHz.

Le spectre de la figure 22 est obtenu avec un SPAN de 500 kHz, soit 50 kHz / div.



Q60. Identifier les deux fréquences, fréquence basse F_L et fréquence haute F_H , de la modulation GFSK à l'aide de la figure 22.

Dans une modulation GFSK, la bande passante, notée B , est liée à la vitesse de transmission, notée R , et à l'excursion en fréquence, notée ΔF , par la relation suivante :

$$B = 2 \times (R + \Delta F)$$

où

- B s'exprime en kHz ;
- ΔF s'exprime en kHz ;
- R s'exprime en kbauds.

L'excursion en fréquence, notée ΔF , vaut 60 kHz.

Q61. Calculer R , vitesse de transmission de la liaison.

La transmission est assurée par le module Transceiver RFM12.

La puissance maximale d'émission, notée P_e , du module RFM12 (PIRE) vaut 8 dBm.

La sensibilité en réception, notée S , vaut -100 dBm.

L'atténuation en champ libre, exprimée en dB, se détermine à l'aide de la formule de FRIS :

$$A_{dB} = 32,4 + 20 \times \log(F) + 20 \times \log(D)$$

avec :

- F exprimée en MHz ;
- D en km.

Q62. Calculer l'atténuation, notée A_{dB} , pour une distance de 10 m.

Q63. En déduire la puissance reçue, notée P_r et exprimée en dBm.

Validation finale

Q64. Conclure, en justifiant la réponse, sur le respect du cahier des charges de la liaison HF.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Ph4 sur 12

Partie 4 – Protection des pistes du PCB

L'objectif de cette partie est de vérifier que le courant à la connexion des batteries est limité à 3 A afin d'éviter la destruction des pistes du PCB.

Pour cela, on donne les schémas structurels et les chronogrammes, ainsi que les normes et données scientifiques de référence.

Connexion des batteries

Pour garantir une tension V_{BAT} la plus constante possible avant hachage, les quatre alimentations des hacheurs ont chacune un condensateur, dont la capacité vaut 1000 μF , connecté en parallèle (C4 sur la figure 23).

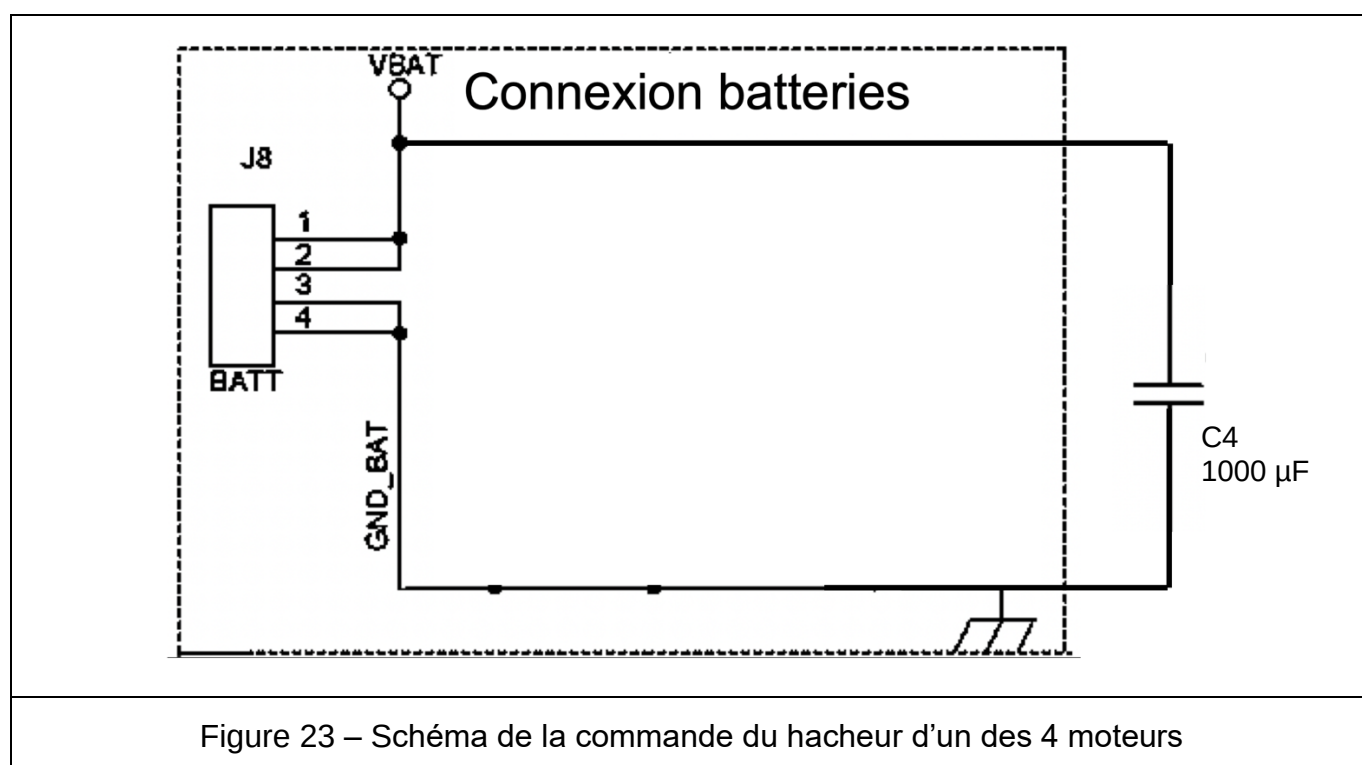
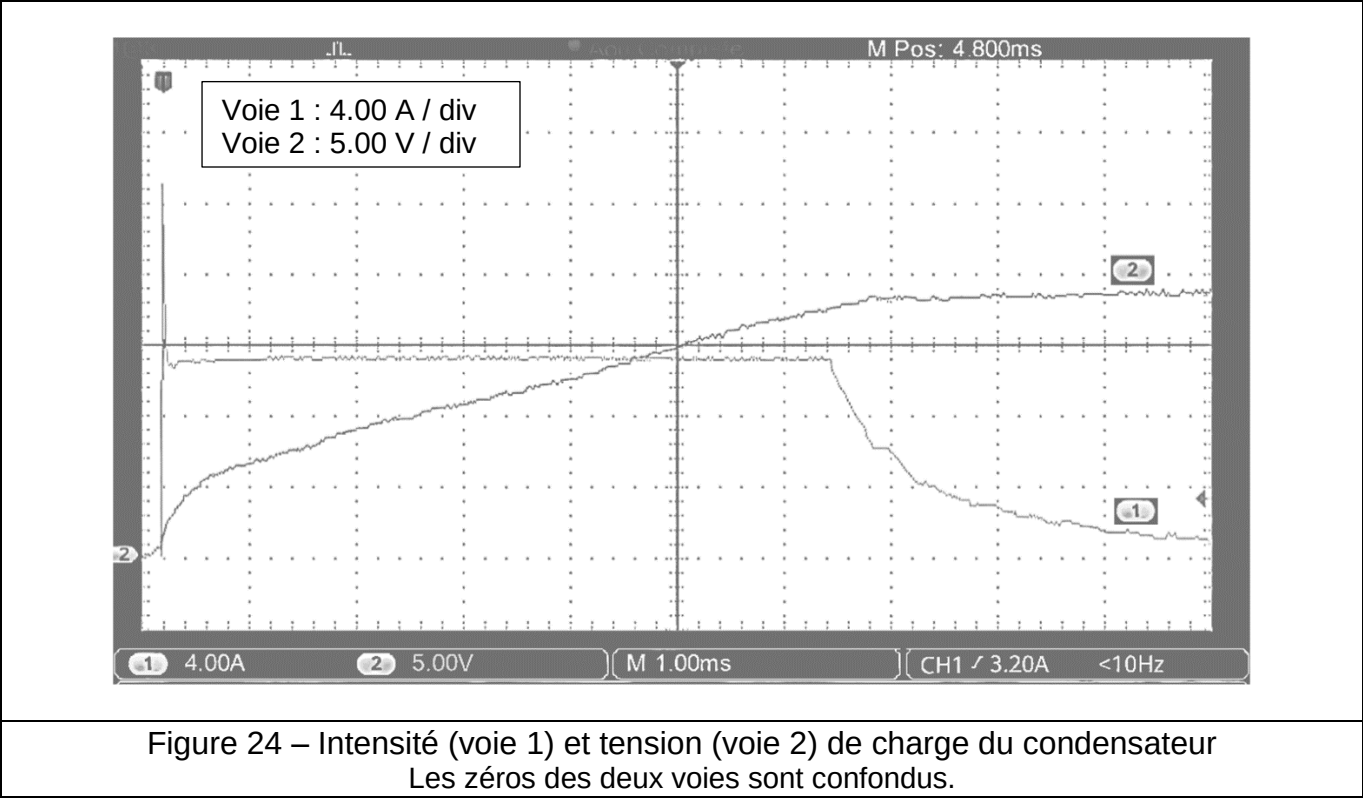


Figure 23 – Schéma de la commande du hacheur d'un des 4 moteurs

Les batteries, lors de leur connexion à la carte principale du roller, subissent un appel de courant important dû à la charge de ces condensateurs. Ce courant passe par les pistes de la carte de puissance.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Ph5 sur 12

Le courant qui passe dans le condensateur est donné sur la voie 1 de la figure 24 et la tension à ses bornes sur la voie 2.



- Q65. Estimer** l'intensité I_{pk} du pic de courant à la connexion des batteries à l'aide de la figure 24.
- Q66. Mesurer** la valeur I_{charge} du courant de charge une fois le pic passé à l'aide de la figure 24.

On rappelle que l'énergie électrostatique stockée dans un condensateur se détermine à l'aide de l'expression suivante :

$$E_C = \frac{1}{2} C \times U^2$$

- Q67. Montrer** que l'énergie reçue par les 4 condensateurs alimentés sous 24 V par les batteries, notée E_C vaut environ 1,15 J.

La piste servant à l'alimentation des cartes du roller doit pouvoir accepter un courant d'intensité maximale de 3 A pour une élévation de température de +45 °C.

D'après la norme IPC-2152, pour une intensité de courant de 3 A et une épaisseur de 35 µm, la largeur des pistes doit être de 0,6 mm.

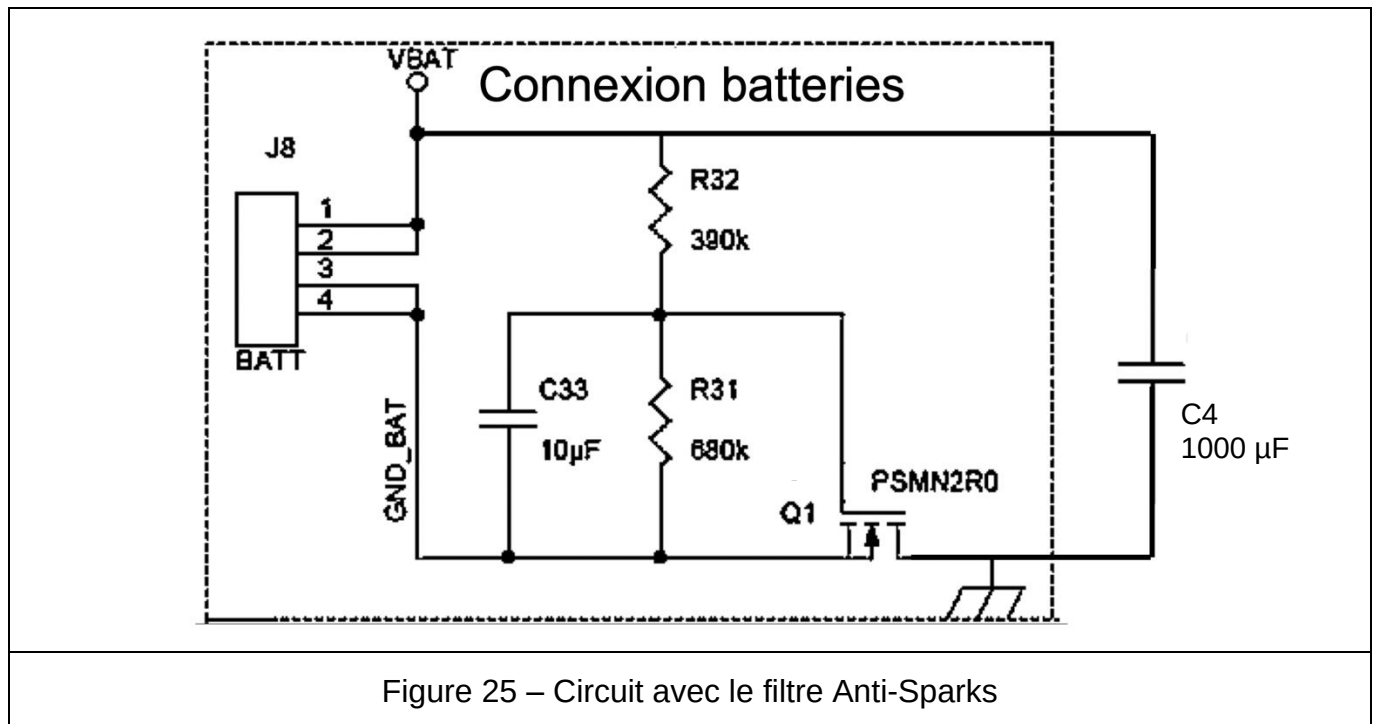
L'énergie E_v nécessaire à la destruction par vaporisation d'une piste de cuivre, de 0,6 mm de large et 35 µm d'épaisseur sur une longueur de 1 mm, vaut 182 mJ.

- Q68. En déduire** que la piste est détruite.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Ph6 sur 12

Protection des pistes du PCB

Pour supprimer ce pic de courant et donc éviter la destruction des pistes à la connexion des batteries, on modifie le circuit précédent en ajoutant un filtre dit « Anti-Sparks ». Le circuit est présenté figure 25.



La réponse indicielle à un échelon de 24 V du filtre Anti-Sparks est donnée sur le **document réponses à rendre avec la copie**.

Q69. Justifier que le filtre est d'ordre 1 et non d'ordre 2.

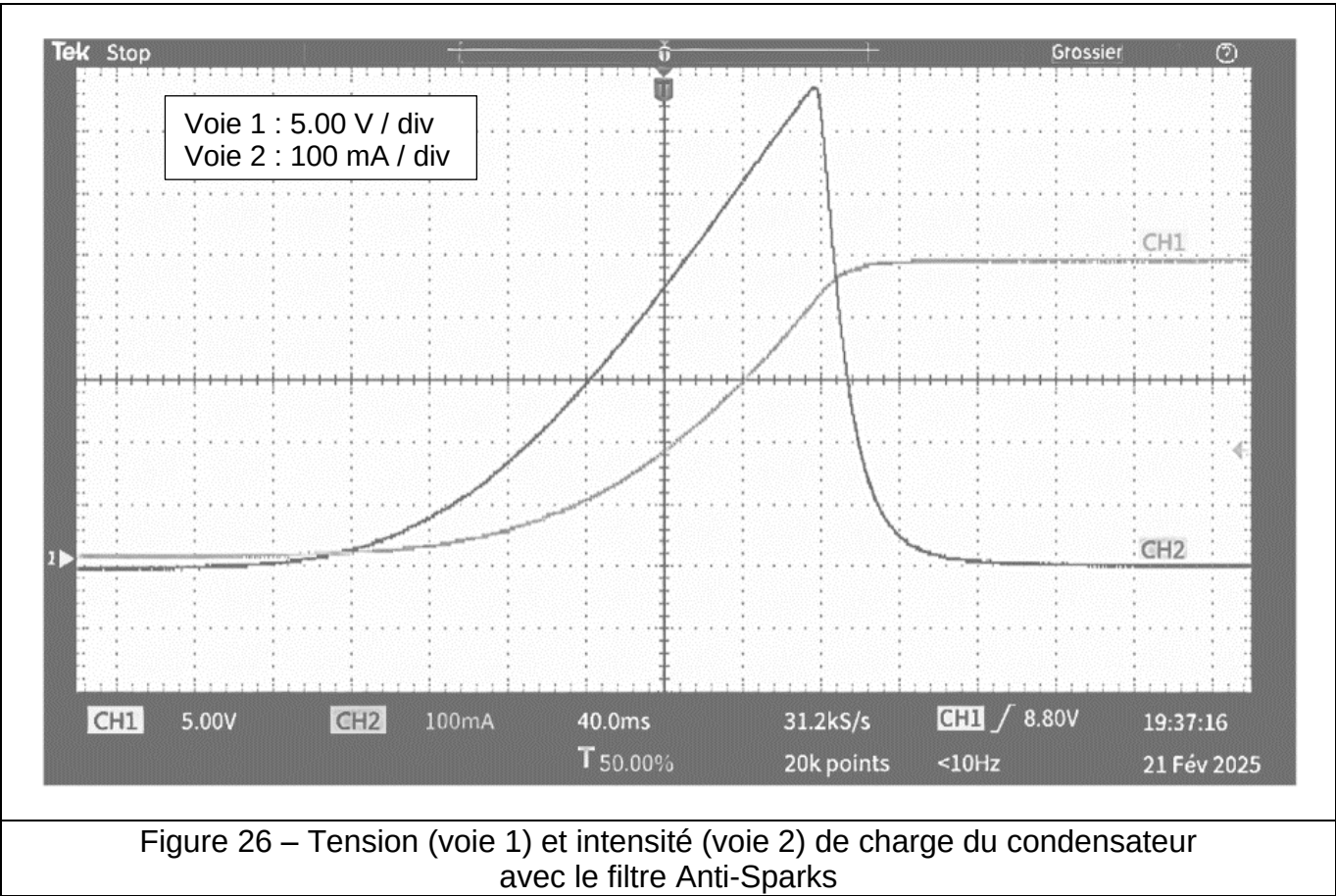
Q70. Déterminer la valeur de l'amplification statique, notée T_0 , du filtre à l'aide du **document réponses à rendre avec la copie**.

Q71. Déterminer et indiquer la valeur de la constante de temps τ du filtre à l'aide d'une construction graphique sur le **document réponses à rendre avec la copie**.

Q72. Déterminer la valeur du temps de réponse à 5 % notée $t_{r\ 5\%}$.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Ph7 sur 12

On a relevé le courant de charge des batteries et la tension aux bornes d'un des condensateurs C₄, une fois le transistor Q1 devenu passant figure 26.



- Q73. Mesurer** la nouvelle valeur maximale du courant max $I'_{\max}$.
- Q74. Valider**, en comparant la valeur précédente avec la norme IPC-2152, le cahier des charges.

Partie 5 – Détection d’obstacles situés à moins d’un mètre

La société ajoute une détection d’obstacles afin de protéger encore davantage les pianos lors des déplacements. Pour cela, la société ajoute au cahier des charges l’élément suivant : « Déterminer la distance séparant le roller d’un objet quand celui-ci est situé entre 50 cm et 100 cm d’un obstacle à l’aide d’un capteur le plus petit possible. ».

L’objectif de cette partie est d’adapter la plage de détection d’objet, comprise entre 50 cm et 100 cm, à la pleine échelle du CAN afin de détecter correctement les obstacles. La tension de pleine échelle, notée V_{PE} , est de 3,3 V.

Pour cela, on donne les documentations des composants, des schémas structurels et les courbes d’étalonnages.

Choix du capteur

Trois capteurs sont envisagés dont les caractéristiques sont données figure 27.

	2Y0A21	2Y0A02	URM09
Technologie	TOF – ILED*	TOF – ILED*	US*
Distance measuring range	10 to 80 cm	20 to 150 cm	2 to 500 cm
Output Type	Analog	Analog	Analog
Consumption current	30 mA	30 mA	20 mA
Supply Voltage	4,5 to 5,5 V DC	4,5 to 5,5 V DC	3,3 to 5,5 V DC
Package size	29 x 13 mm	29 x 13 mm	47 x 22 mm
* TOF – ILED = Time Over Flight – Infrared Light Emitting Diode			
* US = Ultrasonic Sensor			
Figure 27 – Caractéristiques des trois capteurs envisagés			

Q75. Justifier le choix du capteur 2Y0A02.

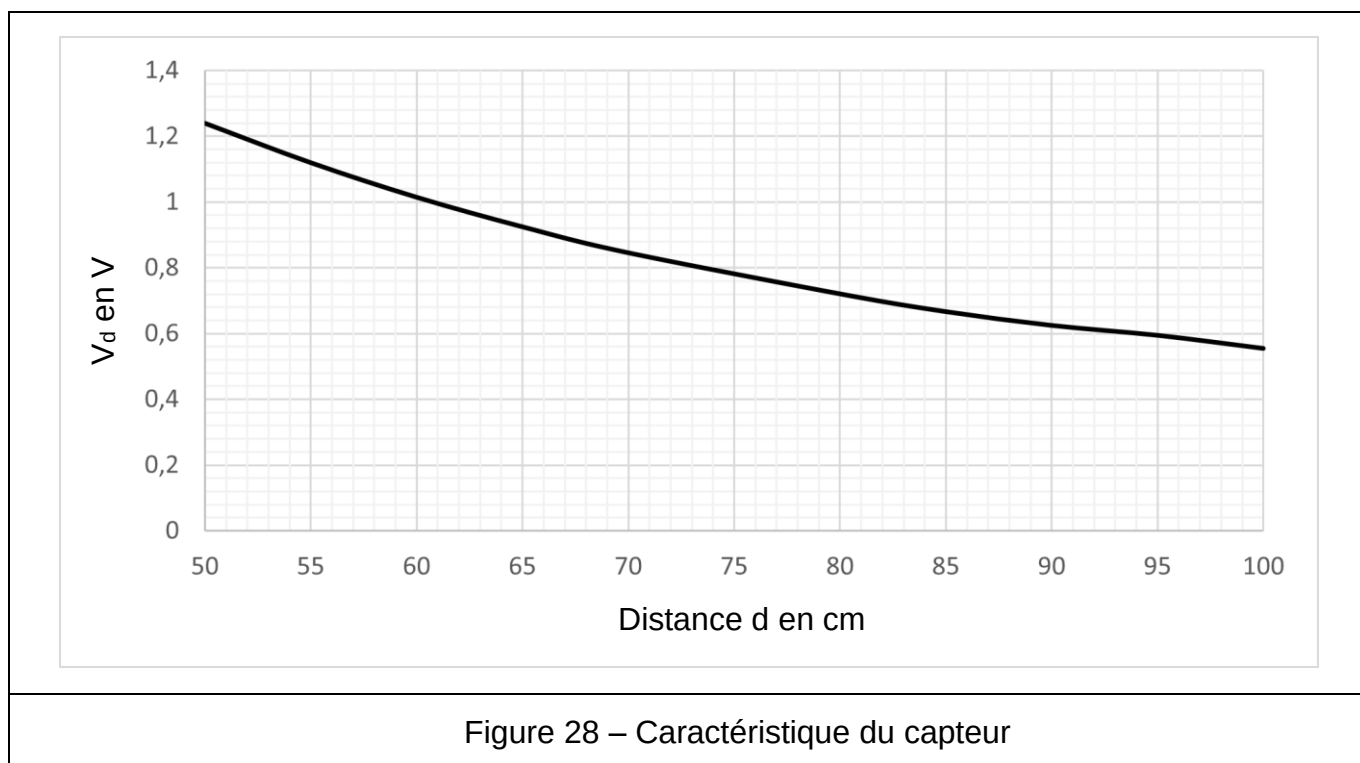
Q76. Nommer le domaine de fréquence de l’onde électromagnétique utilisée par le capteur pour mesurer la distance.

Q77. Indiquer la différence entre une onde électromagnétique et une onde mécanique comme celle utilisée dans le capteur à ultrasons URM09.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page S-Ph9 sur 12

Conditionnement de la grandeur captée

La caractéristique du capteur choisi est donnée figure 28.



Q78. Indiquer les tensions V_{d50} et V_{d100} correspondant respectivement à la détection d'un objet à 50 cm et à 100 cm.

Pour mesurer précisément la distance séparant le roller d'un objet distant de 50 cm à 100 cm, le capteur doit être conditionné. Pour cela, le conditionnement de la tension V_d consiste à :

- faire coïncider V_{d100} avec $V_{IN100} = 0$ V (conditionnement n° 1) ;
- faire coïncider V_{d50} avec $V_{IN50} = 3,20$ V (conditionnement n° 2).

Q79. Déterminer la tension, notée V_{offset} , qu'il faut soustraire à la tension V_{d100} pour que la condition « conditionnement n° 1 » soit remplie.

Q80. Dédire alors la valeur de $V_{d'50}$, nouvelle valeur de V_{d50} après soustraction de la tension V_{offset} .

La condition « conditionnement n° 2 » permet passer de la plage de tension $[0,00 \text{ V} ; V_{d'50}]$ à la plage $[0,00 \text{ V} ; 3,20 \text{ V}]$ compatible avec les caractéristiques du CAN.

Q81. Calculer le coefficient d'amplification A pour que la condition « conditionnement n° 2 » soit remplie.

BTS CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page S-Ph10 sur 12

Pour réaliser ces deux opérations de conditionnement, on utilise le circuit construit autour de l'amplificateur d'instrumentation AD623 dont le schéma structurel et les caractéristiques sont données figure 29.

AD623 - SINGLE SUPPLY, RAIL-TO-RAIL, LOW COST INSTRUMENTATION AMPLIFIER

APPLICATIONS
Basic Connection

Figure 41 shows the basic connection circuit for the AD623.

The +VS and -VS terminals are connected to the power supply.

The supply can be either bipolar (VS = ±2.5 V to ±6 V) or single supply (-VS = 0 V, +VS = 3.0 V to 12 V). Power supplies should be capacitively decoupled close to the devices power pins. For best results, use surface mount 0.1 µF ceramic chip capacitors and 10 µF electrolytic tantalum capacitors.

The input voltage, which can be either single-ended (tie either -IN or +IN to ground) or differential is amplified by the programmed gain. The output signal appears as the voltage difference between the Output pin and the externally applied voltage on the REF input. For a ground referenced output, REF should be grounded.

GAIN SELECTION

The AD623's gain is resistor programmed by RG, or more precisely, by whatever impedance appears between Pins 1 and 8.

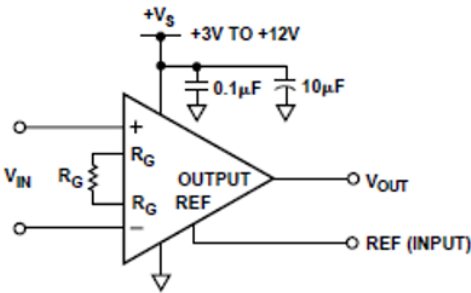
The AD623 is designed to offer accurate gains using 0.1%–1% tolerance resistors. Table I shows required values of RG for various gains. Note that for G = 1, the RG terminals are unconnected (RG = ∞).

For any arbitrary gain, RG can be calculated by using the formula :

$$R_G = \frac{100k\Omega}{G - 1}$$

REFERENCE TERMINAL

The reference terminal potential defines the zero output voltage and is especially useful when the load does not share a precise ground with the rest of the system. It provides a direct means of injecting a precise offset to the output. The reference terminal is also useful when bipolar signals are being amplified as it can be used to provide a virtual ground voltage. The voltage on the reference terminal can be varied from -VS to +VS.



Basic connection in single supply.

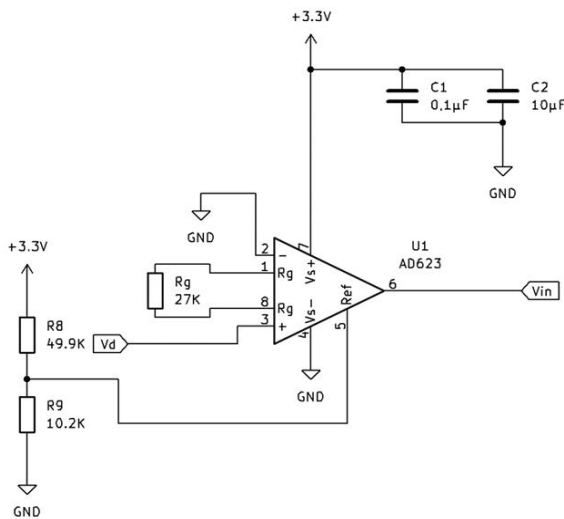


Figure 29 – Documentation technique de l'AD623 et circuit de conditionnement

Q82. Calculer, à l’aide de la figure 29, la valeur de R_G pour avoir une amplification de 4,70.

La tension V_{REF} est réalisée grâce aux résistances $R8$ et $R9$ comme indiqué sur la figure 30. L’entrée 5 du circuit AD623 n’absorbe aucun courant.

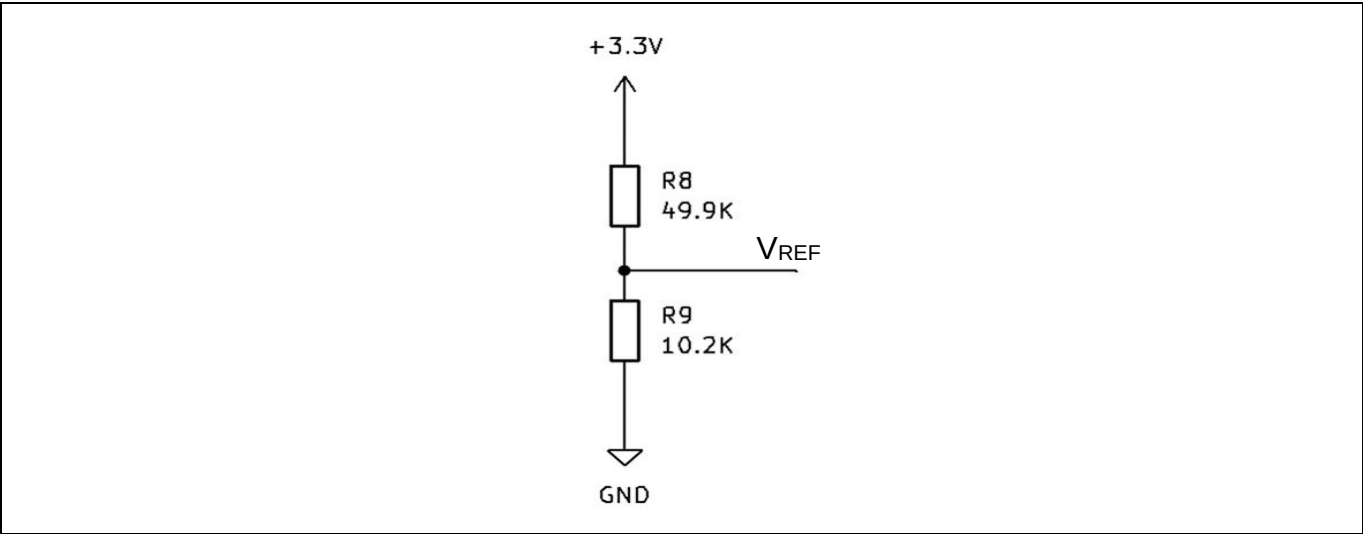


Figure 30 – Circuit réalisant la tension V_{REF}

Q83. Calculer la tension V_{REF} à l’aide du pont diviseur de tension en donnant le résultat avec deux chiffres significatifs.

On a relevé la courbe de la tension V_{in} en sortie de l’amplificateur d’instrumentation en fonction de la distance d (figure 31).

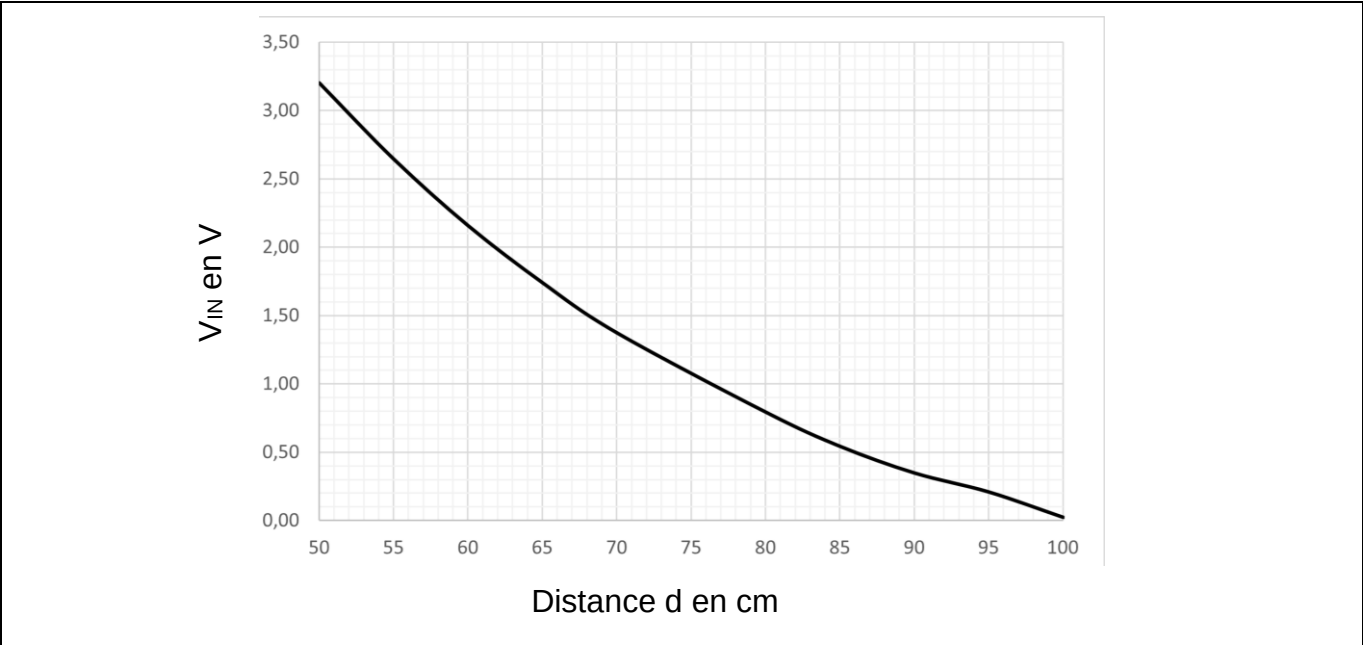


Figure 31 – Tension en sortie du conditionnement en fonction de la distance

Q84. Valider la structure au regard du cahier des charges et de la figure 31.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

DT1 – Documentation batterie au plomb UL 18-12	DOC2
DT2 – Documentation moteur de propulsion SWMV	DOC3
DT3 – Documentation capteur de courant à effet Hall ACS37030.....	DOC4
DT4 – Documentation convertisseur analogique numérique AD7999.....	DOC5
DT5 – Norme bus CAN	DOC6
DT6 – Messagerie CAN des rollers	DOC7
DT7 – Documentation pont en H BTN8982	DOC8
DT8 – Documentation batteries Lithium-ion.....	DOC9
DT9 – Documentation capteur - amplificateur de courant INA791.....	DOC10
DT10 – Résistances série E96.....	DOC11
DT11 – Généralités accéléromètre	DOC12
DT12 – Documentation accéléromètre ADXL327.....	DOC13
DT13 – Documentation convertisseur analogique numérique ADS7828.....	DOC14
DT14 – Documentation pont en H VNH7040.....	DOC15
DT15 – Catalogue passerelles CAN	DOC16

DT1 - Documentation batterie au plomb UL 18-12

UL 18-12

12V 18AH

General

Ultrace//[®]
'Quality in Every Language'

UL18-12



Physical Specification

Part Number:	UL18-12
Length:	181.5 ± 2 mm (7.14 inches)
Width:	77 ± 2 mm (3.03 inches)
Container Height:	167.5 ± 2 mm (6.59 inches)
Total Height (with terminal):	167.5 ± 2 mm (6.59 inches)
Approx Weight:	Approx 5.32kg (11.73lbs)

Specifications

Terminal Type	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (20HR)	18AH
	Standard Terminal	F3
	Optional Terminal	F12
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	UL94:VO
Rated Capacity	18.0 AH/0.90A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	16.7 AH/1.67A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	15.3 AH/3.06A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	13.8 AH/4.59A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	11.3 AH/11.3A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	270A (5s)	
Internal Resistance	Approx 16mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F) Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F) Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 5.4A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103%
		25°C (77°F) 100%
		0°C (32°F) 86%

DT2 - Documentation moteur de propulsion SWMV



Series SWMV
Motor type 402 525

Design Data	
Commutation	brushed
Direction of rotation	bidirectional
Bearing Type	A:Ball - B:Sleeve

Performance data		
Nominal Voltage [V]	U_N	24
Nominal Torque [Nm]	M_N	8,00
Nominal Speed [min^{-1}]	n_N	69,789
Nominal Power [W]	P_N	58,5
Nominal current [A]	I_N	6,0
Nominal force [kN]	F_N	0,00
Duty cycle	s1	

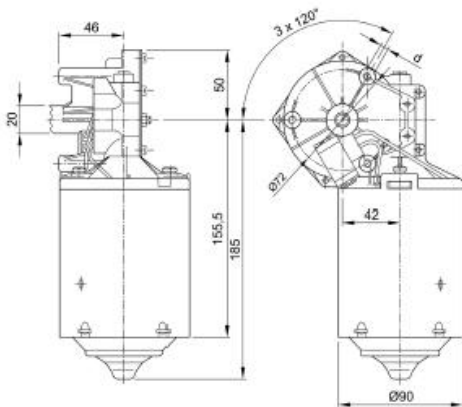
Sensor data	
Pulses	0
Output channels	0

Other data	
Gear ratio	46/1
Gear wheel material	Resinbonded fabric
Suppression components	
Enclosure class	IP 20
Weight [kg]	2,900

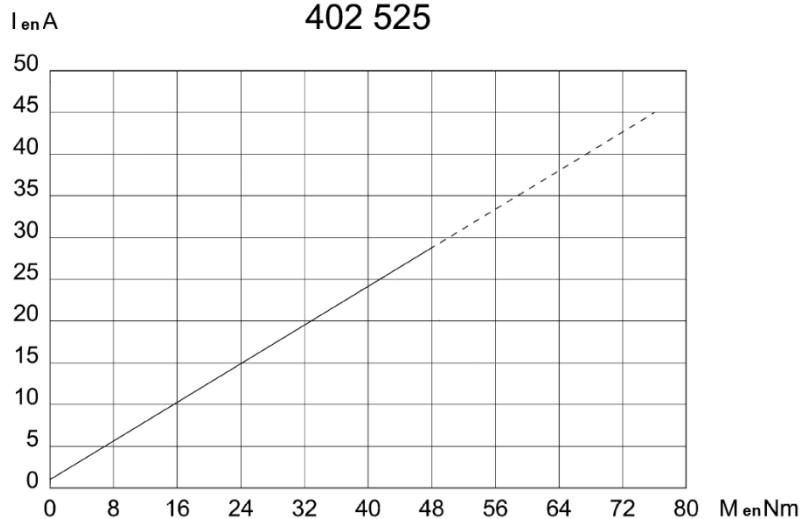
Remarks:
d = M6x16mm

Characteristic Curves

0291 AL



Motor picture



CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBEC	Page DOC3 sur 16

DT3 - Documentation capteur de courant à effet Hall ACS37030



ACS37030 and ACS37032

DC to 5 MHz Bandwidth, Galvanically Isolated, High-Accuracy Current Sensor IC with Reference Output (ACS37030) or Fault (ACS37032)

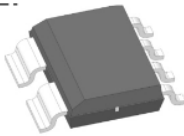
FEATURES AND BENEFITS

- High operating bandwidth for fast control loops or where high-speed switching currents are monitored
 - DC to 5 MHz bandwidth
 - 40 ns typical response time
- High accuracy and low noise
 - ±2% sensitivity error over temperature
 - ±10 mV maximum offset voltage over temperature
 - 50 mA_{RMS} input referred noise
 - 3.3 V non-ratiometric supply operation
 - Differential sensing immune to external magnetic fields
- VREF output voltage for differential routing in noisy application environments (ACS37030)
- FAULT output for fast open drain overcurrent detection (ACS37032)
- Highly isolated compact surface-mount package
 - 3500 V_{RMS} rated isolation voltage
 - 840 V_{RMS} / 1188 V_{DC} basic isolation voltages
 - 420 V_{RMS} / 594 V_{DC} reinforced isolation voltages
- Wide operating temperature, -40°C to 150°C
- AEC-Q100 Grade 0 qualified

PACKAGE:

6-pin SOIC
(suffix LZ)

Not to scale



CB Certificate Number:
US-42934-UL

DESCRIPTION

The ACS37030/2 is a fully integrated current sensor IC that senses current flowing through the primary conductor. Two signal paths are used: a Hall-effect element path to capture DC and low-frequency current information, and an inductive coil path to capture high-frequency current information. These two paths are summed to allow for sensing of a wide frequency band with a single device. The properties of the coil increase SNR as frequency increases, minimizing noise seen at the output.

The internal construction provides high isolation by magnetically coupling the field generated by current flow in the conductor to the fully monolithic Hall and coil IC. The current is sensed differentially by two Hall plates and two coils that subtract out interfering common-mode magnetic fields. The IC has no physical connection to the integrated current conductor and provides a 3500 V_{RMS} isolation voltage between the primary and secondary signal leads of the package. This high rating provides a basic working voltage of 840 V_{RMS}.

Both zero current reference (ACS37030) and overcurrent fault with internal pull up (ACS37032) options are available.

The ACS37030/32 is provided in a six-lead custom SOIC surface mount package with the current conductor leads formed together for a reduced resistance of 0.6 mΩ. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free.

ACS37030LLZATR-040B3 PERFORMANCE CHARACTERISTICS: Valid through full operating temperature range, T_A = -40°C to 150°C, C_{BYPASS} = 0.1 μF, and V_{DD} = 3.3 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ. ^[1]	Max.	Units
NOMINAL PERFORMANCE						
Current Sensing Range	I _{PR}		-40	-	40	A
Sensitivity	Sens	I _{PR(min)} < I _P < I _{PR(max)}	-	33	-	mV/A
Quiescent Voltage Output	V _{QVO}	I _P = 0 A	-	1.65	-	V
Reference Voltage Output	V _{REF}		-	1.65	-	V

DEFINITIONS

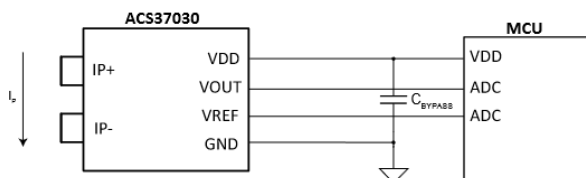
Sensitivity (Sens)

Sensitivity, or Sens, is the ratio of the output swing versus the applied current through the primary conductor, I_P. This current causes a voltage deviation away from V_{QVO} on the V_{OUT} output until V_{SAT}. The magnitude and direction of the output voltage swing is proportional to the magnitude and direction of the applied current. This proportional relationship between output and input is Sensitivity and is defined as:

$$Sens = \frac{V_{OUT(IP_1)} - V_{OUT(IP_2)}}{IP_1 - IP_2}$$

Quiescent Voltage Output (V_{QVO})

Quiescent Voltage Output, or V_{QVO}, is defined as the voltage on the output, V_{OUT}, when zero amps are applied through I_P.





**ANALOG
DEVICES**

4-Channel, 8-Bit ADC with I²C-Compatible Interface in 8-Lead SOT-23

Data Sheet

AD7999

FEATURES

- 8-bit ADCs with fast conversion time: 1 μ s typical
- 4 analog input channels/3 analog input channels with reference input
- Specified for V_{DD} of 2.7 V to 5.5 V
- Sequencer operation
- Temperature range: -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$
- I²C-compatible serial interface supports standard, fast, and high speed modes
- 2 versions allow 2 I²C addresses
- Low power consumption
 - Shutdown mode: 1 μ A maximum
- 8-lead SOT-23 package
- Qualified for automotive applications

APPLICATIONS

- System monitoring
- Battery-powered systems
- Data acquisition
- Medical instruments

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

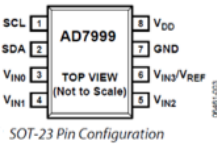
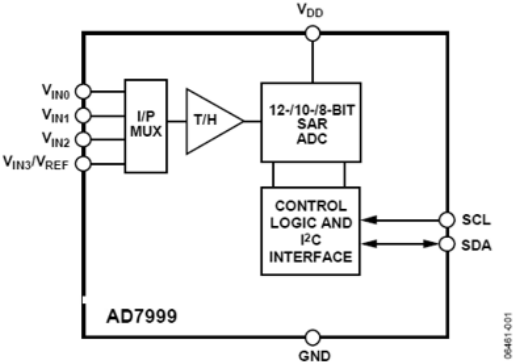


Table 7. Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	SCL	Digital Input. Serial bus clock. External pull-up resistor required.
2	SDA	Digital I/O. Serial bus bidirectional data. Open-drain output. External pull-up resistor required.
3	VIN0	Analog Input 1. Single-ended analog input channel. The input range is 0 V to V_{REF} .
4	VIN1	Analog Input 2. Single-ended analog input channel. The input range is 0 V to V_{REF} .
5	VIN2	Analog Input 3. Single-ended analog input channel. The input range is 0 V to V_{REF} .
6	VIN3/VREF	Analog Input 4. Single-ended analog input channel. The input range is 0 V to V_{REF} . Can also be used to input an external V_{REF} signal.
7	GND	Analog Ground. Ground reference point for all circuitry on the AD7999. All analog input signals should be referred to this AGND voltage.
8	VDD	Power Supply Input. The V_{DD} range for the AD7999 is from 2.7 V to 5.5 V.

Table 4.

Parameter	Y Version			W Version			Unit	Test Conditions/Comments
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
DC ACCURACY ^{3,5}								
Resolution	8			8			Bits	Guaranteed no missed codes to eight bits
Integral Nonlinearity ⁵			± 0.1			± 0.15	LSB	
Differential Nonlinearity ⁵			± 0.1			± 0.13	LSB	
Offset Error ⁵			± 0.5			± 0.65	LSB	
ANALOG INPUT								
Input Voltage Range	0		V_{REF}	0		V_{REF}	V	$V_{REF} = V_{IN3}/V_{REF}$ or V_{DD} Channel 0 to Channel 2 during acquisition phase
DC Leakage Current			± 1			± 1	μ A	
Input Capacitance		34			34		pF	
REFERENCE INPUT								
V_{REF} Input Voltage Range	1.2		V_{DD}	1.2		V_{DD}	V	Outside conversion phase During conversion phase
DC Leakage Current			± 1			± 1	μ A	
V_{REF} Input Capacitance		5			5		pF	
Input Impedance		35			35		pF	
		69			69		k Ω	

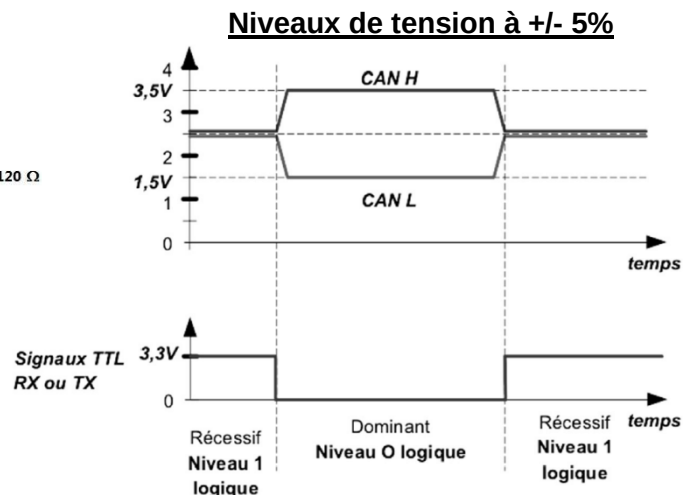
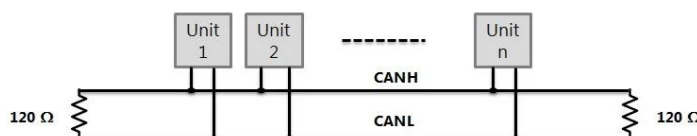
DT5 - Norme bus CAN

Le bus CAN (Controller Area Network) est né pour répondre au besoin d'assurer une communication de type série entre plusieurs calculateurs dans les véhicules automobiles. Ce bus a été développé par BOSCH en 1983 et sa première normalisation référencée ISO11519 date de 1994.

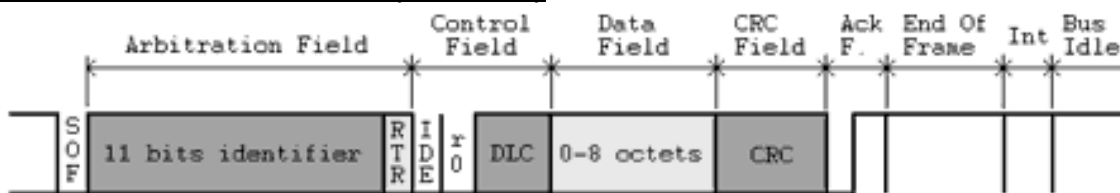
Il existe deux normes :

- Low Speed : vitesse de transmission $\leq 125 \text{ kbits}\cdot\text{s}^{-1}$;
- High Speed : vitesse de transmission $\geq 125 \text{ kbits}\cdot\text{s}^{-1}$.

Un réseau CAN est constitué d'une paire de fils généralement torsadée en mode différentiel : CANH et CANL. Les niveaux de tension



Format d'une trame standard (CAN2.0A)



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

Une trame est composée des champs suivants :

- bit SOF (Start Of Frame) ou début de message ;
- champ d'arbitrage composé de l'identificateur de message (11 bits) et du bit RTR (Remote Transmission Request) qui détermine s'il s'agit d'une trame de données (0) ou d'une trame de requête (1) ;
- bit IDE qui distingue les trames au format standard (état dominant) et au format étendu (état récessif) ;
- r0 : bit réservé pour une utilisation future ;
- 4 bits DLC : nombre d'octets contenus dans la zone de données ;
- champ de données de longueur comprise entre 0 et 8 octets ;
- champ CRC de 15 bits (Cyclic Redundancy Check) ;
- champ ACK composé d'un bit à l'état récessif ainsi qu'un bit séparateur ACK. Le premier bit doit être forcé à l'état dominant par les stations ayant bien reçu cette trame ;
- champ EOF de 7 bits (End Of Frame) permet d'identifier la fin de la trame.

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DOC6 sur 16

DT6 - Messagerie CAN des rollers

A) Pilotage des rollers

La télécommande pilote les deux rollers en émettant une trame de donnée à destination d'un des deux rollers. Ces deux octets forment un mot contenant le code des commandes.

Identifiant	Roller N°1 : 0x170 Roller N°2 : 0x180
Bit RTR	0
Type de trame	Donnée
DLC	2
Data[0]	Mot de commande des rollers (détails tableau ci-dessous)
Data[1]	

Mot de commande des rollers : Ce champ d'un format 16 bits correspond aux commandes de pilotage des rollers comme indiqué dans le tableau suivant :

	Data[0]		Data[1]
B15 (MSB)	0	B7	0
B14	Descente escalier	B6	0
B13	Avance côté Clavier	B5	0
B12	Avance côté Queue	B4	0
B11	Fait pivoter par la gauche	B3	Soulève piano côté Queue
B10	Fait pivoter par la droite	B2	Abaisse piano côté Queue
B9	Sélection roue centrale gauche	B1	Soulève piano côté Clavier
B8	Sélection roue centrale droite	B0 (LSB)	Abaisse piano côté Clavier

B) Demande état batterie

La télécommande affiche en temps réel l'état des batteries. Pour connaître cet état, une trame de requête est émise à destination des rollers :

Identifiant	Roller N°1 : 0x171 Roller N°2 : 0x181
Bit RTR	1
Type de trame	Requête
DLC	0

La réponse des rollers est réalisée par une trame de donnée :

Identifiant	Roller N°1 : 0x172 Roller N°2 : 0x182								
Bit RTR	0								
Type de trame	Donnée								
DLC	1								
Data[0]	Octet de réponse du roller :								
		B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
	Rôle	Etat batterie en % (de 0 à 100 en décimal)							



1 Overview

Features

- Path resistance of max. 20.4 mΩ @ 150 °C (typ. 10.0 mΩ @ 25 °C)
High Side: max. 10.5 mΩ @ 150 °C (typ. 5.3 mΩ @ 25 °C)
Low Side: max. 9.9 mΩ @ 150 °C (typ. 4.7 mΩ @ 25 °C)
- Enhanced switching speed for reduced switching losses
- Capable for high PWM frequency combined with active freewheeling
- Low quiescent current of typ. 7 μA @ 25 °C
- Switched mode current limitation for reduced power dissipation in overcurrent
- Current limitation level of 55 A min.
- Status flag diagnosis with current sense capability
- Overtemperature shut down with latch behaviour
- Undervoltage shut down
- Driver circuit with logic level inputs
- Adjustable slew rates for optimized EMI
- Operation up to 40V



PG-T0263-7-1

Overtemperature Protection

The BTN8982TA is protected against overtemperature by an integrated temperature sensor. Overtemperature leads to a shut down of both output stages. This state is latched until the device is reset by a low signal with a minimum length of t_{reset} at the INH pin, provided that its temperature has decreased at least the thermal hysteresis ΔT in the meantime.

Electrical Characteristics - Protection Functions

$V_S = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$, $T_J = -40 \text{ °C to } +150 \text{ °C}$, all voltages with respect to ground, positive current flowing into pin (unless otherwise specified)

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
Under Voltage Shut Down							
5.3.1	Switch-ON Voltage	$V_{UV(ON)}$	—	—	5.5	V	V_S increasing
5.3.2	Switch-OFF Voltage ¹⁾	$V_{UV(OFF)}$	3.0	—	4.5	V	V_S decreasing, INH = 1
5.3.3	ON/OFF Hysteresis	$V_{UV(HY)}$	—	0.2	—	V	²⁾
Current Limitation							
5.3.4	Current Limitation Detection level High Side	I_{CLH0}	55	77	98	A	$V_S = 13.5\text{ V}$
5.3.5	Current Limitation Detection level Low Side	I_{CLL0}	55	77	98	A	$V_S = 13.5\text{ V}$
Thermal Shut Down							
5.3.7	Thermal Shut Down Junction Temperature	T_{JSD}	155	175	200	°C	—
5.3.8	Thermal Switch ON Junction Temperature	T_{JSO}	150	—	190	°C	—
5.3.9	Thermal Hysteresis	ΔT	—	7	—	K	²⁾

DT8 - Documentation batteries Lithium-ion

PRODUIT	ENERGIE STOCKÉE▲	DENSITÉ WH/L	DENSITÉ WH/KG	PUISSANCE CONTINUE	POIDS	DIMENSIONS EN MM
7.5Ah-12V	96 Wh	106.3 Wh/L	104.3 Wh/Kg	192W	0.92 Kg	151x65x92
12Ah-12V	154 Wh	109.6 Wh/L	118.4 Wh/Kg	307W	1.3 Kg	151x98x95
20Ah-12V	256 Wh	110.7 Wh/L	111.3 Wh/Kg	512W	2.3 Kg	180x76x168
30Ah-12V	384 Wh	166.2 Wh/L	111.6 Wh/Kg	576W	3.44 Kg	180x76x168
40Ah-12V	512 Wh	112.5 Wh/L	110.1 Wh/Kg	640W	4.65 Kg	196x135x172
45Ah-12V	576 Wh	126.6 Wh/L	122.6 Wh/Kg	704W	4.7 Kg	196x135x172
70Ah-12V	896 Wh	135.8 Wh/L	110.6 Wh/Kg	1280W	8.1 Kg	228x138x210
100Ah-12V	1280 Wh	138.2 Wh/L	113.3 Wh/Kg	1730W	11.3 Kg	260x168x212
32Ah-24V	819 Wh	148.4 Wh/L	120.4 Wh/Kg	1290W	6.8 Kg	197x166x169
50Ah-24V	1280 Wh	138.2 Wh/L	123.1 Wh/Kg	1920W	10.4 Kg	260x168x212
150Ah-24V	3840 Wh	148.1 Wh/L	120.0 Wh/Kg	3070W	32.0 Kg	500x239x217

INA791x –4V to 110V, Bidirectional, Ultra-Precise, High Bandwidth Current Sense Amplifier With 50A EZShunt™ Technology

Features

- Precision solution with integrated shunt resistor
 - $\pm 50\text{A}$ continuous current from -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$
 - Shunt resistor: $400\mu\Omega$
 - Shunt inductance: 2nH
- Wide common-mode voltage range: -4V to $+110\text{V}$
- High small signal bandwidth : 1MHz
- Excellent CMRR
 - 160dB DC CMRR
 - 104dB AC CMRR at 100kHz
- High measurement accuracy
 - System Gain error (maximum)
 - Version A: $\pm 0.35\%$, $\pm 35\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ drift
 - Version B: $\pm 1\%$, $\pm 75\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ drift
 - Offset current (maximum)
 - Version A: $\pm 30\text{mA}$, $\pm 625\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$ drift
 - Version B: $\pm 375\text{mA}$, $\pm 1.25\text{mA}/^{\circ}\text{C}$ drift
- Adjustable gain with external resistor divider network:
 - $20\text{mV}/\text{A}$ to $400\text{mV}/\text{A}$

Description

The INA791x is a voltage output, current sense amplifier with an integrated shunt resistor of $400\mu\Omega$. The INA791x is designed to monitor bidirectional current over a common-mode range of -4V to 110V , independent of the supply voltage. Adjustable gain option assists in optimizing the system dynamic range. The integration of the Kelvin connected shunt resistor with a zero-drift chopped amplifier provides calibration equivalent measurement accuracy, ultra-low temperature drift performance of $35\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$, and an optimized layout for the sensing resistor.

This device operates from a single 2.7V to 5.5V power supply, drawing a maximum of 3.75mA of supply current. All versions are specified over the extended operating temperature range (-40°C to $+125^{\circ}\text{C}$), and are available in a 15-pin VQFN package.

Package Information

PART NUMBER	PACKAGE ⁽¹⁾	PACKAGE SIZE ⁽²⁾
INA791A, INA791B	DEK (VQFN, 15)	6mm x 6mm

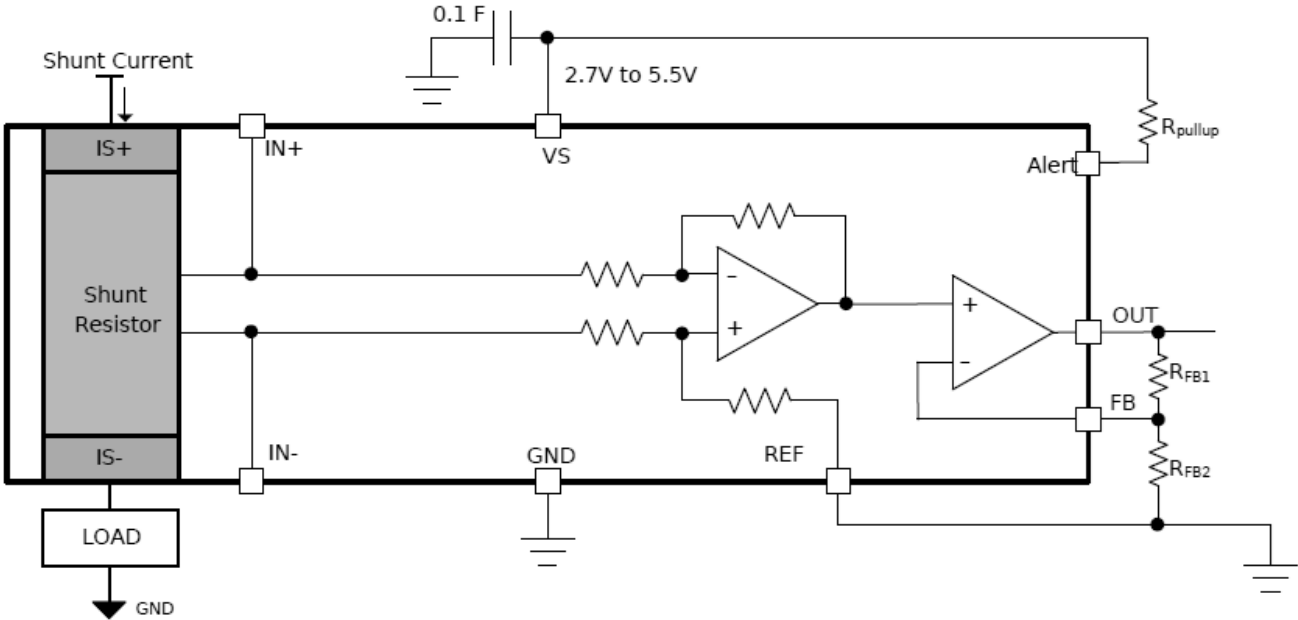


Figure 6-5. Ground-Referenced Output

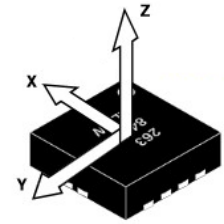
DT10 - Résistances série E96

1% Resistor Table (E96)											
100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232
237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309
316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549
562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732
750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976
Standard Values:											

DT11 - Généralités accéléromètre

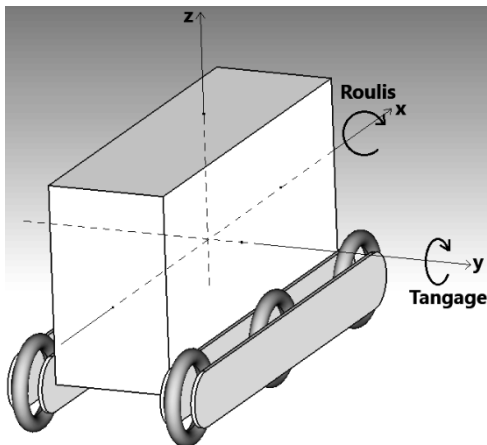
Un accéléromètre mesure le champ gravitationnel selon 3 axes :

- l'axe des x (orienté selon le sens de la longueur) ;
- l'axe des y (orienté selon le sens de la largeur) ;
- l'axe des z (orienté perpendiculairement à la surface).



Bien que l'accélération linéaire soit définie en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, l'essentiel de ces capteurs mesure l'accélération en « g ». Pour rappel, 1 g vaut $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Les angles de tangage et de roulis se calculent grâce aux résultats de mesure des accélérations G_x , G_y et G_z .



$$\text{Roulis : } \alpha = \arcsin \left(\frac{G_y}{\sqrt{G_x^2 + G_y^2 + G_z^2}} \right)$$

$$\text{Tangage : } \beta = \arcsin \left(\frac{G_x}{\sqrt{G_x^2 + G_y^2 + G_z^2}} \right)$$



Small, Low Power, 3-Axis Accelerometer

ADXL327

FEATURES

3-axis sensing
 Small, low profile package
 4 mm × 4 mm × 1.45 mm LFCSP
 Low power: 350 μ A typical
 Single-supply operation: 1.8 V to 3.6 V
 10,000 g shock survival
 Excellent temperature stability
 Bandwidth adjustment with a single capacitor per axis
 RoHS/WEEE lead-free compliant

APPLICATIONS

Cost-sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications
 Mobile devices
 Gaming systems
 Disk drive protection
 Image stabilization
 Sports and health devices

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL327 is a small, low power, complete 3-axis accelerometer with signal conditioned voltage outputs. The product measures acceleration with a minimum full-scale range of $\pm 1.5g$. It can measure the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration, resulting from motion, shock, or vibration.

The user selects the bandwidth of the accelerometer using the C_X , C_Y , and C_Z capacitors at the X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT} pins. Bandwidths can be selected to suit the application with a range of 0.5 Hz to 1600 Hz for X and Y axes and a range of 0.5 Hz to 550 Hz for the Z axis.

The ADXL327 is available in a small, low profile, 4 mm × 4 mm × 1.45 mm, 16-lead, plastic lead frame chip scale package (LFCSP_IQ).

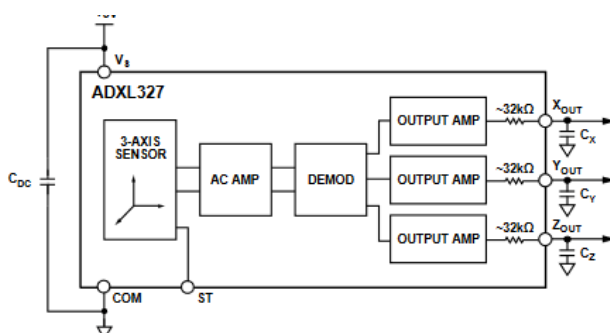


Figure 1.

SPECIFICATIONS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 3\text{ V}$, $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\text{ }\mu\text{F}$; acceleration = 0 g, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT					
Measurement Range	Each axis		± 1.5		g
Nonlinearity	Percent of full scale		± 0.2		%
Package Alignment Error			± 1		Degrees
Interaxis Alignment Error			± 0.1		Degrees
Cross Axis Sensitivity ¹			± 1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)²					
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	Each axis $V_S = 3\text{ V}$	378	420	462	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		± 0.01		%/ $^\circ\text{C}$
ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.3	1.5	1.7	V
0 g Voltage at Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			± 1		mg/ $^\circ\text{C}$
NOISE PERFORMANCE					
Noise Density X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}			250		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms
FREQUENCY RESPONSE⁴					
Bandwidth X_{OUT} , Y_{OUT} ⁵	No external filter		1600		Hz
Bandwidth Z_{OUT} ⁵	No external filter		550		Hz
R_{FLT} Tolerance			$32 \pm 15\%$		k Ω
Sensor Resonant Frequency			5.5		kHz



Burr-Brown Products
from Texas Instruments



ADS7828

SBAS181C – NOVEMBER 2001 – REVISED MARCH 2005

12-Bit, 8-Channel Sampling ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER with I²C™ Interface

FEATURES

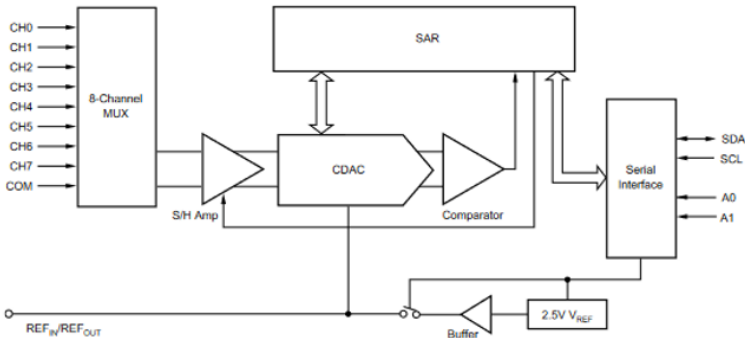
- 8-CHANNEL MULTIPLEXER
- 50kHz SAMPLING RATE
- NO MISSING CODES
- 2.7V TO 5V OPERATION
- INTERNAL 2.5V REFERENCE
- I²C INTERFACE SUPPORTS:
Standard, Fast, and High-Speed Modes
- TSSOP-16 PACKAGE

APPLICATIONS

- VOLTAGE-SUPPLY MONITORING
- ISOLATED DATA ACQUISITION
- TRANSDUCER INTERFACES
- BATTERY-OPERATED SYSTEMS
- REMOTE DATA ACQUISITION

DESCRIPTION

The ADS7828 is a single-supply, low-power, 12-bit data acquisition device that features a serial I²C interface and an 8-channel multiplexer. The Analog-to-Digital (A/D) converter features a sample-and-hold amplifier and internal, asynchronous clock. The combination of an I²C serial, 2-wire interface and micropower consumption makes the ADS7828 ideal for applications requiring the A/D converter to be close to the input source in remote locations and for applications requiring isolation. The ADS7828 is available in a TSSOP-16 package.



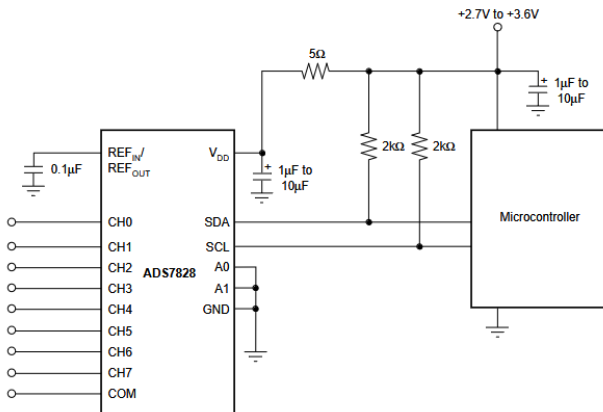
ADDRESS BYTE

MSB	6	5	4	3	2	1	LSB
1	0	0	1	0	A1	A0	R/W

The address byte is the first byte received following the START condition from the master device. The first five bits (MSBs) of the slave address are factory pre-set to 10010. The next two bits of the address byte are the device select bits, A1 and A0. Input pins (A1-A0) on the ADS7828 determine these two bits of the device address for a particular ADS7828. A maximum of four devices with the same pre-set code can therefore be connected on the same bus at one time.

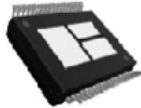
The A1-A0 Address Inputs can be connected to V_{DD} or digital ground. The device address is set by the state of these pins upon power-up of the ADS7828.

The last bit of the address byte (R/W) defines the operation to be performed. When set to a '1' a read operation is selected; when set to a '0' a write operation is selected. Following the START condition the ADS7828 monitors the SDA bus, checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving the 10010 code, the appropriate device select bits, and the R/W bit, the slave device outputs an acknowledge signal on the SDA line.





Automotive fully integrated H-bridge motor driver



PowerSSO-36 TP

Features

Type	$R_{DS(on)}$	I_{out}	V_{CCmax}
VN7040AY	40 mΩ typ (per leg)	35 A	38 V

- AEC-Q100 qualified
- Output current: 35 A
- 3 V CMOS compatible inputs
- Undervoltage shutdown
- Thermal shutdown
- Multisense monitoring functions
 - Analog motor current feedback
 - Chip temperature monitoring
 - Battery voltage monitoring



Description

The device is a full bridge motor driver intended for a wide range of automotive applications. The device incorporates a dual monolithic high-side driver and two low-side switches. All switches are designed using STMicroelectronics® well known and proven proprietary VIPower® M0 technology that allows to efficiently integrate on the same die a true Power MOSFET with an intelligent signal/protection circuitry.

Multisense_EN pin is available to enable the MultiSense diagnostic. The input signals IN_A and IN_B can directly interface the microcontroller to select the motor direction and the brake condition. Two selection pins (SEL0 and SEL1) are available to address to the microcontroller the information available on the Multisense. The Multisense pin allows to monitor the motor current by delivering a current proportional to the motor current value and provides also the diagnostic feedback according to the implemented truth table. When MultiSense_EN pin is driven low, MultiSense pin is in high impedance condition.

Table 12. Operative condition - truth table

INA	INB	PWM	SEL0	SEL1	MS_EN	MS	HSA	LSA	HSB	LSB
0	0	1	0	0	1	High-Z	OFF	ON	OFF	ON
		1	1	0	1	High-Z	OFF	ON	OFF	ON
0	1	0	0	0	1	Current Monitoring HSB	OFF	OFF	ON	OFF
		1	0	0	1	Current Monitoring HSB	OFF	ON	ON	OFF
0	1	0	1	0	1	High-Z	OFF	OFF	ON	OFF
		1	1	0	1	High-Z	OFF	ON	ON	OFF
1	0	0	0	0	1	High-Z	ON	OFF	OFF	OFF
		1	0	0	1	High-Z	ON	OFF	OFF	ON
1	0	0	1	0	1	Current Monitoring HSA	ON	OFF	OFF	OFF
		1	1	0	1	Current Monitoring HSA	ON	OFF	OFF	ON
1	1	X	0	0	1	Current Monitoring HSB	ON	OFF	ON	OFF
			1	0	1	Current Monitoring HSA				
0	0	0	1	0	1	Off state diagnostic OUTA	OFF	OFF	OFF	OFF
0	0	0	0	0	1	Off state diagnostic OUTB	OFF	OFF	OFF	OFF
X ⁽¹⁾	X	X	0	1	1	Chip Temperature Monitoring	—	—	—	—
X	X	X	1	1	1	Vcc Monitoring	—	—	—	—
X	X	X	X	X	0	High-Z ⁽²⁾	—	—	—	—

DT15 - Catalogue passerelles CAN

Extrait du catalogue du fournisseur GCAN

Photo	Référence	Description
	GCAN-202	CAN-Bus supports CAN2.0A and CAN2.0B frame format, conform to ISO/DIS 11898 standards; CAN baud rates range from 5Kbps to 1Mbps; Standard Ethernet interface: RJ45, supports 10 / 100M adaptive; Support agreement: ETHERNET, ARP, IP, ICMP, UDP, DHCP, DNS, TCP;
	GCAN-207	CAN-Bus supports CAN2.0A and CAN2.0B frame format, conform to ISO/DIS 11898 standards; CAN-Bus baud rates range from 5Kbps to 1Mbps; Standard serial port level, RS232 model or RS485 model can switch by software; Serial Bus baud rate range from 600bps to 115200bps;
	GCAN-211	CAN-Bus supports CAN2.0A and CAN2.0B frame format, conform to ISO/DIS 11898 standards; CAN baud rates range from 5Kbps to 1Mbps; Standard Ethernet interface: RJ45, supports 10 / 100M adaptive; 2.4G WLAN interface, in line with IEEE802.11a / b / g standard; Support agreement: ETHERNET, ARP, IP, ICMP, UDP, DHCP, DNS, TCP;

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DOC16 sur 16

DOCUMENT-RÉPONSES – Domaine Professionnel

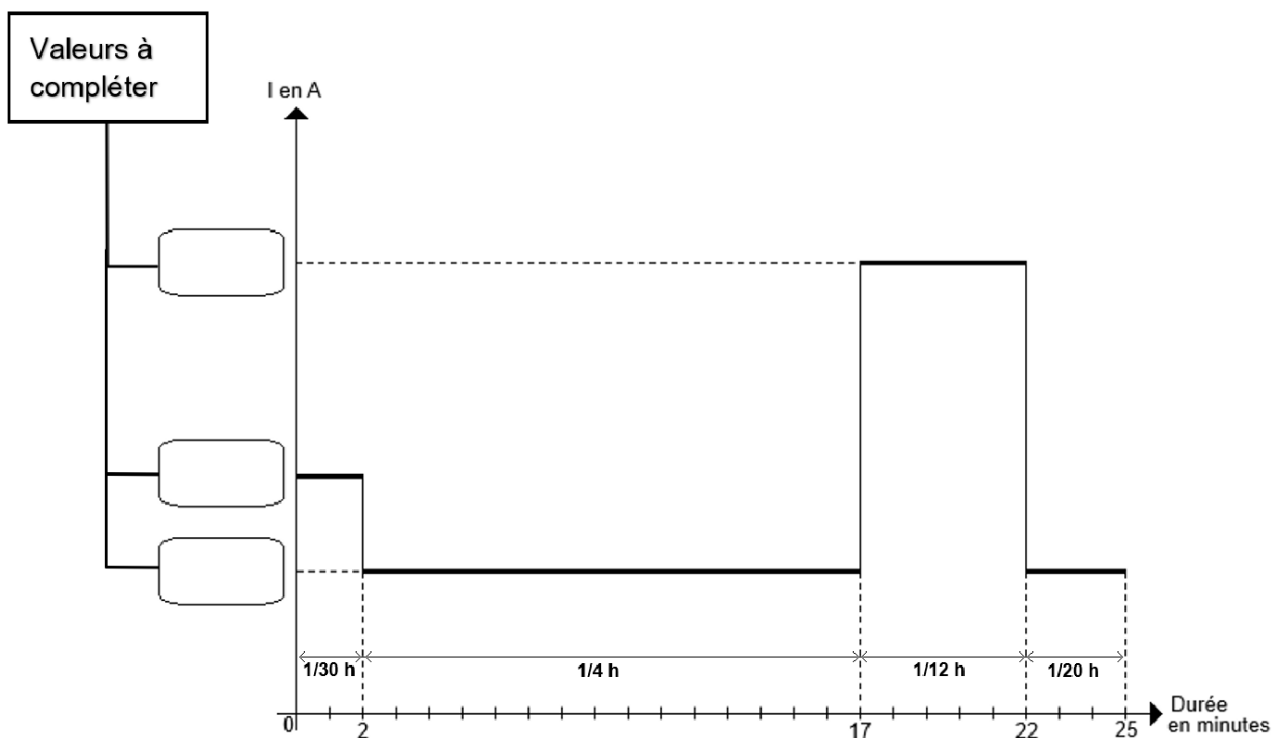
À RENDRE AVEC LA COPIE

DR-Pro 1

Question Q4

	Couple moteur M en N·m	Courant I en A
Descente du camion	16	
Déplacement sur terrain plat	8	
Montée escalier avec pente 30°	32	

Question Q5



CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DR-Pro1 sur 9

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

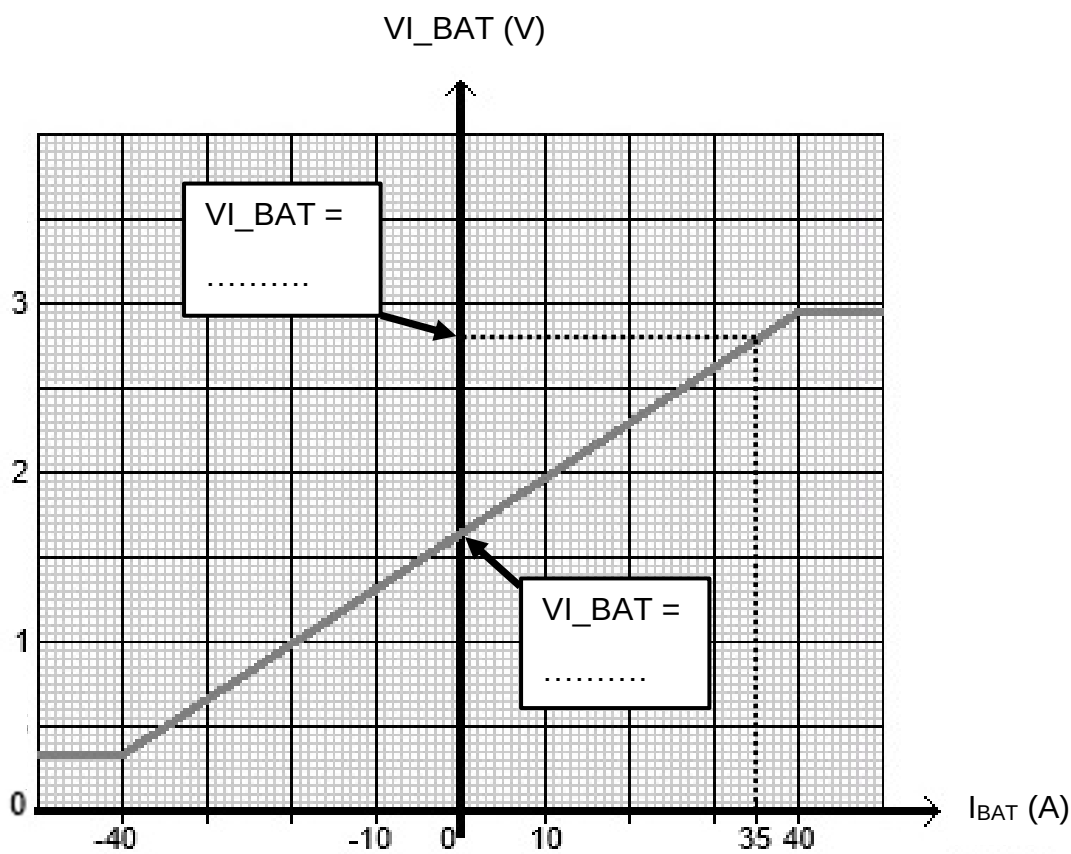
--	--	--



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

		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

Question Q10



Question Q12

Courant I _{BAT} (A)	Tension VI _{BAT} (V)	Valeur numérique N
I _{MIN} = 0 A		N _{MIN} =
I _{MAX} = 35 A		N _{MAX} =

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

[illegible]

PRENOM :
(en majuscules)

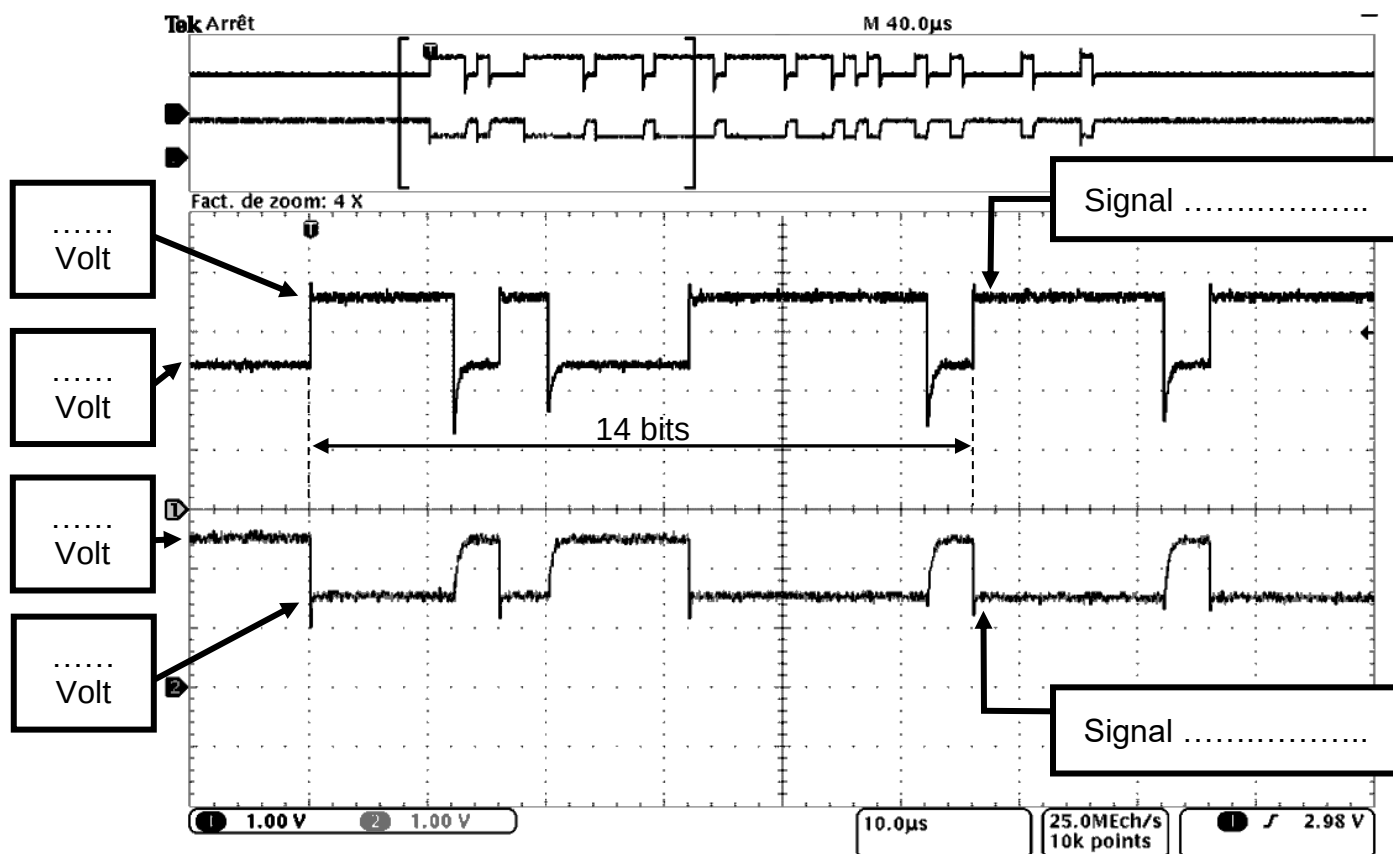
[illegible][illegible]

--	--	--



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

DR-Pro3
Questions Q19 et Q20



Niveaux de tensions validés par rapport à la norme : OUI ☐

 NON ☐

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

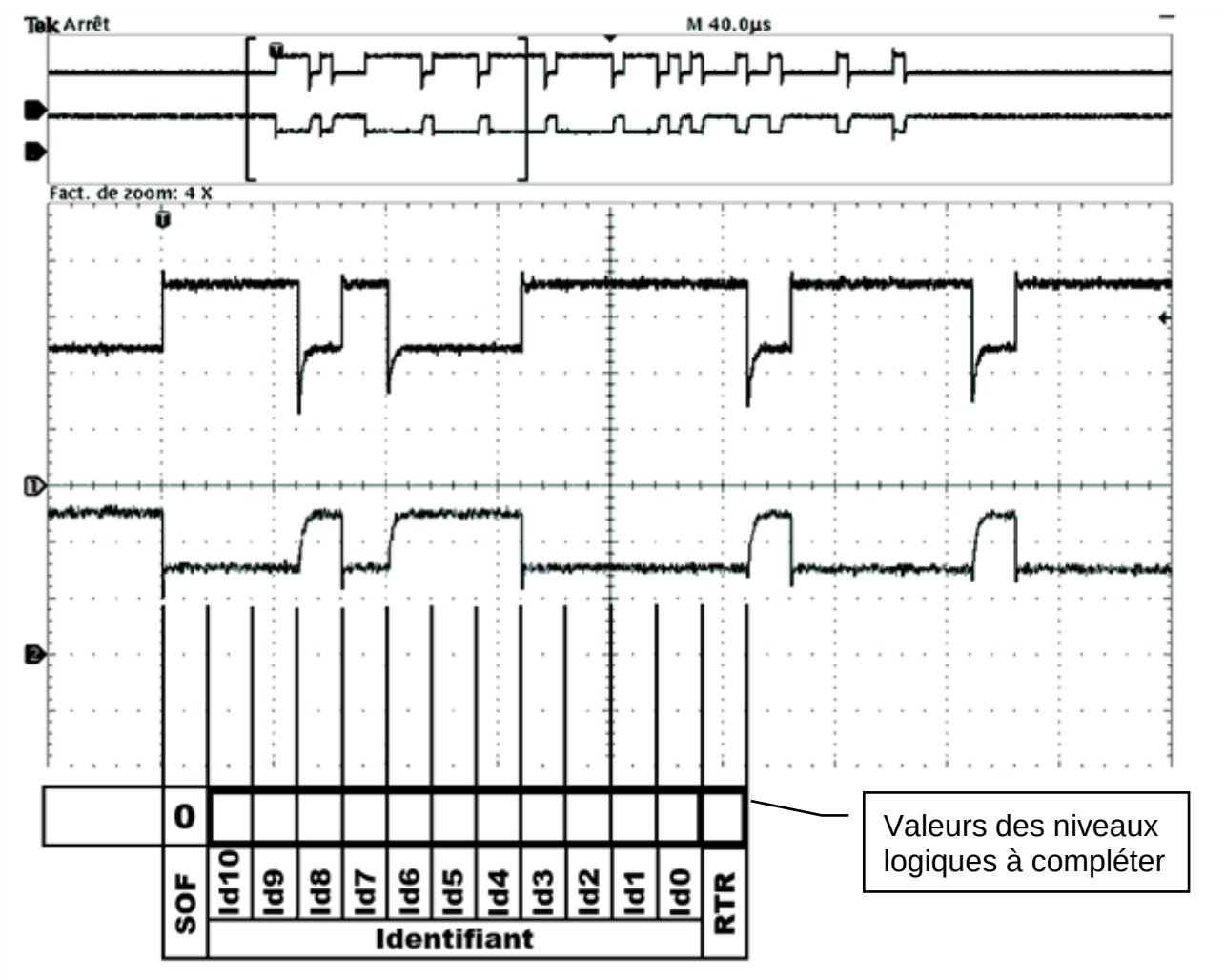
[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

DR-Pro4
Question Q21



Question Q22

Identifiant en hexa	Bit RTR	Type de trame (Donnée ou requête)	N° du roller correspondant

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

[illegible]

PRENOM :
(en majuscules)

[illegible]

N° candidat :

[illegible]

N° d'inscription :

--	--	--



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Né(e) le :

DR-Pro5

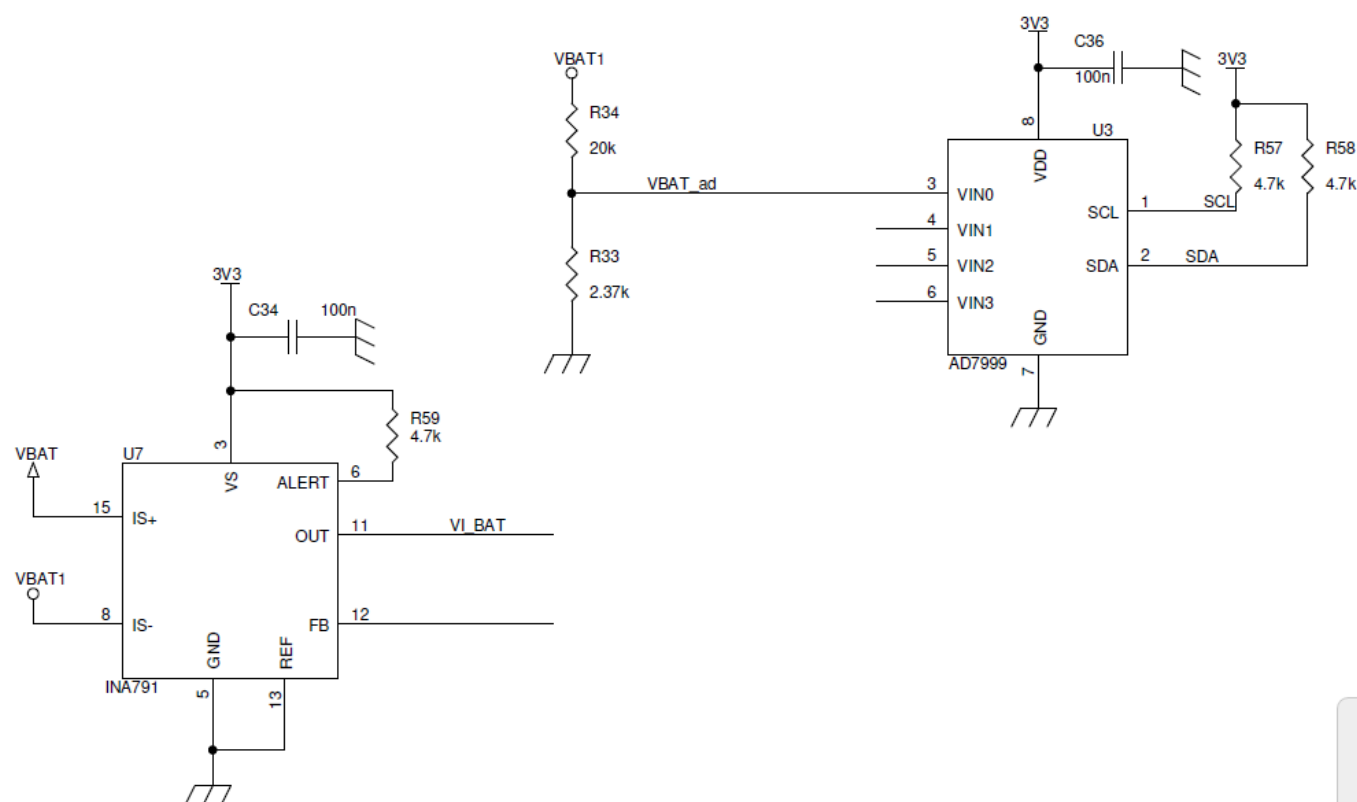
Question Q23

Champ	Valeur hexadécimale	Valeur binaire sur 16 bits	Commande du roller
Donnée sur 16 bits			

Question Q24

Champ	Valeur hexadécimale	Niveau de batterie en %
Donnée sur 8 bits		

Question Q34



DR-Pro6

Question Q35

Courant I_{BAT} (en A)	Tension V_{IBAT} (en V)	Valeur numérique N
$I_{MIN} = 0$ A	0 V	$N_{MIN} =$
$I_{MAX} = 35$ A	3,2 V	$N_{MAX} =$

Question Q38

	AD7999	ADS7828
Nom du bus numérique		
Résolution (en nombre de bits)		
Nombres d'entrées analogiques		

Question Q39

Octet d'adresse I²C en écriture :

MSB	6	5	4	3	2	1	LSB

Adresse I²C en écriture = 0x.....Octet d'adresse I²C en lecture:

MSB	6	5	4	3	2	1	LSB

Adresse I²C en lecture = 0x.....

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DR-Pro6 sur 9

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--

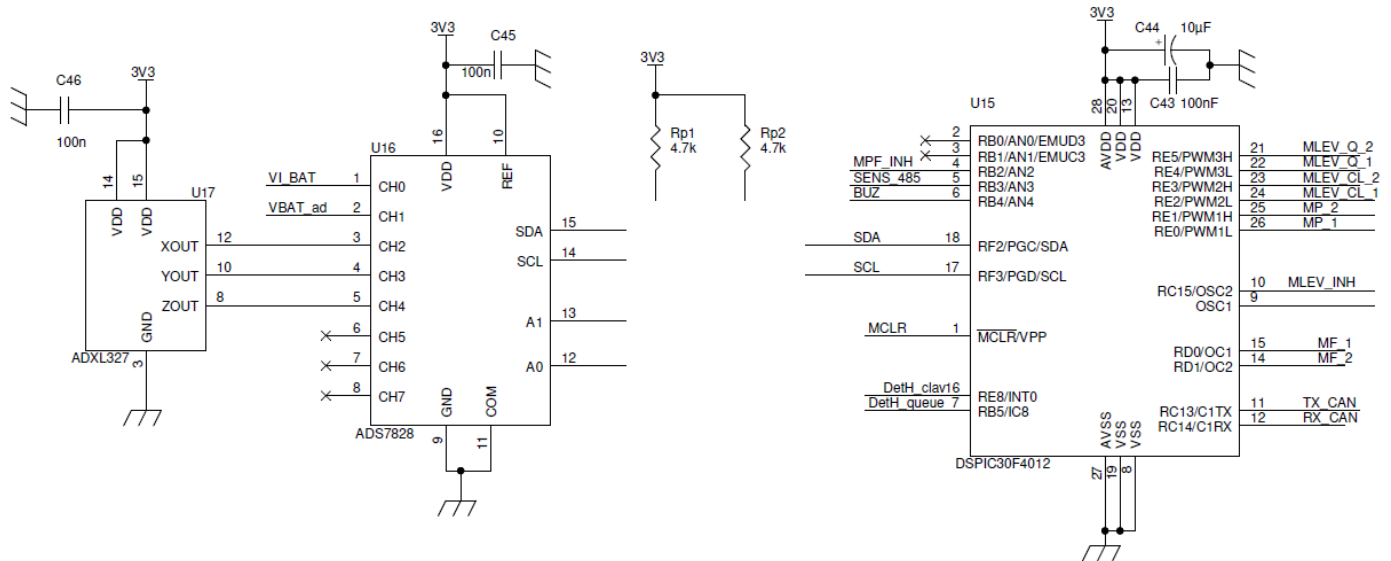


(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

[illegible]

DR-Pro7

Question Q40



Question Q41

Valeurs à compléter

```
#define READ_ADC ..... // Adresse ADS7828 sur 8 bits en lecture

#define WRITE_ADC ..... // Adresse ADS7828 sur 8 bits en écriture

long lecture_ADC(int channel)
{
    i2c_start();
    i2c_write(WRITE_ADC); // Adresse de l'ADS7828 en écriture
    i2c_write(channel); // Sélection du canal
    i2c_stop();
    i2c_start();
    i2c_write(READ_ADC); // Adresse de l'ADS7828 en lecture
    long can_MSB = i2c_read();
    long can_LSB = i2c_read(0);
    i2c_stop();
    long V_can = (can_MSB << ..... ) + can_LSB; // Conversion sur
                                                    // 16 bits.

    return V_can;
}
```

Valeur à compléter

Rappel : l'opérateur << réalise un décalage à gauche des bits :
Ex : 0b0000 0001 << 2 → 0b0000 0100

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DR-Pro7 sur 9

DR-Pro8

Question Q42

```
#include <maths.h>
#define PI 3.14159

float tangage(long Gx,long Gy,long Gz)
{
    float angleTangage;
    float gravite = sqrt(pow(Gx,2) + pow(Gy,2) + pow(Gz,2));
    angleTangage = asin(Gx/gravite);
    angleTangage *= 180/PI;          // Conversion de radian en degré
    return angleTangage;
}

float roulis(long Gx,long Gy,long Gz)
{
    float angleRoulis;
    float gravite = sqrt(pow(Gx,2) + pow(Gy,2) + pow(Gz,2));

    .....

    .....

    return angleRoulis;
}
```

Partie à compléter

Question Q44

```
int calculAlpha (int temp)
{
    int alpha = 100 ; // Initialise le rapport cyclique à 100%

    if (temp > ..... )
        alpha = .....;

    return alpha ;
}
```

Partie à compléter

CYBERSÉCURITÉ, INFORMATIQUE ET RÉSEAUX, ÉLECTRONIQUE OPTION ÉLECTRONIQUE ET RÉSEAUX		Session 2026
Étude et conception de produits électroniques – E4	Code : 26CIELBECF	Page DR-Pro8 sur 9

(en majuscules)

[illegible]

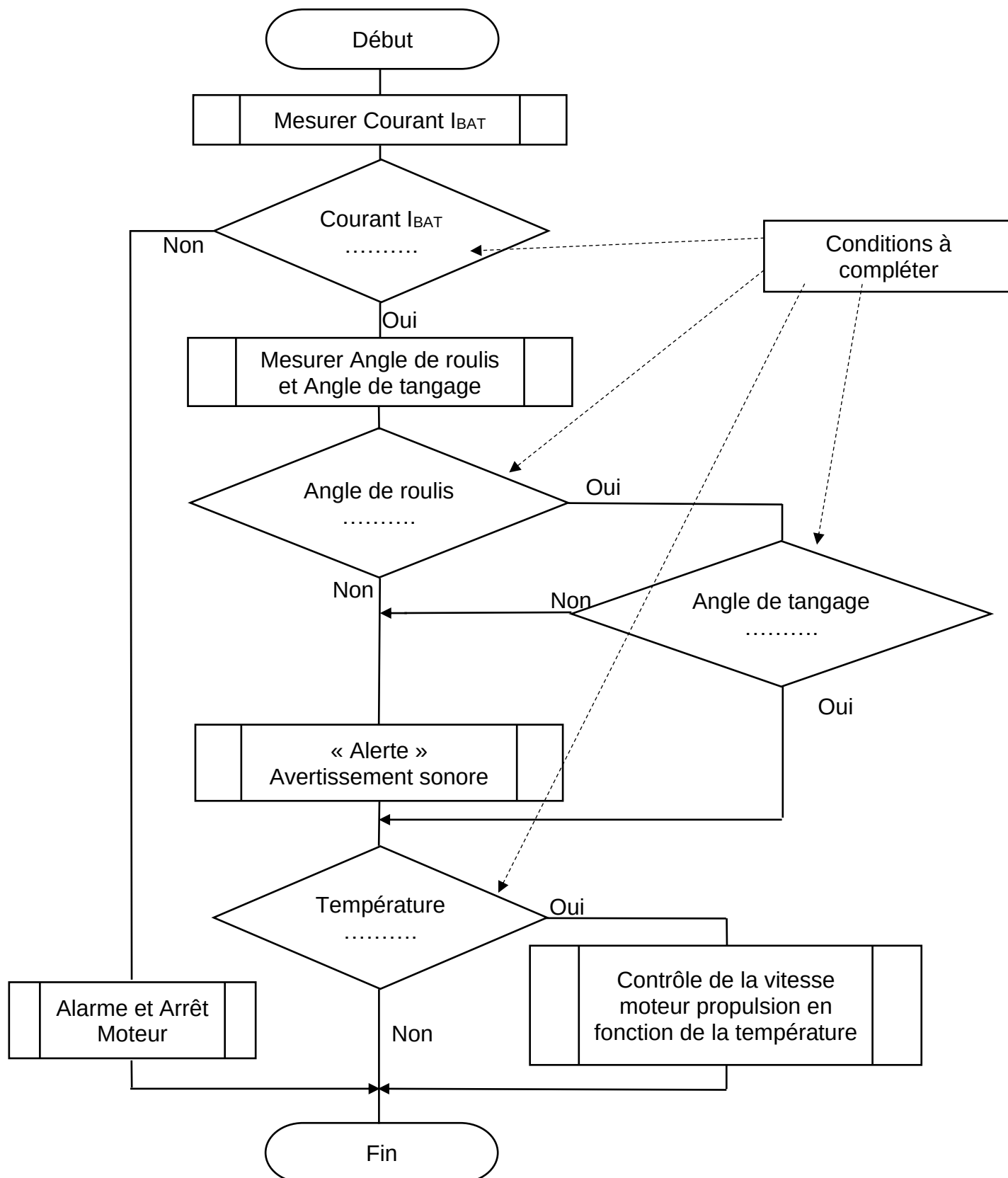
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



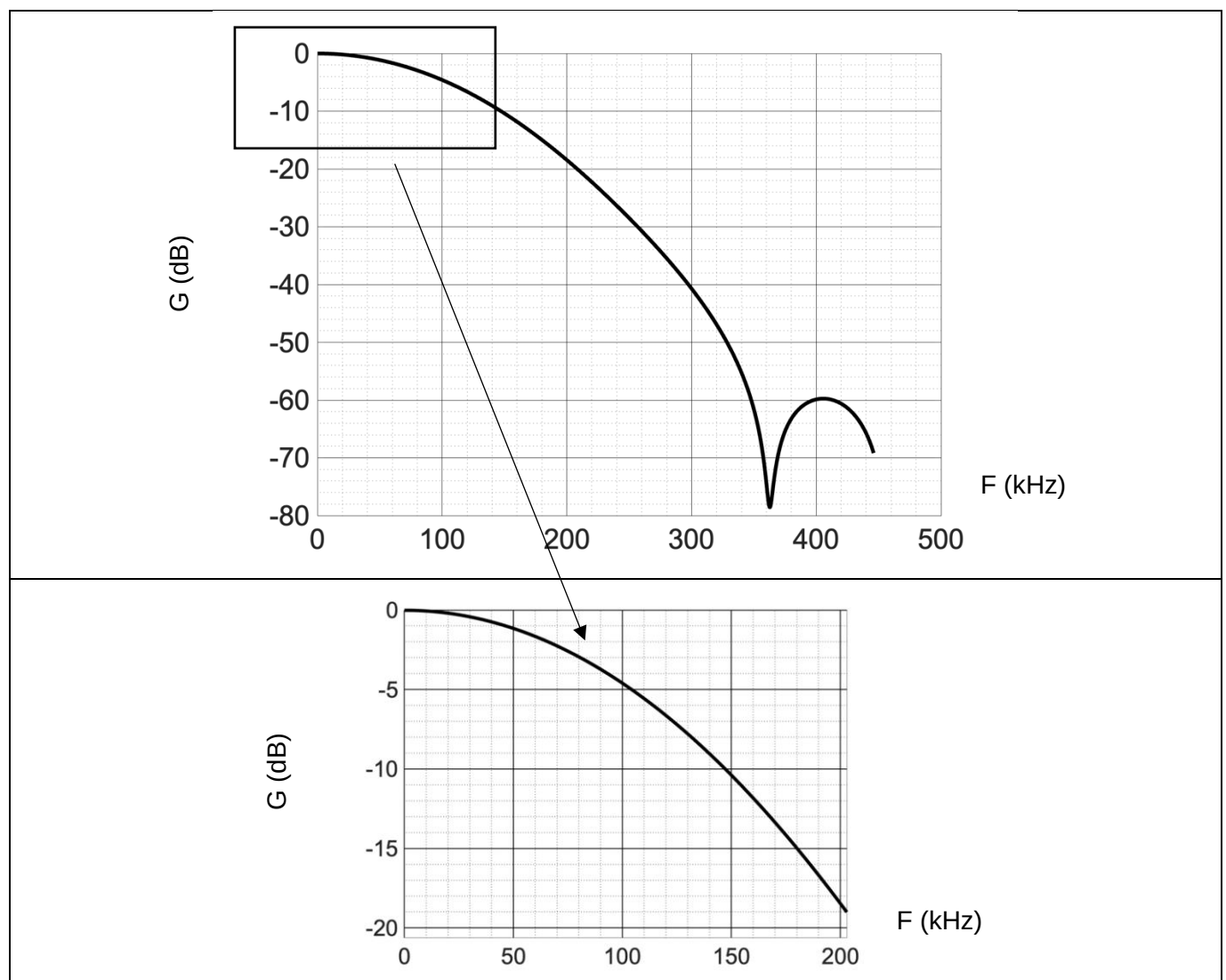
		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--



Document réponses – Domaine de la physique

À rendre avec la copie

Réponse à la question Q54.



$F_c =$

(en majuscules)

[illegible]

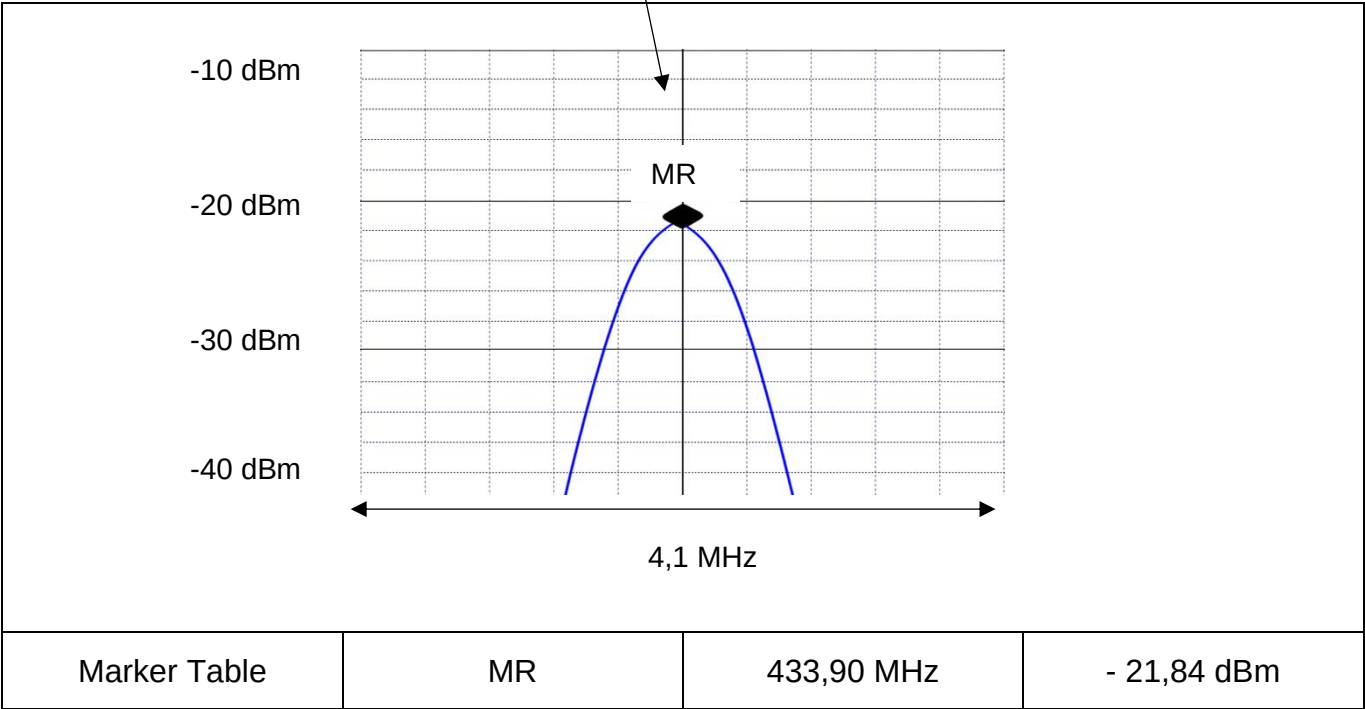
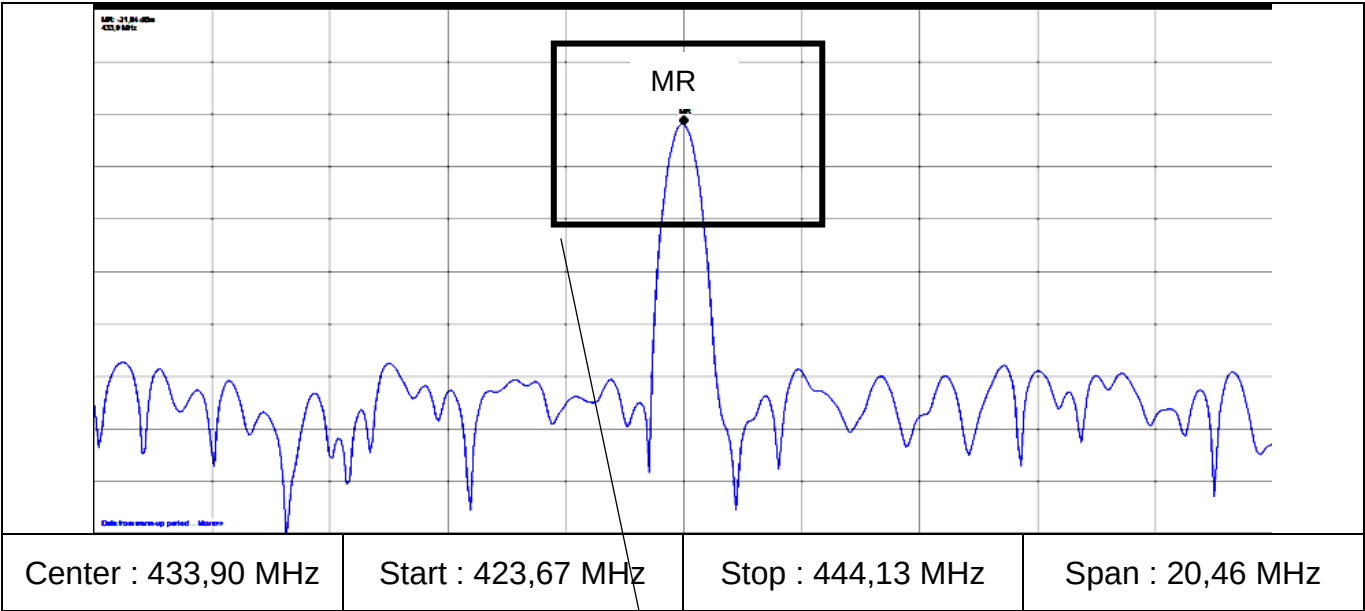
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



Réponses aux questions Q57., Q58. et Q59.



$F_p =$	$B =$
---------	-------

(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

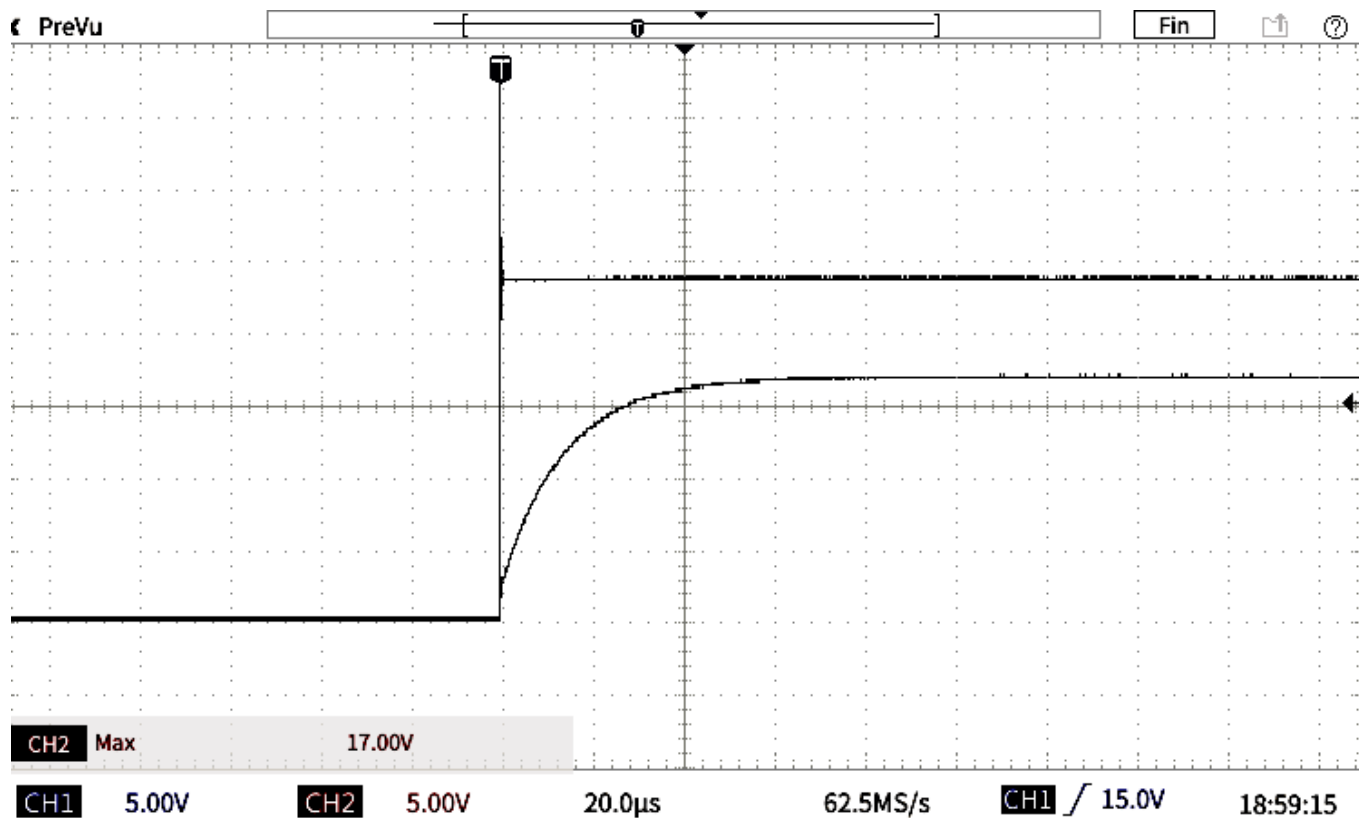
[illegible][illegible]

--	--	--



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

Réponses aux questions Q70. et Q71.



$\tau =$

(en majuscules)

[illegible]

(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--