

SESSION DE 2008

**CONCOURS INTERNE  
DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS AGRÉGÉS  
ET CONCOURS D'ACCÈS A L'ÉCHELLE DE RÉMUNÉRATION**

**Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE**

**Option A : ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE**

**PREMIÈRE ÉPREUVE PRENANT APPUI SUR UN  
SYSTÈME INDUSTRIEL**

Durée : 8 heures

*Calculatrice électronique de poche – y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*Convertisseur en euros autorisé.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

# SYSTEME CYCLOCITY

Ce sujet comporte 5 dossiers distincts :

📁 Dossier de présentation, texte du sujet avec le travail demandé	6 pages
📁 Dossier de questionnement	17 pages
📁 Documents réponses	4 pages
📁 Dossier annexes	52 pages
📁 Dossier schémas	6 pages

Ce sujet comporte six parties indépendantes :

- Partie 1 : Etude des supports de communication
- Partie 2 : Mesure de la vitesse du vélo
- Partie 3 : Stockage dans la mémoire I<sup>2</sup>C et restitution des données stockées.
- Partie 4 : Régulation du courant dans les phares
- Partie 5 : Alimentation de la carte CPU vélo et gestion de la batterie
- Partie 6 : Etude de la liaison RFID entre le vélo et point d'attache

## Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**DOSSIER DE PRESENTATION****ETUDE DU SYSTEME CYCLOCITY  
DEVELOPPE PAR LA SOCIETE JC DECAUX**

1.	Présentation générale .....	2
2.	Architecture du système et rôle de ses différentes composantes .....	2
	Description du fonctionnement du système vélo'V: .....	3
-	Du point de vue de l'utilisateur .....	3
-	Du point de vue technique .....	4
	Représentation schématique de l'architecture du système CYCLOCITY .....	6

# 1. Présentation générale

Depuis mai 2005, l'agglomération lyonnaise est dotée d'un grand parc de vélos en libre service, baptisé vélo'V. Le réseau compte à l'heure actuelle plus de 4000 vélos, répartis sur 340 stations implantées sur les communes de Lyon et Villeurbanne. Ce service proposé par la communauté urbaine de Lyon est géré par le groupe JC Decaux (société spécialisée dans le mobilier urbain et la communication extérieure), propriétaire des vélos mais également concepteur du système CYCLOCITY. Ce dernier constitue une solution complètement automatique, combinant bornes de location et bicyclettes.

Equipée d'un module GPRS fourni par Bouygues Telecom, chaque borne permet d'identifier les abonnés puis de libérer les bicyclettes. Selon les modalités d'abonnement, chacun peut prendre un vélo avec une gratuité d'utilisation de 30 mn à une heure, la location devenant payante au-delà de cette durée d'emprunt.



Figure 1. Station Vélo'V devant la gare Part-Dieu

## 2. Architecture du système et rôle de ses différentes composantes

Le système est constitué de **stations** comportant chacune une **borne** d'accueil automatisée, ainsi que des **points d'attache** individuelle des vélos.

Chaque borne remplit les fonctions suivantes :

⟨ pour les non-abonnés au service : distribuer une carte d'utilisation temporaire du service au moyen d'un écran et d'un clavier affectés à un usage monétique (le **lecteur monétique**).

⟨ pour les abonnés au service : permettre le choix du vélo au moyen d'un écran tactile et d'un lecteur de carte sans contact (le **lecteur vélo'v** ).  
Les bornes signalent à l'utilisateur le nombre de vélos disponibles à la location.



**Figure 2.** Borne d'accueil automatisée

Chaque point d'attache permet le rangement d'un vélo et est numéroté pour l'identification et le choix du Vélo.



**Figure 3.** Un point d'attache et un vélo'V

## **Description du fonctionnement du système vélo'V:**

### **- Du point de vue de l'utilisateur**

Pour pouvoir emprunter un vélo, chaque utilisateur doit disposer d'une carte (abonnement permanent ou carte temporaire délivrée par la borne).

#### **⟨ Identification de l'utilisateur :**

L'utilisateur passe sa carte devant le lecteur vélo'V. Un message sur l'écran tactile lui demande de saisir son code confidentiel et d'indiquer le numéro du vélo qu'il souhaite utiliser, dans la limite du stock de vélos disponibles à cet instant.

### < **Retrait du vélo :**

Après avoir saisi le numéro du vélo choisi, l'utilisateur dispose d'un délai de 60 secondes pour appuyer sur le bouton du point d'accroche (Figure 3). L'éclairage du vélo clignote durant 3 secondes et son buzzer émet un long bip pour confirmer la disponibilité du vélo ; si le vélo n'est pas retiré dans un délai de 20 secondes préfixé, le point d'attache se verrouille à nouveau automatiquement ;

### < **Restitution du vélo :**

L'utilisateur doit l'attacher à un point d'accroche disponible : l'éclairage du vélo clignote 3 secondes et son buzzer émet un long bip confirmant que le vélo a été correctement remis en place et que la restitution a bien été enregistrée.

#### - **Du point de vue technique**

La gestion du parc de vélos est rendue possible grâce à l'électronique embarquée à leur bord, (qui réalise des fonctions dédiées à la communication avec les différentes bornes), au stockage d'informations, ainsi qu'à la gestion de l'énergie produite et consommée pendant la course.

Nous décrivons ci-après les mécanismes de dialogue entre les différents éléments composant le système :

La borne est reliée aux différents points d'accroche par 4 liaisons RS485 multipoints, chacune d'entre elles pouvant assurer la liaison avec 10 points d'accroche (une station peut donc accueillir jusqu'à 40 vélos). Chaque point d'accroche comporte une carte à microprocesseur incluant une station de base RFID capable de dialoguer avec un transpondeur se trouvant sur le vélo par liaison radiofréquence.

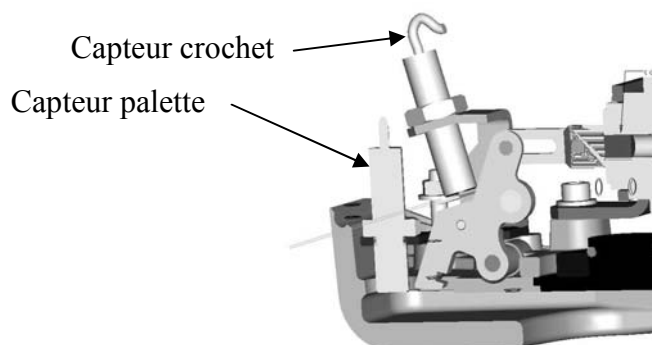
Le vélo comporte quant à lui deux cartes électroniques : la première, située au niveau du guidon, comprend un microcontrôleur 16 bits assurant la gestion de l'essentiel des fonctions électroniques réalisées. Nous l'appellerons par la suite « **carte CPU vélo** ». Un boîtier situé à hauteur du verrou du point d'attache renferme la seconde carte sur laquelle se trouvent le transpondeur et le microcontrôleur associé (« **carte transpondeur** »). Ces deux cartes communiquent par liaison série asynchrone RS232.

### < Lors du retrait du vélo :

La borne envoie au vélo (via les liaisons RS485 et RFID) les informations suivantes, qui seront stockées dans l'EEPROM du transpondeur :

- identifiant client
- numéro de borne
- numéro de point d'attache
- heure de départ

Les points d'attache sont équipés de deux capteurs inductifs permettant de détecter l'arrivée ou le départ d'un vélo.



Lors de la libération d'un vélo, l'électro-aimant remonte le crochet pendant un temps variable (20s maximum). En retirant le vélo, l'utilisateur provoque la perte de la détection de la palette située sur le vélo.

⟨ Lors de la restitution du vélo :

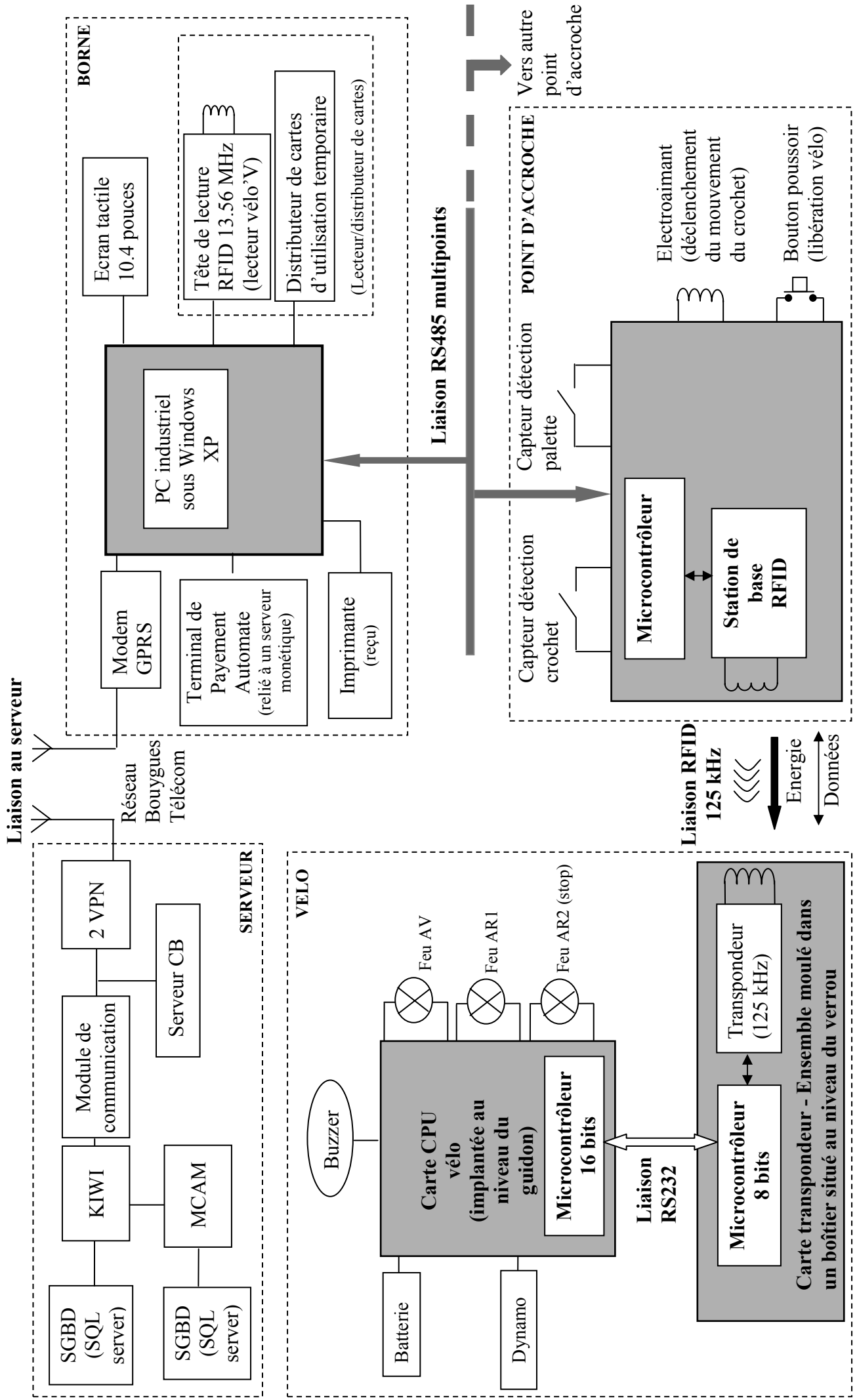
A chaque restitution du vélo est transmis à la borne le statut du vélo :

- état des fonctions essentielles du vélo (batterie, éclairage, continuité dynamo), avec impossibilité d'utiliser un vélo lorsqu'une défaillance d'un de ces composants est avérée
- informations permettant la gestion des fonctions statistiques (heure, durée d'utilisation, kilométrage parcouru, etc.).

Ce compte-rendu est ensuite transféré de la borne vers le serveur principal. Ce dialogue permanent permet une réactivité optimale et assure le contrôle du parc, notamment grâce au logiciel de supervision KIWI (*Kiosc Wireless Internet*), programme multi villes et multi services permettant le suivi des vélos, mais également de panneaux d'affichages et bornes interactives JC Decaux.

Des équipes de maintenance surveillent et entretiennent le parc de vélos (répartition des vélos entre les différentes stations, réparation des vélos détériorés, mises à jour du logiciel de l'électronique embarquée sur le vélo, etc.). KIWI contrôle le taux d'occupation des stations et envoie des alertes au Module de Collecte d'Alarmes et de Maintenance MCAM (module de surveillance externe et de gestion d'astreintes contactant le personnel de maintenance par courriel et par SMS).

# Représentation schématique de l'architecture du système CYCLOCITY





# QUESTIONNEMENT

**Ce sujet comporte 6 parties indépendantes :**

1.	Etude des supports de communication .....	2
2.	Mesure de la vitesse du vélo.....	2
3.	Stockage dans la mémoire I <sup>2</sup> C (Circuit U21, M24C64) et restitution des données stockées. ....	3
4.	Régulation du courant dans les phares .....	5
5.	Alimentation de la carte CPU vélo et gestion de la batterie.....	6
6.	Etude de la liaison RFID entre le vélo et point d'attache.....	10

# 1. Etude des supports de communication

1.1. *Donner les éléments permettant de justifier les choix technologiques des différents moyens de communication retenus (RS-232 pour la liaison entre la carte CPU vélo et la carte transpondeur, RFID pour la liaison vélo-point d'accroche, RS-485 pour la liaison point d'accroche-borne, GPRS pour la liaison borne/serveur). Vous pourrez argumenter votre réponse en comparant à d'autres technologies concurrentes qui auraient pu être retenues.*

⟨ liaison RS485 multipoints entre les points d'attaches et la borne

1.2. *Que doit-on spécifier au niveau du format des échanges dans le cas d'une liaison RS485 ?*

1.3. *Donner le principe et la limite du contrôle d'erreur par bit de parité.*

1.4. *Expliquer pourquoi le choix de la liaison RS485 rend l'usage du bus CAN impossible au niveau de la couche physique.*

1.5. *Proposer un mécanisme de partage d'accès au support adapté à l'application.*

⟨ Liaison avec le serveur

1.6. *Expliquer le concept de Réseau Privé Virtuel VPN (Virtual Private Network) et en décrire le fonctionnement.*

1.7. *Quelle évolution technologique représente le GPRS par rapport au GSM ?*

1.8. *Le serveur lance un thread dédié à la communication avec chaque borne. Expliquer la notion de thread.*

1.9. *Illustrer à l'aide d'un exemple pédagogique le problème des accès concurrents à une ressource partagée. Quels mécanismes peuvent être mis en place afin d'y remédier ?*

## 2. Mesure de la vitesse du vélo

La mesure de vitesse est effectuée à partir du signal produit par la dynamo, en déterminant la fréquence du signal VITM16 (carte CPU Vélo, page 4/4) à l'aide du microcontrôleur IC1 (carte CPU Vélo, page 3/4). VITM16 est obtenu à partir du signal VIT (carte CPU Vélo, page 2/4). Les labels DYNA1 et DYNA2 identifient les bornes de la dynamo. Cette dernière est une génératrice synchrone possédant 14 paires de pôles. On pose  $V_{DYNA} = DYNA1 - DYNA2$ . Cette tension peut être considérée comme sinusoïdale, et l'on a  $V_{DYNAeff} \approx 6V$  pour  $V = 10km/h$ .

2.1. *Donner l'allure du signal  $V_{U44-2}$  (broche 2 du circuit U44).*

2.2. *Quels sont les rôles de l'inverseur CMOS U44 (carte CPU Vélo page 2/4) et de la porte AND U43 (carte CPU Vélo page 4/4) ?*

2.3. Déterminer la tension  $V_{DYNA}$  minimale pour que la mise en route du vélo puisse être détectée, compte tenu des données suivantes et des documentations constructeurs fournies en annexe.

- $V_{IH}= 2.8 V$  (inverseur CMOS U44)
- $V_F=1.13V$  (tension directe de la LED émettrice de l'optocoupleur IL300 (U16).
- $V_D=0.7 V$  (tension directe de la diode D20).

En déduire la vitesse minimum mesurable.

### ⟨ Activité pédagogique sur la mesure de fréquence d'un signal

Cette activité pédagogique s'adresse à des étudiants de BTS SE, de BTS IRIS ou d'IUT GEII. Il s'agit d'illustrer le principe de la mesure de fréquence sur l'exemple de la mesure de vitesse d'un vélo à partir du signal produit par sa dynamo.

2.4. Présenter les deux stratégies de comptage classiquement utilisées, en caractérisant leur précision. Laquelle semble la mieux adaptée, compte-tenu de l'application ?

2.5. Lister les données à collecter sur le système pour fournir un cahier des charges exhaustif aux étudiants.

2.6. Elaborer une séquence pédagogique (cours, TP, synthèse) permettant d'aborder la mesure de vitesse, fréquence... Vous donnerez la liste complète du matériel utilisé ainsi qu'un descriptif des questions et des réponses.

## **3. Stockage dans la mémoire I<sup>2</sup>C (Carte CPU Vélo page 3/4, Circuit U21, M24C64) et restitution des données stockées.**

Nous nous intéressons dans ce qui suit au stockage et à la restitution des date et heure de départ. Cette information est représentée par un entier codé sur 32 bits au format Unix (nombre de secondes écoulées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1970).

3.1. Combien d'octets contient le circuit M24C64 ? Préciser le nombre de bits nécessaires à l'adressage du contenu de la mémoire.

3.2. Quels sont les avantages et inconvénients des mémoires à interface série de type I<sup>2</sup>C ?

3.3. Donner l'adresse de l'EEPROM sur le bus I<sup>2</sup>C. Préciser le rôle des broches E0, E1 et E2.

3.4. Quel est le rôle des résistances R76 et R77 ? Quels sont les critères de dimensionnement généralement retenus pour ces résistances ?

3.5. Quel est le rôle de la broche  $\overline{WC}$  ? Comment est-elle utilisée ici ?

3.6. Décrire les conditions de début (START) et de fin (STOP) des transferts. Préciser également les conditions de changement d'état et de validité des données.

3.7. Décrire la trame I<sup>2</sup>C correspondant au stockage de la date suivante à l'adresse 0CH de la mémoire : 4 mars 2008 à 8h (soit 47CD0180H). Les octets sont stockés en mémoire dans l'ordre big-endian : l'octet de poids le plus fort stocké à l'adresse mémoire la plus basse. Un tableau de la

forme suivante (complété avec *START*, *ACK*, les octets transmis au format hexadécimal, etc.) pourra être utilisé afin de simplifier la présentation des résultats et de mettre en évidence quel circuit fournit la donnée sur le bus.

Maître (M30624FGPFP)	Esclave (Mémoire M24C64)

3.8. Décrire la trame PC correspondant à la restitution de la date précédemment stockée à l'adresse 0CH de la mémoire, en utilisant une présentation semblable.

- Horodatage des événements

Depuis l'instauration du calendrier grégorien, sont bissextiles, les années:

- divisibles par 4 mais non divisibles par 100

ou

- divisibles par 400

3.9. Donner le pseudo-code (voir syntaxe en annexe) ou l'organigramme de la fonction **estBissext** permettant de déterminer si une année est bissextile (définir toute fonction ou notation introduite). Cette fonction reçoit en paramètre une variable **annee** et retourne un booléen qui est **VRAI** si l'année est bissextile.

On souhaite coder la fonction permettant de convertir une date (postérieure au 1<sup>er</sup> janvier 1970) de type JJ:MM:AAAA HH:MM:SS au format UNIX de prototype :

FONCTION entier dateEnTimestamp(jour,mois,annee,heure,min,sec)

Cette fonction retourne un entier représentant le nombre de secondes écoulées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1970 à 0h00. Elle reçoit en paramètre la date courante avec l'année (ex : 2008), le mois (entier compris entre 1 et 12), le jour (entier compris entre 1 et 31), l'heure (entier compris entre 0 et 23), les minutes (entier compris entre 0 et 59) et les secondes (entier compris entre 0 et 59).

Cette fonction pourra utiliser le tableau `cumulJours` défini comme suit :

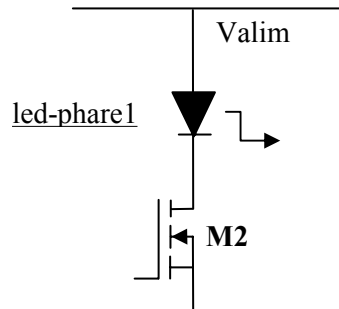
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cumul des jours	0	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334

ex : `cumulJours[3] = 59` signifie que 59 jours se sont écoulés entre le début de l'année et le début du mois de mars pour une année **non bissextile**.

3.10. Donner le pseudo-code ou l'organigramme de cette fonction.

## 4. Régulation du courant dans les phares

La commande des différents phares du vélo est assurée par la carte **CPU Vélo, page 2/4**. Les labels « led-phare1 » et « led-feu » désignent respectivement le phare avant (LED de puissance blanche) et le feu de position situé sur le garde-boue arrière (LED rouge). Chacune de ces diodes est connectée entre Valim et le drain d'un transistor MOSFET à canal N (M2 ou M8) :



La commande des transistors M4, Q4, M10 et Q6 fonctionnant en commutation est assurée par les signaux PHARE1 et FEU, en provenance du CPU vélo. Il s'agit de signaux en modulation de largeur d'impulsion (MLI), de fréquence 100 Hz.

4.1. Préciser l'état des transistors M4 et Q4 en fonction du niveau logique du signal PHARE1.

### < Etude de l'alimentation du phare 1 lorsque M4 est fermé

4.2. Quel est le composant assurant la mesure du courant dans la LED ?

4.3. Montrer qualitativement que le circuit réalisé autour de U1A permet la régulation du courant dans la LED

4.4. Quel est le régime de fonctionnement du transistor M2 ?

4.5. Calculer la valeur du courant dans la LED, noté  $I_{max\_phare1}$ .

4.6. Quels sont les composants assurant la détection d'un circuit ouvert, indiquant un défaut de fonctionnement du phare ?

### < Etude du courant moyen dans les LED phare1 et feu

4.7. Exprimer le courant moyen dans la LED phare1, noté  $I_{moy\_phare1}$ , en fonction du rapport cyclique  $\zeta_1$  du signal PHARE1 et de  $I_{max\_phare1}$ .

4.8. On souhaite ajuster les courants  $I_{moy\_phare1}$  et  $I_{moy\_feu}$  à 100 mA et à 15 mA respectivement. En déduire les valeurs des rapports cycliques  $\zeta_1$  du signal PHARE1 et  $\zeta_2$  du signal FEU.

4.9. Donner quelques critères de choix de la fréquence de découpage des signaux MLI.

## 5. Alimentation de la carte CPU vélo et gestion de la batterie (carte CPU Vélo, page 1/4)

### a) Régulation de la tension produite par la dynamo

Le convertisseur SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) réalisé autour du circuit LT1308 peut être schématisé de façon simplifiée comme suit :

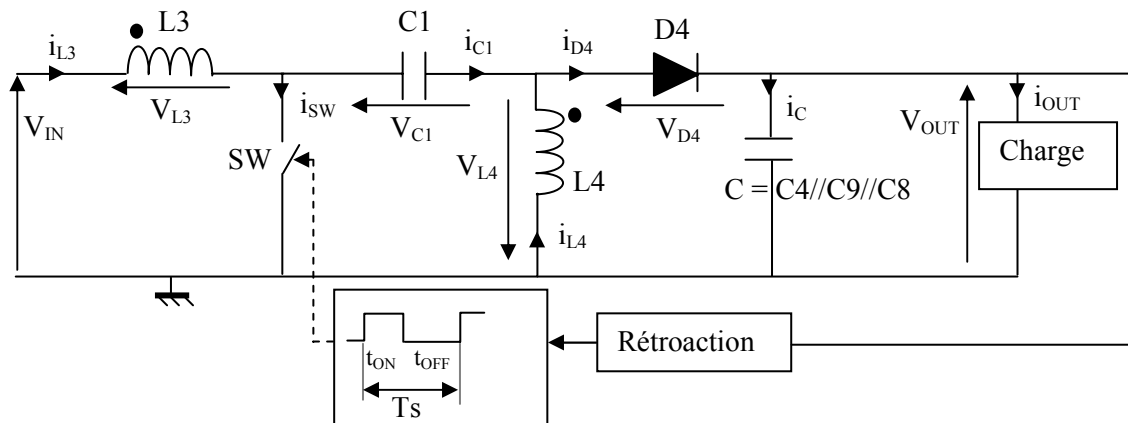


Figure 1.

SW est un commutateur statique piloté par un signal rectangulaire de rapport cyclique  $\zeta$  et de période  $T_s$ .

Ce convertisseur permet de maintenir la tension de sortie  $V_{OUT}$  constante en dépit des variations de la tension d'entrée  $V_{IN}$  et du courant de sortie  $I_{OUT}$ . La régulation de  $V_{OUT}$  est assurée par une boucle de retour mettant en jeu le circuit LT1308.

#### < Etude en boucle ouverte

Dans ce qui suit, nous négligerons l'ondulation de la tension aux bornes des condensateurs et nous ferons l'hypothèse d'un fonctionnement en conduction continue. Nous ne tiendrons pas compte des pertes dues à la chute de tension aux bornes de SW à l'état passant ainsi qu'à la chute de tension directe aux bornes de la diode D4. Les courants minimum et maximum dans les inductances L3 et L4 seront respectivement notés  $I_{L3MIN}$ ,  $I_{L3MAX}$ ,  $I_{L4MIN}$  et  $I_{L4MAX}$ .

5.1. Donner la valeur moyenne des tensions  $V_{L3}$  et  $V_{L4}$ . En déduire l'expression de la valeur moyenne de la tension  $V_{C1}$ .

5.2. Pour  $t$  appartenant à l'intervalle de conduction du commutateur SW, exprimer :

$$\langle I_{L3MAX} = f(I_{L3MIN}, V_{IN}, L3, \zeta, T_s) \rangle$$

$$\langle I_{L4MAX} = f(I_{L4MIN}, V_{IN}, L4, \zeta, T_s) \rangle$$

5.3. Pour  $t$  appartenant à l'intervalle de blocage du commutateur SW, exprimer :

$$\langle I_{L3MAX} = f(I_{L3MIN}, V_{OUT}, L3, \zeta, T_s) \rangle$$

$$\langle I_{L4MAX} = f(I_{L4MIN}, V_{OUT}, L4, \zeta, T_s) \rangle$$

5.4. Exprimer  $V_{OUT} = f(V_{IN}, \zeta)$

5.5. Compléter les chronogrammes des tensions et courants sur le document réponse DR1 pour  $\zeta = 0.4$ ,  $\zeta = 0.6$  et  $V_{IN}=5V$ . Préciser les valeurs remarquables.

5.6. Quel est l'avantage de la topologie SEPIC sur un convertisseur de type abaisseur ou élévateur ? Justifier son emploi dans le cadre de l'application.

< Etude en boucle fermée

La structure interne du circuit LT1308a est détaillée sur la figure 2a de la documentation constructeur. Afin d'en faciliter l'exploitation, nous baserons dans un premier temps notre étude sur le schéma simplifié de la Figure 2, sur lequel le générateur de rampe n'est pas représenté (ce dernier assurant la stabilité du système lorsque le rapport cyclique excède 0.5).

La commande réalisée consiste à contrôler la valeur maximale du courant  $i_{SW}$  parcourant le transistor Q3.

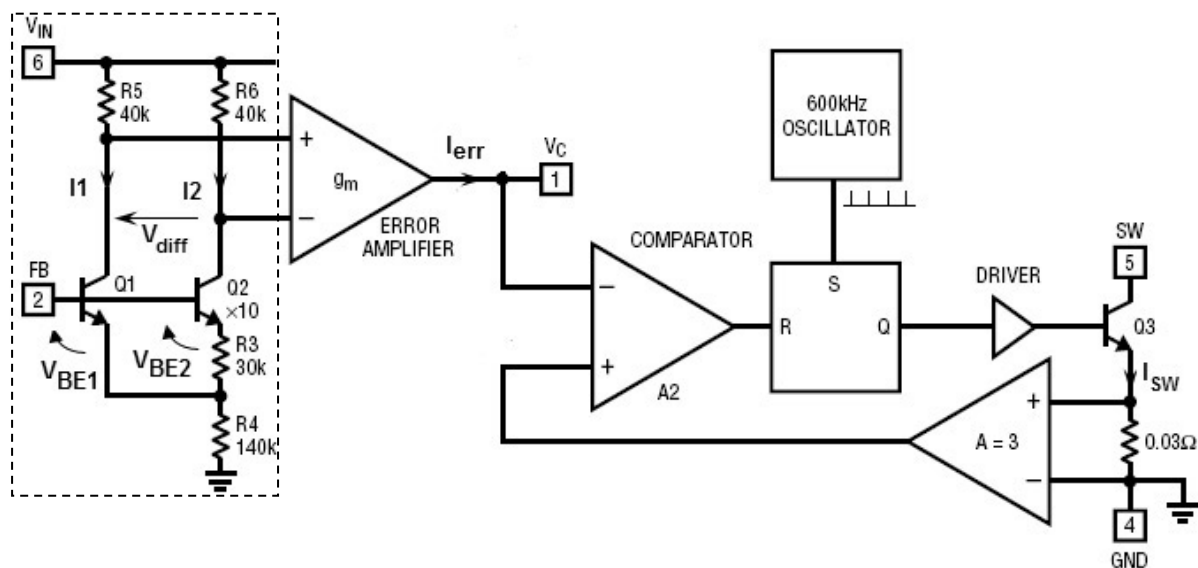


Figure 2.

5.7. Donner la relation entre le courant maximal dans le transistor Q3 (que nous noterons  $I_{SWmax}$ ) et la tension  $V_c$  disponible sur la broche 1 du circuit.

Dans ce qui suit, nous nous placerons dans le cas où le transistor Q11 est bloqué (carte CPU vélo, page 1/4), ce qui revient à considérer que seul le circuit série constitué de R14 et C13 est ainsi connecté sur la broche 1. Le comportement dynamique du système peut être étudié en linéarisant les équations autour d'un point de fonctionnement. Cette méthode nous permettrait d'obtenir

$$H(p) \mid \frac{V_{out}(p)}{I_{SW\ max}(p)}$$

5.8. Compléter le schéma bloc figurant sur le document réponse DR2. FB\* désigne la consigne de tension de cette régulation. Relever dans la documentation constructeur les valeurs des constantes  $\frac{V_{diff}}{FB^*}$  et  $\frac{I_{err}}{V_{diff}}$ .

5.9. Quel type de correction est ainsi effectué ?

5.10. En déduire la relation liant I1 et I2 en régime permanent.

On s'intéresse désormais à la structure mise en œuvre pour mesurer l'erreur entre la sortie obtenue et la consigne.

Sur la Figure 2, Q2 est constitué de 10 transistors identiques en parallèle. Nous rappelons que le courant collecteur d'un transistor NPN s'exprime de la manière suivante :

$$I_C \approx I_S \exp \left( \frac{V_{BE}}{V_T} \right)$$

Le courant de saturation  $I_S$  est le même pour l'ensemble des transistors intégrés.

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

avec :

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K (constante de Boltzmann)}$$

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

T : température en degrés Kelvin (K)

**5.11.** D'après la documentation constructeur, le montage réalisé autour des transistors Q1 et Q2 est appelé « bandgap ». Expliquer l'intérêt d'une telle structure en citant quelques exemples d'applications typiques.

**5.12.** Donner la relation  $\Delta V_{BE} \approx V_{BE2} - V_{BE1} = f(V_T, I_1, I_2)$  et exprimer  $I_2 = f(V_{BE1}, V_{BE2}, R_3)$  en négligeant la chute de tension dans  $R_B$ .

**5.13.** En déduire la relation  $FB = f(R_3, R_4, K, T, q, V_{BE1})$  en régime permanent. Expliquer qualitativement pourquoi la tension FB reste stable en dépit d'éventuelles variations de température.

**5.14.** Sachant que pour une température de 25°C la tension  $V_{BE1}$  est égale à 0.668V, déterminer la tension FB (Feedback Voltage) disponible sur la broche 2 du LT1308. Comparer avec la valeur donnée dans la documentation constructeur.

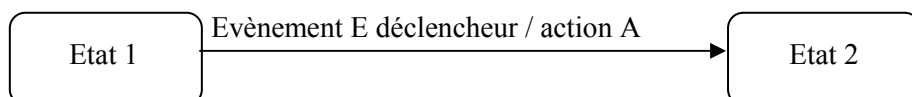
**5.15.** Déterminer l'expression et la valeur de la tension de sortie régulée  $V_{DYN} = V_{OUT}$

**5.16.** Quel est le rôle du circuit constitué par Q11, R109, R111, C80 ? Décrire son fonctionnement de manière succincte. Quel sera l'effet perceptible par l'utilisateur du vélo ?

**5.17.** Compte-tenu de la fréquence de découpage, expliquer comment l'ondulation de la tension de sortie est liée à la technologie des condensateurs employés.

## **b) Gestion de l'alimentation de la carte CPU vélo (carte CPU vélo, pages 1/4 et 4/4)**

Le diagramme d'état décrivant la gestion des différents modes d'alimentation de la carte CPU vélo est donné ci-après. Les zones délimitées par un trait pointillé (A, B et C) font l'objet de questions auxquelles le candidat sera invité à répondre dans cette partie. La syntaxe utilisée est brièvement décrite ci-après :



En réponse à un événement E, le système se trouvant dans l'état 1 passe dans l'état 2. L'action A est alors accomplie.



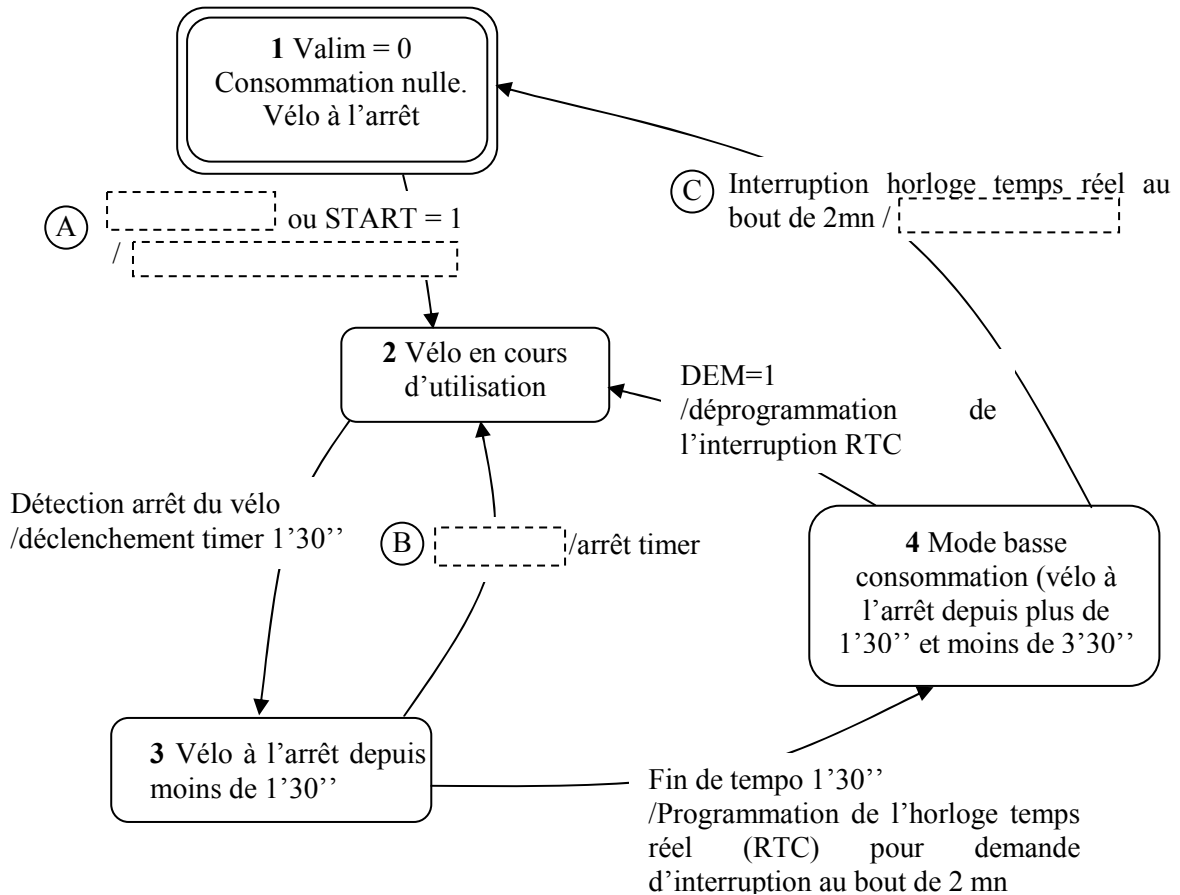


Figure 3.

**Remarque** : Nous nous intéressons à un cycle d'utilisation « normal » du vélo. Aussi, ce diagramme ne tient pas compte de la possibilité offerte à l'équipe de maintenance de réveiller le CPU vélo par le biais de l'utilisation d'un chargeur externe de batterie (CNVSS sera donc toujours à 0).

Dans l'état initial (état 1), les signaux WAKEUP, NGAP, CNVSS et START sont à 0. Le signal TST\_DYN est également à 0 (signal utilisé lors de tests de continuité de la dynamo). Les nœuds DYNA1 et DYNA2 font référence aux bornes de la dynamo.

Le vélo est équipé d'une batterie Lithium polymère dont la tension en fonctionnement peut varier entre 2.6 et 4.05V, connectée aux bornes Wago J5 et J6.

5.18. Compléter le document-réponse DR3 en indiquant dans les cadres représentés en pointillés les références des circuits intégrés correspondant aux différents convertisseurs associés. Indiquer dans les cadres représentés en trait plein les composants permettant la réalisation des fonctions associées.

5.19. Dans l'état 1, que vaut la tension appliquée sur la broche 1 du circuit U8 (LTC3441) ? Expliquer pourquoi le microcontrôleur IC1 n'est pas alimenté.

5.20. Quelle est la fonction réalisée par les diodes D6 à D9 et la résistance R13 ?

Le circuit U28B est câblé en monostable.

5.21. *Expliquer comment le démarrage du vélo se traduit par une impulsion sur START (carte CPU vélo, page 4/4). Montrer que cela a pour effet le « réveil » du CPU vélo.*

5.22. *L'impulsion générée par le monostable ayant une durée limitée, quelle action doit être réalisée par le programme du microcontrôleur pour permettre le maintien de son alimentation ?*

5.23. *Montrer que lorsque le vélo roule à une vitesse suffisante, l'énergie est prélevée sur la dynamo plutôt que sur la batterie.*

Au cours de l'emprunt d'un vélo, lorsque celui-ci est à l'arrêt depuis 1min30s, le microcontrôleur IC1 passe en mode « basse consommation » et programme l'horloge temps réel I<sup>2</sup>C (U20) pour qu'elle génère une interruption au bout de 2min. Si le vélo ne redémarre pas dans ce laps de temps (signal DEM à 1), cette interruption a pour effet la coupure complète de l'alimentation de la carte CPU vélo (retour à l'état 1).

5.24. *Expliquer pourquoi le microcontrôleur utilise le signal DEM, et non pas le signal START, pour détecter le fait que le vélo redémarre après un arrêt d'une durée inférieure à 3min30s.*

5.25. *Dans les microcontrôleurs possédant différents mode de consommation, quel est le principe utilisé pour permettre la réduction de cette dernière ?*

5.26. *En cas de défaillance de la borne sur laquelle le vélo est restitué, la durée de la course doit pouvoir être évaluée, afin de débiter le compte de l'utilisateur. C'est donc au vélo qu'il appartient de déterminer l'instant précis de restitution. L'horloge temps réel (U20) permettant cet horodatage, justifier la structure utilisée pour son alimentation.*

5.27. *Lorsque la durée de l'arrêt dépasse 3min30s, quelle action doit être entreprise par le microcontrôleur pour assurer la coupure de l'alimentation (Valim) ?*

5.28. *Lorsque le vélo se trouve sur un point d'accroche, le réveil du CPU (déclenché par le circuit U8, carte CPU vélo 1/4) n'est plus assuré par la détection d'une impulsion sur START. Montrer qu'il provient de la montée du champ magnétique au niveau de la liaison RFID.*

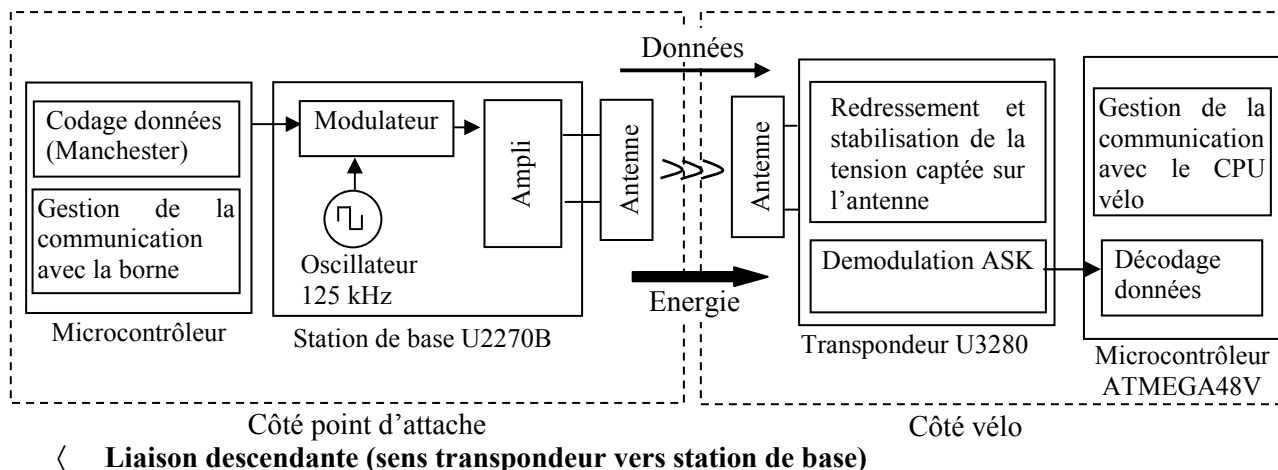
5.29. *Compte-tenu des réponses aux questions précédentes, préciser les événements et actions à associer aux transitions A, B et C.*

## **6. Etude de la liaison RFID entre le vélo et point d'attache**

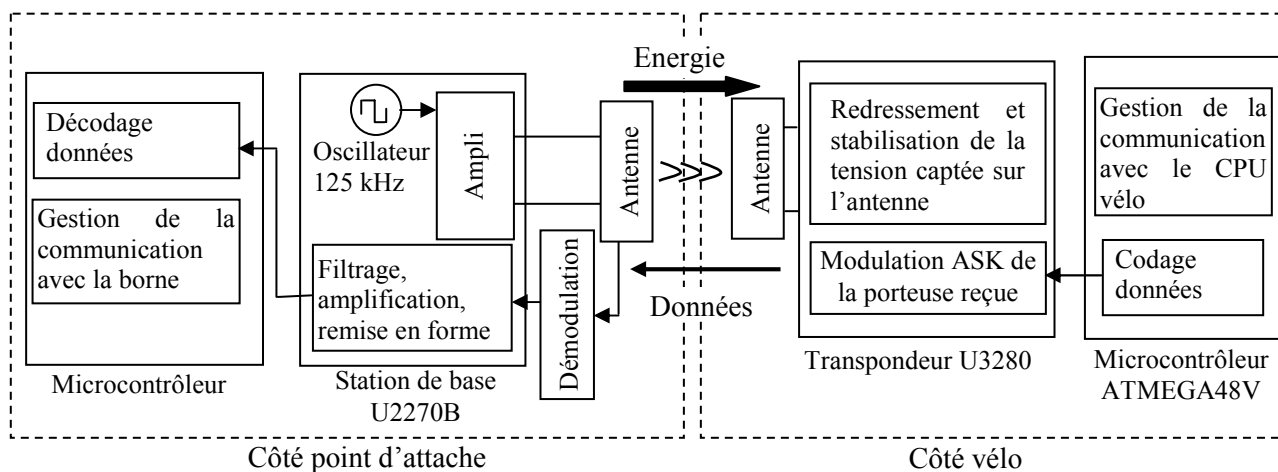
Un système RFID est formé par un élément fixe (la *station de base*) ayant pour fonction d'identifier plusieurs éléments déportés (appelés *transpondeurs*) par l'intermédiaire d'une liaison radio. La liaison utilisée dans le système Cyclocity est bidirectionnelle, puisqu'elle permet notamment au système hôte (ensemble constitué par une borne et un point d'attache) de stocker des informations dans le vélo au moment de l'emprunt, et de récupérer un compte-rendu de la course lors de sa restitution. La station de base se situe donc côté point d'attache, tandis que le transpondeur est embarqué sur le vélo. Les antennes dont sont pourvus ces deux éléments forment un transformateur dans l'air. Le transfert d'énergie et de données s'effectue à l'aide d'un champ magnétique produit par la circulation d'un courant alternatif dans l'antenne de la station de base. Il en résulte une variation de flux magnétique produisant une tension induite aux bornes de l'antenne du transpondeur.

### **< Liaison montante (sens station de base vers transpondeur)**

Au niveau de la station de base, la modulation d'une porteuse carrée à 125 kHz à l'aide d'un signal binaire codé permet la transmission des commandes et des données au transpondeur.

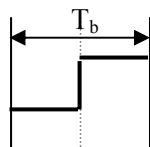


Après avoir émis des commandes d'interrogation, la station de base passe en mode écoute des données provenant du transpondeur, en émettant de façon permanente la porteuse à 125 kHz. Le transpondeur utilise un procédé appelé *rétromodulation* pour transmettre de l'information vers la station de base. Ne possédant pas de chaîne d'émission réception proprement dite, il fait varier sa charge au rythme des données à transmettre, modifiant ainsi la consommation d'énergie qu'il représente dans le champ magnétique. Cette modification est détectée au niveau de la station de base (à l'aide d'un circuit détecteur d'enveloppe).

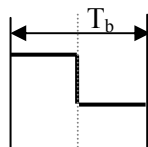


Les schémas électroniques des cartes sur lesquelles figurent la station de base et le transpondeur sont donnés dans le dossier « schémas ». La transmission des données binaires issues de la station de base en direction du transpondeur est assurée par modulation ASK d'un signal carré à la fréquence porteuse  $f_0$  égale à 125 kHz par un flot binaire encodé au format Manchester, de débit  $f_0/64$ . Dans ce type de codage, les transitions s'effectuent au milieu de l'intervalle de temps  $T_b$  du bit à coder :

Codage d'un '0'

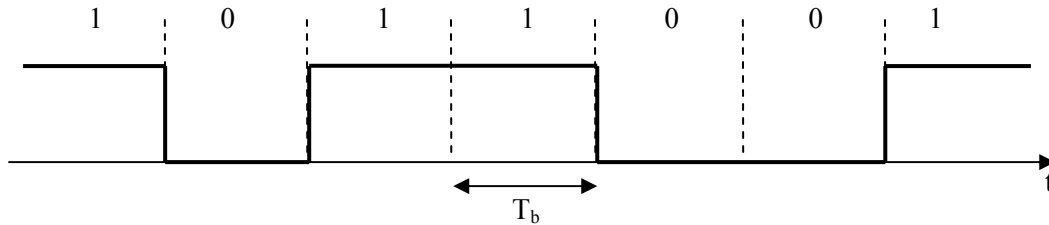


Codage d'un '1'



## a) Codage et modulation des données transmises

6.1. Tracer le chronogramme du signal au format Manchester obtenu après encodage de la séquence binaire suivante :



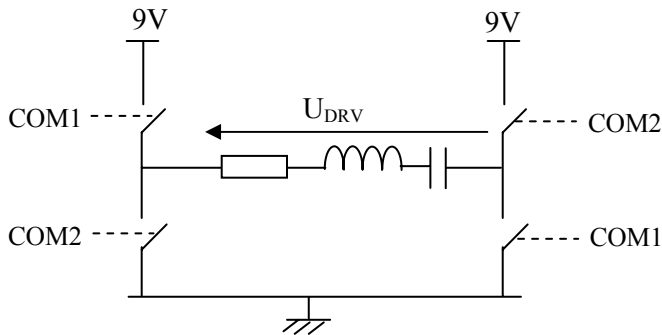
6.2. Citer un avantage et un inconvénient présentés par le codage Manchester par rapport au codage NRZ pour la transmission de données.

Dans ce qui suit, on se placera dans le cas où le modulant est un signal carré, de rapport cyclique 50% et de période  $T_b$  (cas le plus défavorable en termes d'occupation spectrale).

6.3. Le signal de données encodé au format Manchester est appliqué sur la broche CFE du circuit U2270B. Tracer son allure sur le premier chronogramme du document réponse DR4 (les niveaux haut et bas seront respectivement égaux à 5 et 0V).

6.4. En utilisant le schéma bloc figurant en page 3 de la documentation du circuit U2270B, tracer sur le document réponse DR4 les signaux COIL1 et COIL2 (on supposera les niveaux haut et bas sur COIL1 et COIL2 respectivement égaux à 5 et 0V). Pour rendre ces tracés plus explicites, on considérera la fréquence porteuse égale à 4 fois le débit binaire (au lieu de 64).

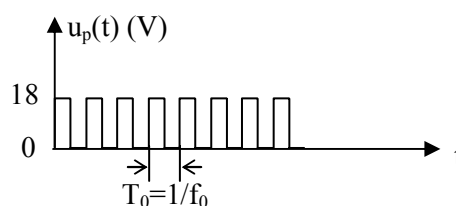
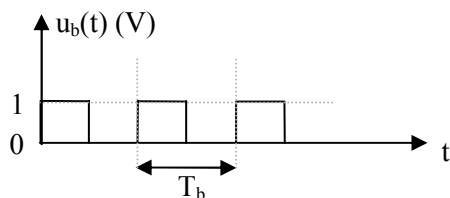
La carte « RFID point d'attache » montre que l'étage d'attaque de l'antenne de la station de base est constitué par une structure en pont, que l'on peut schématiser, en simplifiant, de la manière suivante :



avec COM1 |  $\overline{\text{COIL1}}$  et COM2 |  $\overline{\text{COIL2}}$

6.5. En utilisant les résultats précédents, tracer sur le document DR4 la tension  $U_{DRV}$  aux bornes du circuit RLC.

La tension  $U_{DRV}$  peut s'écrire  $U_{DRV} = 4u_b(t) \cdot u_p(t)^2$  a (en volts),  $u_b(t)$  et  $u_p(t)$  étant les signaux carrés représentés ci-après :



- 6.6. *Quelle est la valeur de la constante a ?*
- 6.7. *Donner l'expression de la décomposition en série de Fourier des signaux  $u_b(t)$  et  $u_p(t)$ .*
- 6.8. *En déduire l'allure du spectre du signal  $U_{DRV}(t)$  (en précisant certaines fréquences et amplitudes significatives). Identifier la partie utile du spectre.*

## b) Etude préliminaire de la station de base

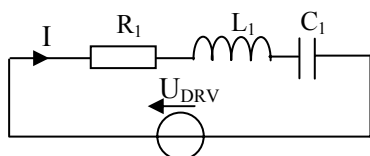


Figure 4.

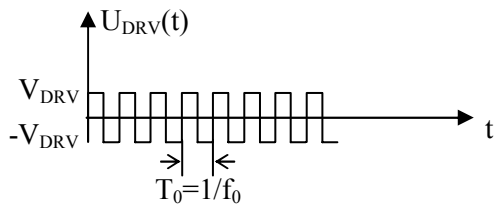
- 6.9. *Donner l'expression de l'impédance  $Z$  du circuit RLC, que l'on mettra sous la forme :*  

$$|Z| = R_1 \sqrt{1 + \left( \frac{2jQ_1 \frac{\omega}{\omega_0} - 4 \frac{\omega_0}{\omega}}{\omega} \right)^2}$$
*Expliciter la pulsation de résonance  $\omega_0$  et le coefficient de qualité  $Q_1$  en fonction de  $R_1$ ,  $L_1$  et  $C_1$ .*

Nous nous intéressons à la production du courant dans l'antenne, ce dernier étant à l'origine du champ magnétique nécessaire au fonctionnement de la liaison RFID.

- 6.10. *Donner l'expression de la fonction de transfert  $F(j\omega) = \frac{I}{U_{DRV}}$*
- 6.11. *Montrer qu'il s'agit d'un comportement de type passe-bande que l'on caractérisera en précisant la fréquence centrale ainsi que la bande passante à -3 dB (qui sera exprimée en fonction de  $Q_1$ ). Quelle doit être la valeur de la fréquence d'accord de ce circuit ?*
- 6.12. *Quelle doit être la relation entre la bande passante minimale  $BW_{min}$  du circuit accordé et le débit binaire  $D$  pour permettre une transmission sans perte d'information ? En déduire la valeur de  $BW_{min}$ .*
- 6.13. *En déduire la valeur maximale du facteur de qualité  $Q_{1max}$  de l'antenne.*

Afin d'évaluer le champ magnétique produit, nous considérons à présent la situation dans laquelle la station de base se contente d'assurer le transfert d'énergie vers le transpondeur (absence de modulation). Le signal  $U_{DRV}$  est donc un signal carré de fréquence  $f_0$  :



6.14. Donner la relation liant l'amplitude du fondamental du courant  $I_1$  circulant dans l'enroulement de l'antenne (que l'on notera  $I_{1F}$ ) et l'amplitude crête  $V_{DRV}$  du signal  $U_{DRV}(t)$ .

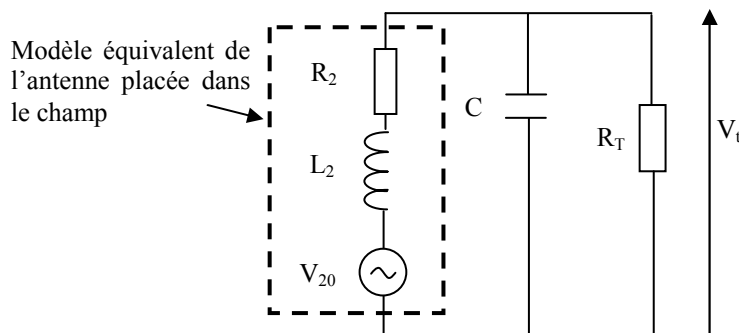
6.15.  $|$  est la réactance qui lie  $L_1$  et le nombre de spires  $N_1$  de l'antenne par la relation :

$$L_1 | \frac{N_1^2}{|} . \text{ Quels sont les paramètres dont dépend } | ? \text{ Exprimer le facteur de qualité } Q_1 \text{ en fonction de } N_1, V_{DRV}, I_{1F} \text{ et } | .$$

6.16. Montrer que le choix de la valeur de  $Q_1$  résulte d'un compromis entre champ magnétique produit et débit de la liaison RFID.

Le dimensionnement de l'antenne de la station de base implique la connaissance du champ magnétique minimum nécessaire à la téléalimentation du transpondeur, que nous nous proposons de déterminer dans ce qui suit.

### c) Dimensionnement de l'antenne du transpondeur



Les notations suivantes seront utilisées dans la suite du problème :

$V_{20}$  : tension induite à vide aux bornes de l'antenne

$L_2$  : inductance de l'antenne du transpondeur

$N_2$  : nombre de spires

$R_2$  : résistance de l'antenne du transpondeur

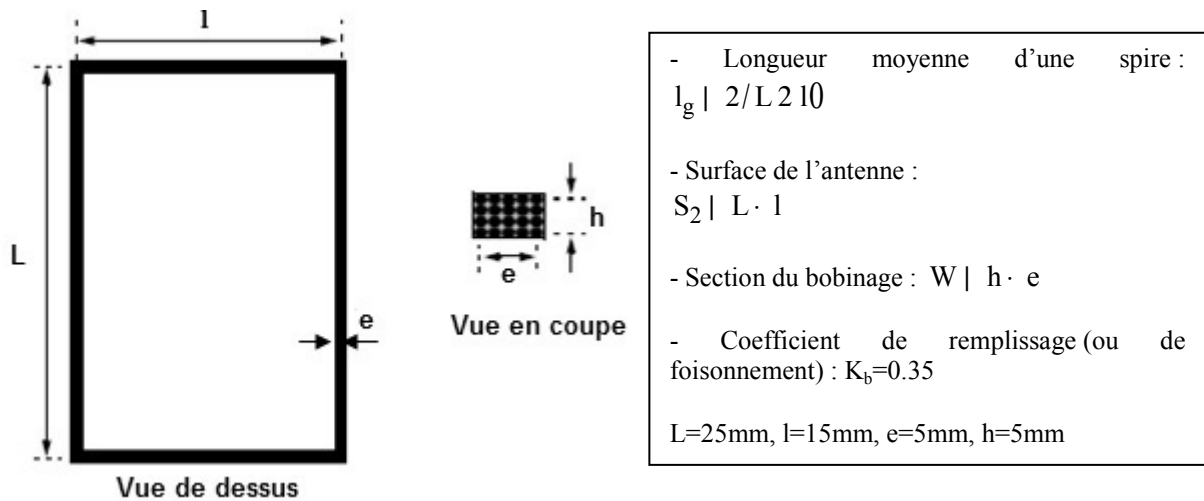
$C$  : capacité d'accord + capacité parasite de  $L_2$  + capacité parasite d'entrée du circuit U3280

$R_t$  : résistance d'entrée du circuit U3280 (= 43 k $\Omega$ )

$B_t$  : champ produit par la station de base au niveau de l'antenne du transpondeur

$\psi$ : résistivité du cuivre =  $1.724 \cdot 10^{-8} \text{ T.m}$  (à  $20^\circ\text{C}$ )

Les dimensions de l'antenne rectangulaire sont spécifiées ci-après :



La valeur de  $L_2$  est donnée par la formule :

$$L_2 \approx \frac{0,0276(L + 2l + 2h)^2 \cdot 10^{44}}{1,908(L + 2l + 2h) + 29e + 210h} \cdot N_2^2 \approx A_L N_2^2 (H). \text{ Toutes les dimensions sont données en m.}$$

La section du fil de cuivre (hors isolant) utilisé pour réaliser l'antenne en fonction du nombre de spires  $N_2$  s'obtient par :  $\frac{W \cdot K_b}{N_2}$  (nous supposons pour simplifier que  $K_b$  ne dépend pas de la section du fil utilisé).

6.17. Donner la relation  $V_{20} = f(N_2, S_2, B)$

6.18. Donner l'expression des fonctions de transfert  $\frac{V_t(p)}{V_{20}(p)}$  et  $\frac{V_t(p)}{B_t(p)}$  en fonction de  $R_b, R_2, L_2$  et  $C$ .

6.19. La fonction de transfert  $\frac{V_t(p)}{B_t(p)}$  fait apparaître un comportement de type passe-bande.

Donner l'expression de la pulsation centrale  $\omega_0$  et montrer qu'à  $\omega_0$  nous obtenons :

$$|V_t(j\omega_0)| \approx 4 \frac{N_2 S_2 B_t(j\omega_0)}{\frac{L_2}{2} R_2 C R_t}$$

6.20. Montrer que la résistance  $R_2$  peut se mettre sous la forme :  $R_2 \approx R_L \cdot N_2^2$ . Exprimer  $R_L$  en fonction de  $\psi, l_g, W$  et  $K_b$  et faire l'application numérique.

6.21. En prenant  $\omega_0 \approx \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$ , exprimer  $C$  en fonction de  $N_2, A_L$  et  $\omega_0$  puis montrer que l'on a :

$$|V_t(j\omega_0)| \approx \frac{N_2 S_2 |B_t(j\omega_0)|}{R_t} \frac{A_L}{N_2^2} \frac{2}{\omega_0^2 A_L}$$

6.22. *Montrer qu'il existe une valeur optimale de  $N_2$ , maximisant la tension  $V_t$  pour une amplitude de champ donnée. Faire l'application numérique.*

6.23. *En déduire les valeurs de  $L_2$ ,  $R_2$  et  $C$ .*

6.24. *Quelle est alors la bande passante à -3dB du transpondeur, de fonction de transfert  $\frac{V_t(j\omega)}{B_t(j\omega)}$  ? Comparer avec le résultat obtenu à la question 6.12 et conclure.*

Nous prendrons par la suite pour le coefficient de qualité  $Q_2$  du transpondeur la valeur de  $Q_{1max}$  calculée à la question 6.13.

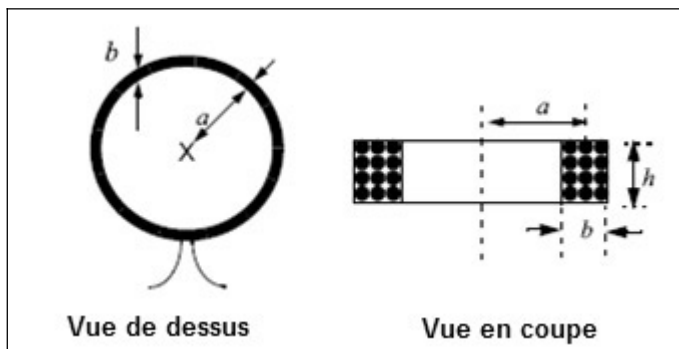
6.25. *Exprimer  $Q_2$  en fonction de  $N_2$ ,  $R_L$ ,  $A_L$  et  $\omega_0$ . En déduire la valeur de  $N_2$ .*

6.26. *En déduire les nouvelles valeurs de  $L_2$ ,  $R_2$  et  $C$ . Cette dernière valeur est-elle cohérente avec celles des composants correspondant sur la carte « transpondeur »?*

6.27. *La tension  $V_t$  minimale permettant d'assurer la téléalimentation du transpondeur vaut 2.9V. En déduire la valeur minimale de l'induction  $B_t$ .*

#### d) Dimensionnement de l'antenne de la station de base

L'antenne de la station de base est de forme circulaire, de rayon  $a=21$  mm. La valeur de l'inductance est donnée par la relation :  $L_1 \mid \frac{0,31 \cdot 10^{-44} a^2}{6a^2 9h^2 10b} N_1^2$ . Nous prendrons  $b = 5$  mm et  $h = 5$  mm



En l'absence de modulation, le champ magnétique produit par l'antenne de la station de base à une distance  $d$  sur son axe est donné par la relation :

$$B(d, a) \mid \sigma_0 \frac{a^2}{2 \left( a^2 + d^2 \right)^{3/2}} N_1 I_{IF}$$

Afin de garantir l'obtention d'un champ suffisant au niveau du transpondeur (du fait des tolérances mécaniques, la distance et les positions relatives des bobines peuvent varier), nous prendrons dans ce qui suit  $B_t=39 \mu T > B_{min}$



- 6.28. Sachant que la distance séparant les deux antennes est de 5cm et que  $R_1$  (voir Figure 4) vaut  $90 \Omega$ , calculer la valeur de  $N_1$ .
- 6.29. En déduire les valeurs de  $L_1$  et  $C_1$ .
- 6.30. La valeur de  $C_1$  obtenue est-elle cohérente avec les données disponibles sur le schéma de la carte « station de base » ? Quels sont les éléments ayant un impact sur la valeur de  $R_1$  ?

⟨ Activité pédagogique sur la transmission RFID

- 6.31. A partir d'une application utilisant les transmissions RFID, identifier les apprentissages (cognitifs ou méthodologiques) qui peuvent être abordés en classe pour un niveau que vous aurez précisé, puis, vous développerez une séquence pédagogique (cours, TD, TP, synthèse) permettant l'acquisition de l'un de ces apprentissages. Vous prendrez appui par exemple sur le transpondeur TK5530 (complètement intégré) et vous donnerez la liste complète du matériel utilisé ainsi qu'un descriptif des questions et des réponses.

**e) Etude de l'alimentation (carte transpondeur)**

La liaison RFID rend possible la communication entre le vélo et le point d'attache en cas de défaillance de la batterie, ce qui permet notamment la récupération des informations stockées dans le transpondeur par la borne dans ce dernier cas de figure. Aussi, le circuit transpondeur U3280 est alimenté par le champ lorsque celui-ci est détecté, ou par la batterie dans le cas contraire.

- 6.32. Durant la communication entre vélo et point d'attache, sous quelle tension est alimenté le microcontrôleur ATMEGA48V (préciser sa valeur) ? Comment cette tension est-elle générée ?
- 6.33. La consommation du circuit ATMEGA 48V étant estimée à 2 mA, quelle doit-être la valeur de la capacité  $C_B$  utilisée pour stabiliser cette tension si l'on tolère une ondulation de 100 mV ? Quelle est sa référence et sa valeur sur le schéma de la carte « transpondeur » ?

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

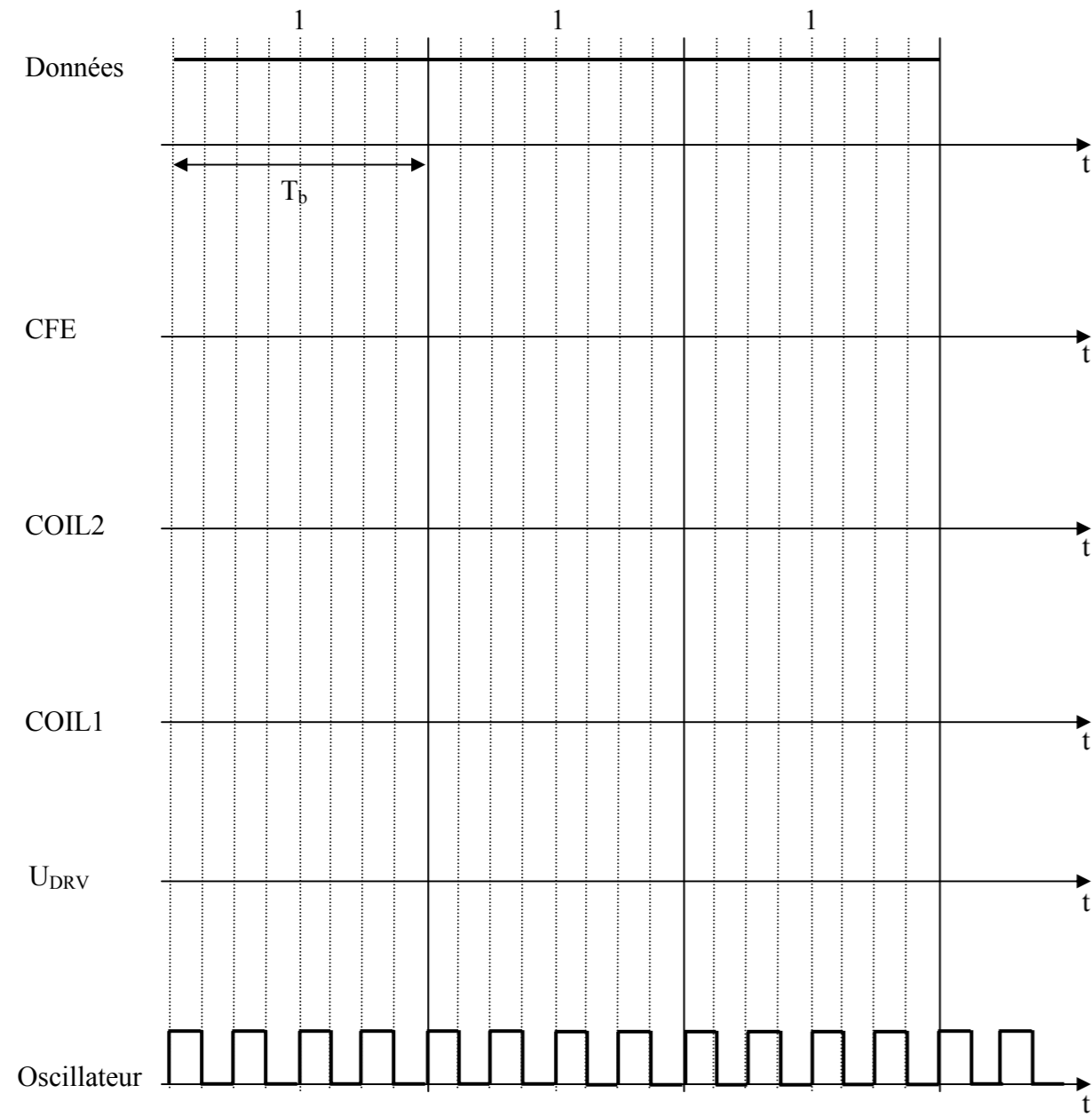
Prénoms : \_\_\_\_\_

N° du candidat

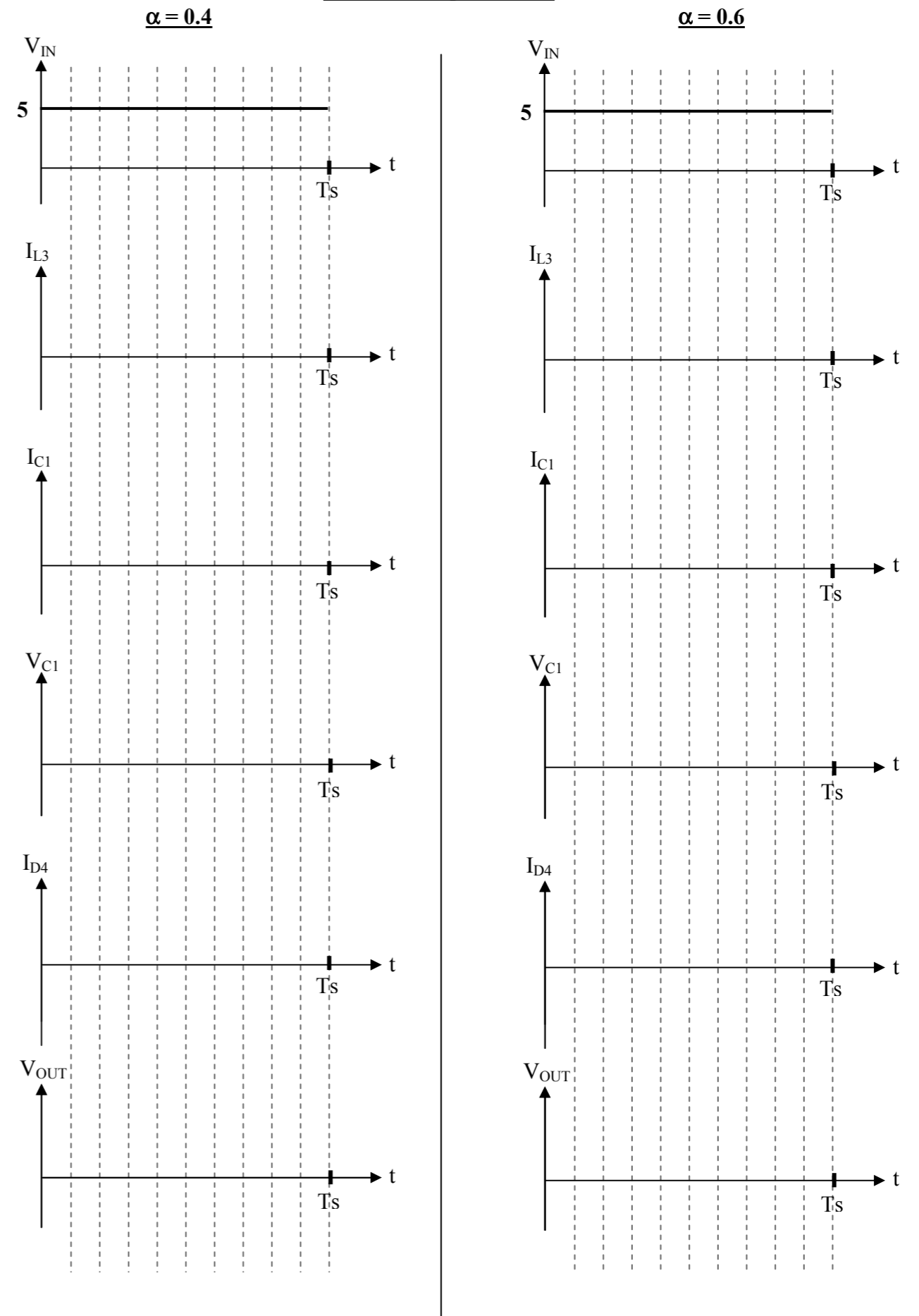
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

A11-6.1

Document-réponse DR4



Document-réponse DR1



Tournez la page S.V.P.

D

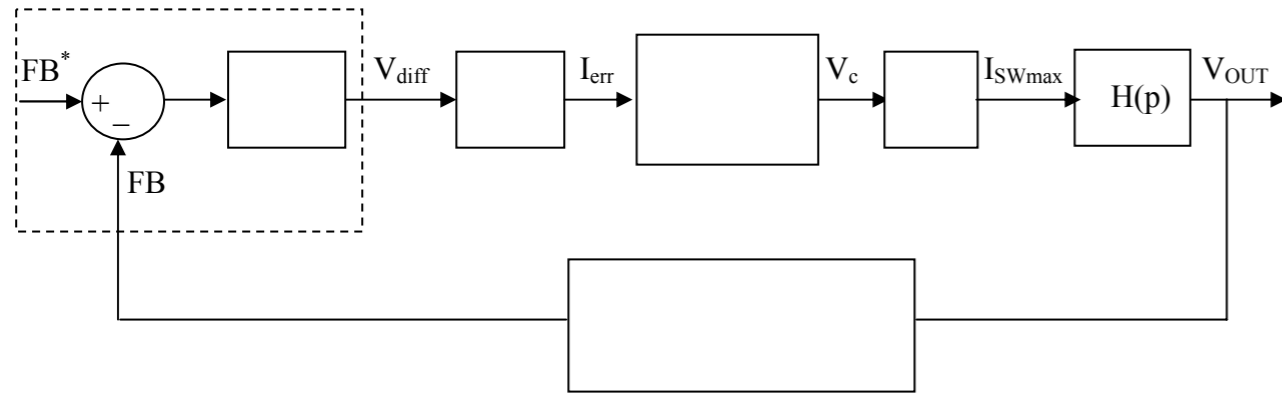
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

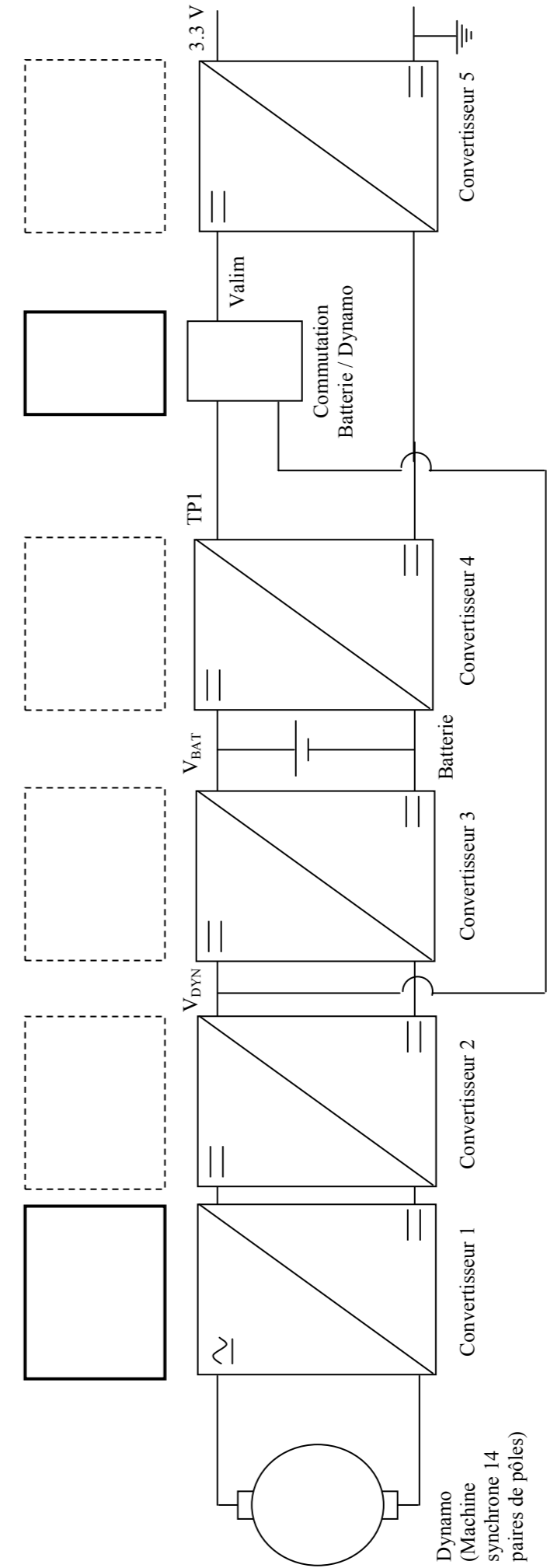
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

Document-réponse DR2



Document-réponse DR3



Tournez la page S.V.P.