

# Système à événement discret

## A. Mise en situation

### A.1. Fonctionnement

L'utilisateur demande simplement à ce que l'ouvrant se déplace jusqu'à une position prédéfinie. Une brève action sur l'interrupteur de sa part entraîne le déplacement complet de l'ouvrant. Dès lors, le système de contrôle/commande gère le déplacement de l'ouvrant dans le cas normal, mais aussi en cas de dysfonctionnement (perte de fonctionnalité ou présence d'un obstacle sur le trajet de la vitre). Il faut donc assurer un fonctionnement sûr et robuste du système d'ouvrant piloté automatisé pour éviter que le système blesse un occupant.

Le réducteur du lève-vitre est constitué d'un dispositif roue et vis sans fin. La roue possède  $Z = 53$  dents et la vis est constituée d'un filet (figure 2). Le câble s'enroule sur le tambour de diamètre  $D = 41,5$  mm, solidaire de la roue. Le câble est solidaire du coulisseau sur lequel est fixée la vitre.

On prendra dans la suite la valeur  $r = 0,39$  mm rad<sup>-1</sup>.

Q1. Justifier la valeur de  $r$ .

### A.2. Modélisation du contact avec un obstacle

Dans le cas d'un lève-vitre, l'obstacle est souvent une main. Des études montrent que les phalanges sont très résistantes et peuvent supporter des efforts allant de 250 à 1 150 N en fonction des différentes phalanges. On modélise donc l'obstacle entre le châssis et la vitre par une raideur  $k$  (cette raideur peut varier de 10 à 50 N/mm).

La position de la vitre est détectée à l'aide de capteurs à effet Hall situés près du moteur (figure 2). Une roue magnétique possédant 2 paires de pôles nord/sud est solidaire de l'axe du rotor du moteur. Deux capteurs à effet Hall sont placés en quadrature et repèrent les changements de champ magnétique (fronts montants et descendants) de la roue en fonction de la rotation du moteur.

Q2. Tracer l'évolution des signaux des deux capteurs à effet Hall ( $a$  et  $b$ ) pour un tour du moteur dans le sens trigonométrique. On considère que le signal émis par le capteur  $a$  le niveau logique 1 lorsque le pôle nord de l'aimant est face au capteur.

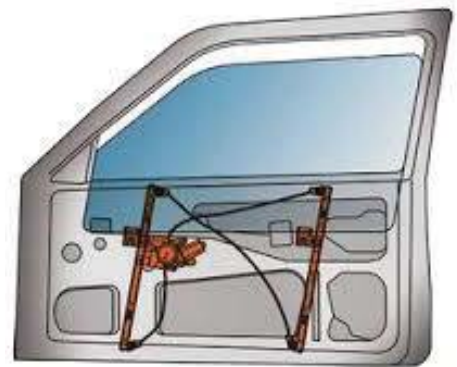
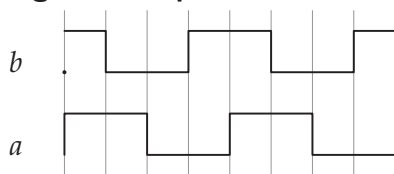
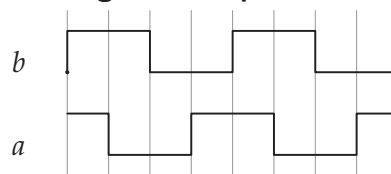


FIGURE 1 – Lève-vitre

sens trigonométrique



sens anti-trigonométrique



Q3. Quels sont les intérêts d'utiliser deux capteurs à effet Hall placés en quadrature ?

Q4. Montrez que  $c = a \oplus b$  permet d'obtenir une précision de  $1/8^\circ$  de tour du moteur.

Q5. Déterminer le plus petit déplacement de la vitre en mm qu'il est possible de mesurer avec ce capteur.

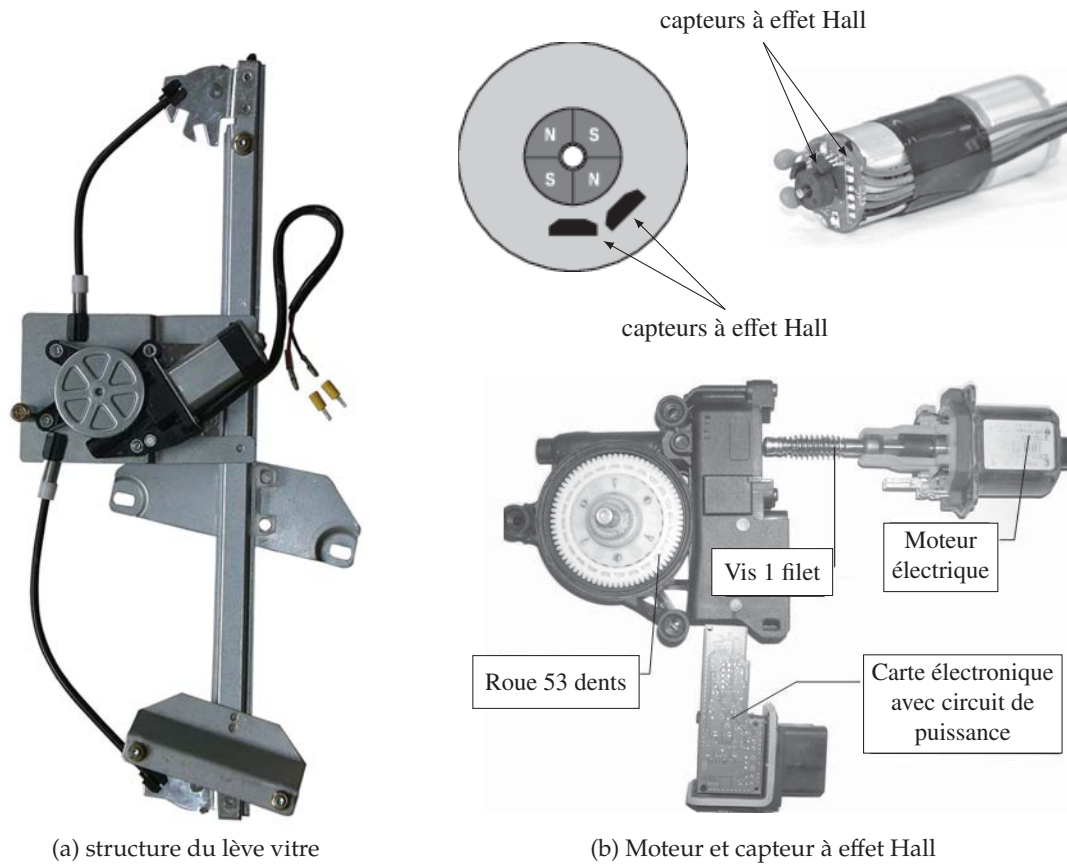


FIGURE 2 – Constituants du lève vitre

**Q6.** En prenant une raideur d'obstacle  $k = 20 \text{ N mm}^{-1}$  correspondant à la dernière phalange de l'auriculaire, combien d'impulsions auront été comptées à partir du moment où la phalange commence à être écrasée jusqu'à ce que l'effort dans la phalange soit de 50 N? Commenter ce résultat.

### A.3. Algorithme de commande

L'algorithme finalement mis en place se base sur la variation des temps mesurés entre deux impulsions successives. Après la détection d'une impulsion, un prédicteur temporel permet de déterminer le temps auquel la prochaine impulsion est attendue. Si la nouvelle impulsion intervient avant le temps prédit, alors il n'y a pas de blocage, sinon un blocage est détecté et une alarme est déclenchée. En réalité, cette technique conduit à de fausses détections et une modification permettant d'améliorer la robustesse est de ne déclencher l'alarme qu'au bout de 3 dépassements du temps prédit. Cet algorithme est résumé sur la figure suivante pour lequel :

**appui bouton haut** est un événement qui survient quand le bouton « monter la vitre » est actionné, **M+** est la variable permettant de faire tourner le moteur dans le sens de la montée de la vitre, **M0** permet d'arrêter le moteur, cet événement permet soit la montée soit l'arrêt,

**impulsion** est un événement qui survient à chaque nouvelle impulsion envoyée par les capteurs,

**fin course haut** est un événement permettant de détecter l'arrivée en position haute de la vitre,

**prediction()** est une fonction qui renvoie le temps auquel la prochaine impulsion est attendue,

**alarme** permet d'activer l'alarme.

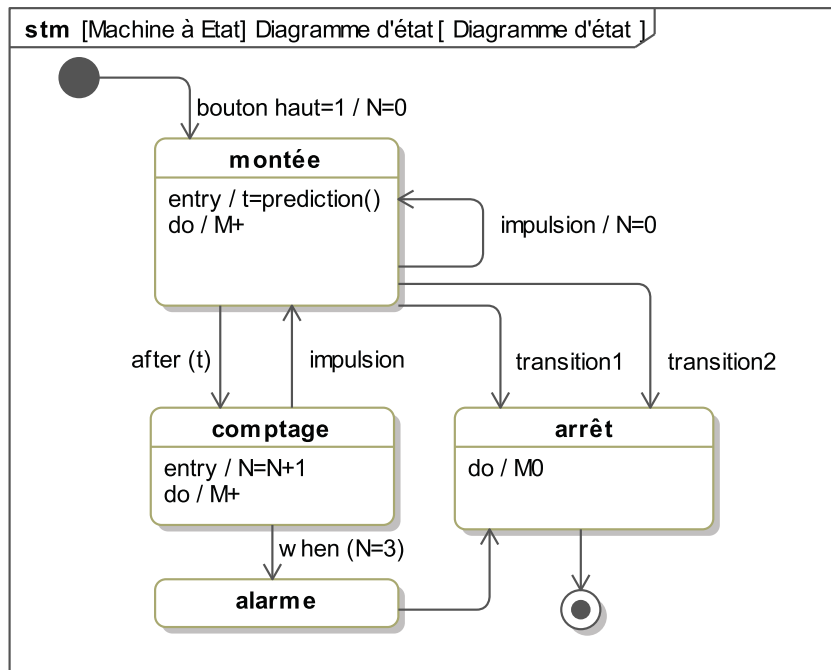
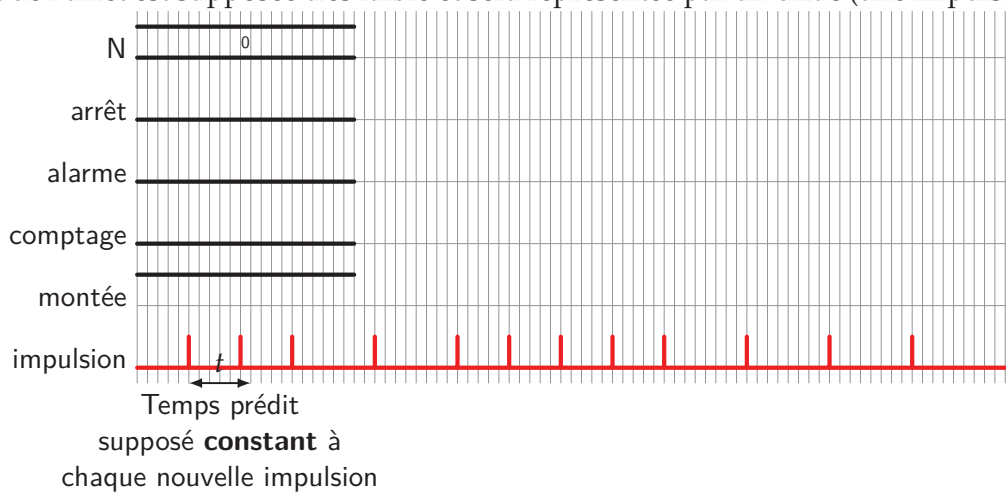


FIGURE 3 – Algorithme du fonctionnement

Q7. Donner l'expression des deux conditions notées « transition 1 » et « transition 2 » permettant de passer de l'état « montée » à l'état « arrêt » directement.

Q8. Compléter le chronogramme du document réponse DR4 en indiquant par des créneaux les durées pendant lesquelles un état est activé et l'évolution du contenu de la variable N. La durée de l'alarme et de l'arrêt est supposée très faible et sera représentée par un dirac (une impulsion).



## Exercice 2 - Béquille électrique

Oral CCINP

Corrigé page 10

### A. Présentation

Une moto en stationnement peut être maintenue verticalement en équilibre grâce à une béquille centrale mécanique (figures 4). L'action de la part du pilote pour manœuvrer cette béquille mécanique peut nécessiter, pour les motos de grosse cylindrée, un effort très important. La masse à lever pouvant atteindre plusieurs centaines de kilogrammes.

Un kit de béquillage électrique est proposé en option sur certaines motos. C'est l'objet de l'étude qui suit. Ce dispositif présente les avantages :

- De permettre au pilote, assis sur la moto, de « béquiller » puisque la commande s'effectue directement à partir du tableau de bord de la moto.

- De soulever la moto, son pilote et ses bagages soit une masse maximale de 370 kg sans effort physique.
- D'assurer une protection antivol, le débéquillage n'étant possible qu'en mettant le contact électrique général de la moto.

## B. Description du fonctionnement

Le contact général de la moto doit être enclenché pour que la béquille puisse fonctionner. La manœuvre de béquillage/débéquillage s'effectue à l'aide d'un bouton à 3 positions ( $B_{pd}$ ,  $B_{pm}$ , position neutre) ajouté au tableau de bord. Le cycle de fonctionnement est régi par le module de commande. L'actionneur est un moteur électrique associé à un réducteur fixé sur la béquille elle-même. Le pignon de sortie extérieur au réducteur se déplace sur un secteur denté. Ce secteur denté est solidaire du châssis de la moto grâce à une bride de fixation. Deux capteurs fin de course ( $F_{ch}$  et  $F_{cb}$ ) informent le module de gestion des positions "rentrée" et "sortie" de la béquille. Un buzzer signale au pilote que la béquille est en mouvement. La protection contre les surcharges (d'intensité) est assurée par un dispositif de contrôle du courant moteur.

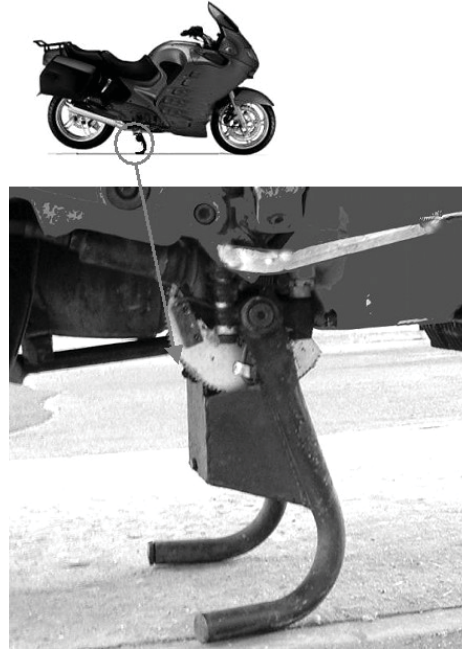


FIGURE 4 – Moto sur sa béquille

### Cycle

- Débéquillage
  - la moto à l'arrêt sur les béquilles
  - contact
  - le conducteur appuie sur le bouton  $B_{pm}$  (une impulsion brève), la béquille monte (la moto descend), le buzzer fonctionne pendant le déplacement
  - arrivée en position rentrée (haute), le moteur de la béquille n'est plus alimenté, le buzzer stoppe.
- Béquillage
  - Le motard, sur la moto (avec passagers et/ou bagages), à l'arrêt, appuie sur le bouton  $B_{pd}$ .
  - La béquille ne descend que si le bouton reste appuyé. le buzzer fonctionne.
  - Si le motard relâche le bouton, la béquille s'arrête, mais le buzzer reste actif.
  - Un capteur vérifie en permanence que le moteur n'est pas soumis à une sur-intensité (effort trop important pour soulever la moto). En cas de dépassement, la béquille remonte automatiquement.
  - Après avoir allégé la moto, le motard peut redemander la descente de la béquille.
  - En position complètement sortie, le moteur s'arrête ainsi que le buzzer.

## C. Module de commande

La commande de la béquille est réalisée par un circuit spécialisé (figure 5). Celui-ci à partir des consignes de commande ( $B_{pd}$  et  $B_{pm}$ ) du motocycliste, de la position de la béquille ( $F_{ch}$  et  $F_{cb}$ ) et de la sécurité électrique ( $S$ ) génère les signaux de commande de la béquille ( $M$  et  $D$ ) et active le buzzer ( $B$ ).

- Avec le bouton  $B_{pm}$  le pilote commande la montée de la béquille (la moto descend), et  $B_{pd}$ , la descente (la montée de la moto).
- Le capteur  $F_{ch}$  détecte la position haute de la béquille et  $F_{cb}$  la position basse.
- L'information  $s$  est vraie si l'intensité parcourant le moteur dépasse la valeur maximale autorisée.

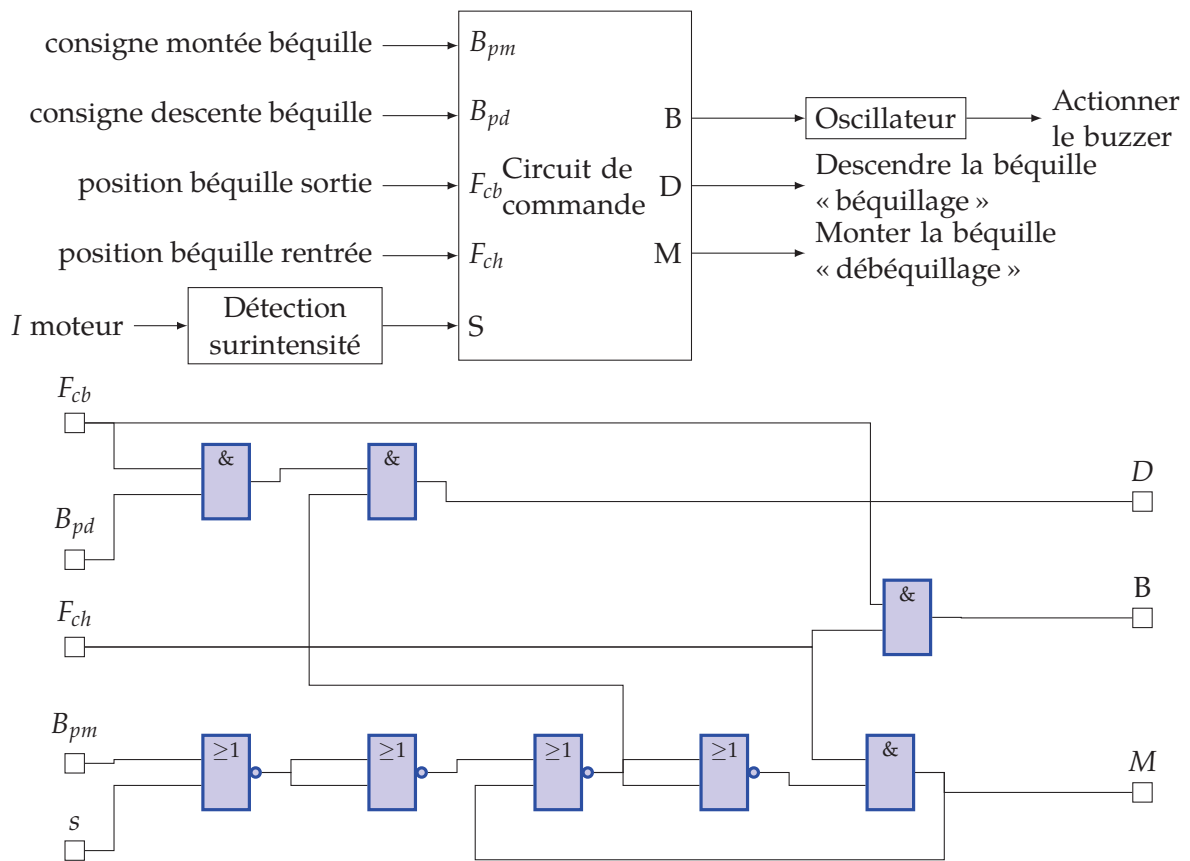


FIGURE 5 – Circuit de commande et codage des signaux

#### D. Étude de la commande

La commande de la béquille est réalisée par une carte électronique spécialisée, donc le schéma est fourni (figure 5).

Les deux boutons poussoirs, sont réalisés par des contacts à établissement de circuit, les deux fins de course ( $F_{cb}$  et  $F_{ch}$ ) sont réalisées par des contacts à coupure de circuit.

Le capteur de sécurité  $s$  est au niveau logique 1 lorsque le courant dépasse une valeur de seuil.

**Q1.** À partir du schéma logique de la carte de commande :

**Q1a.** Déterminer les équations logiques de  $B$ ,  $D$  et  $M$  en fonction de  $F_{cb}$ ,  $F_{ch}$ ,  $B_{pd}$ ,  $B_{pm}$ ,  $S$  et  $M$ .

**Q1b.** Quelle est la particularité de l'équation de  $M$ . Commenter.

**Q2.** Compléter le chronogramme de la figure 6, commenter.

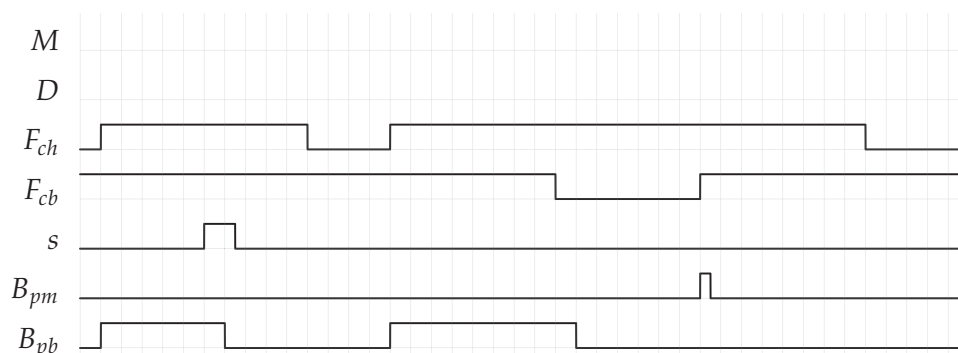


FIGURE 6 – Chronogramme à compléter

**Q3.** À partir de la description, proposer une description par une machine à états.



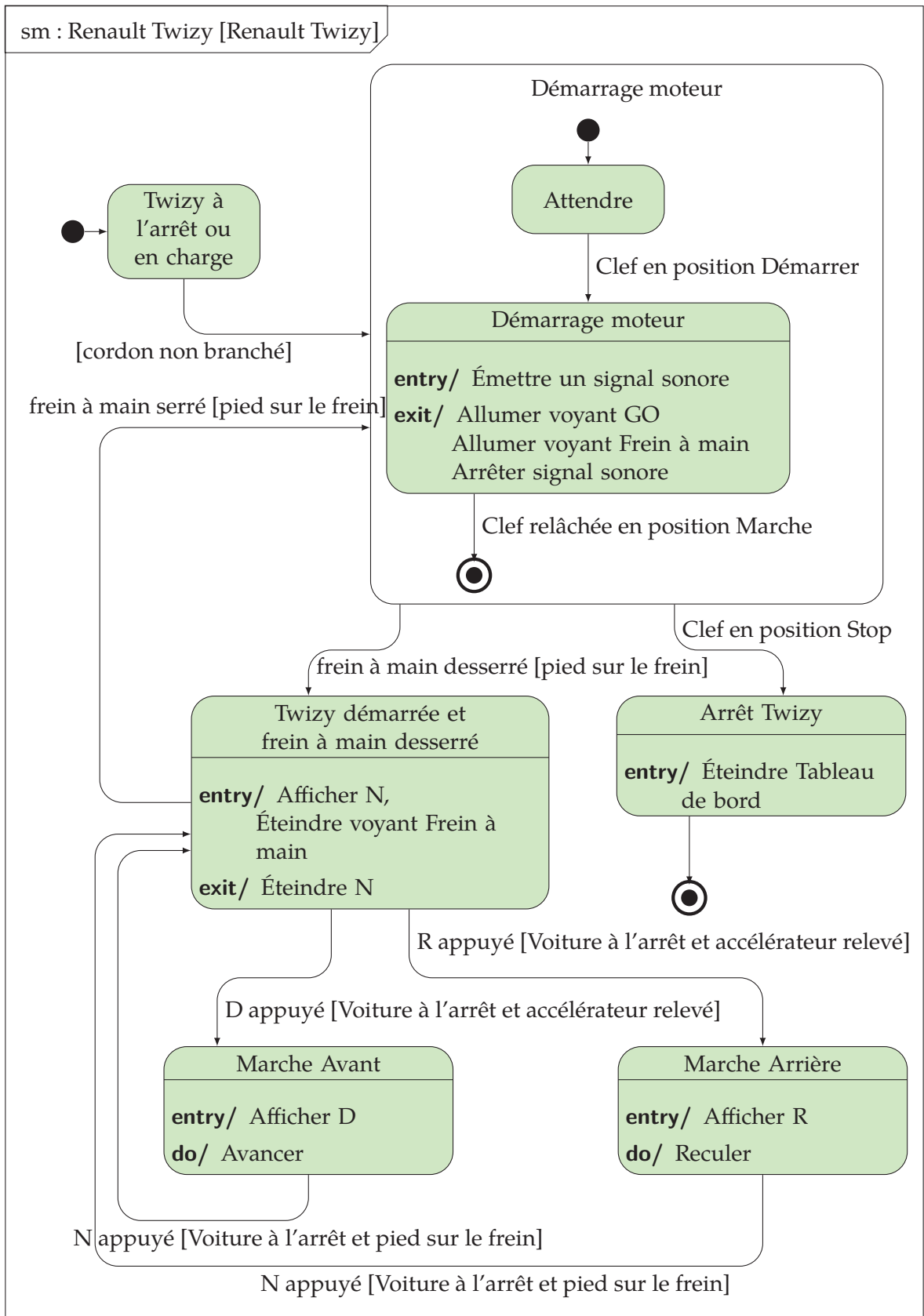


FIGURE 8 – Diagramme d'état partiel



## Exercice 4 - Horloge binaire

Corrigé page 12

Sur l'horloge murale de la figure 9a, les heures et les minutes sont codées graphiquement.

Q1. Sur combien de bits sont codées les heures et les minutes. Quel est le code utilisé?

Q2. Est-il possible de coder les heures et minutes sur moins de bits?

Q3. Donner l'heure indiquée par les aiguilles.

Q4. Cette horloge est-elle analogique ou numérique?

On souhaite faire évoluer cette horloge en installant sur les aiguilles des photodétecteurs qui vont lire le code binaire par réflexion.

On ne s'intéresse dans un premier temps qu'à la gestion des heures.

Q5. Justifier que le code binaire naturel n'est pas un code utilisable dans ce contexte. Quelles doivent être les propriétés du code à utiliser?

Q6. Proposer un code qui satisfasse vos critères.

Q7. Dessiner le code sur l'horloge (figure 9b).

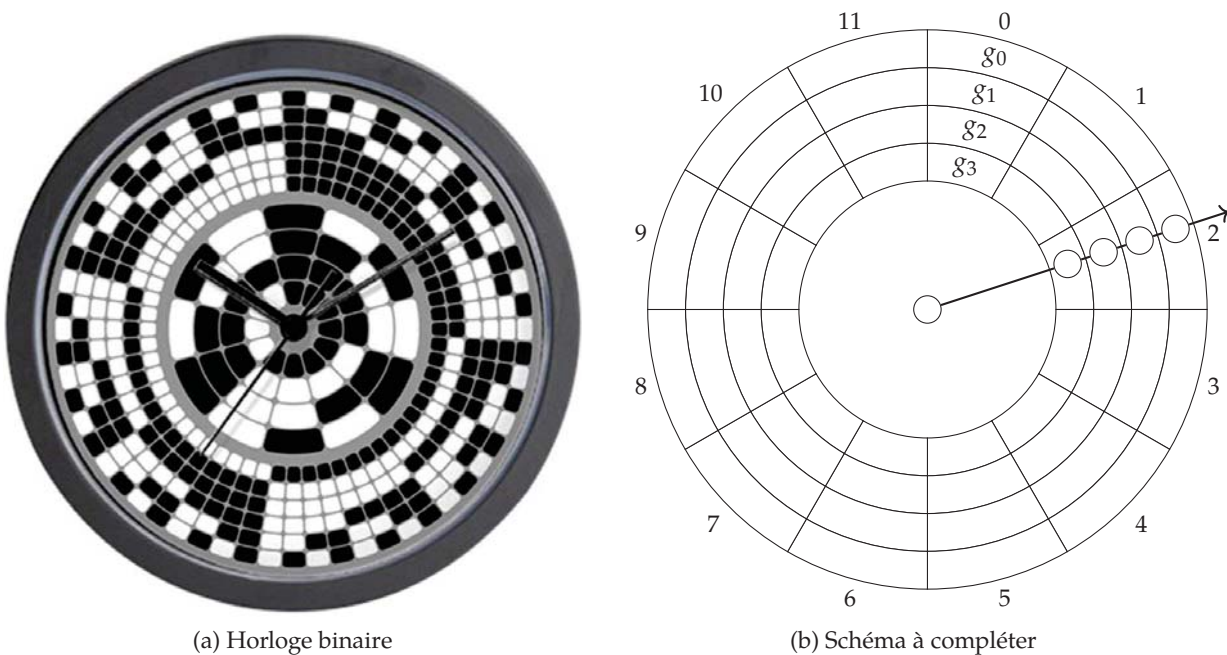


FIGURE 9 – Horloge numérique

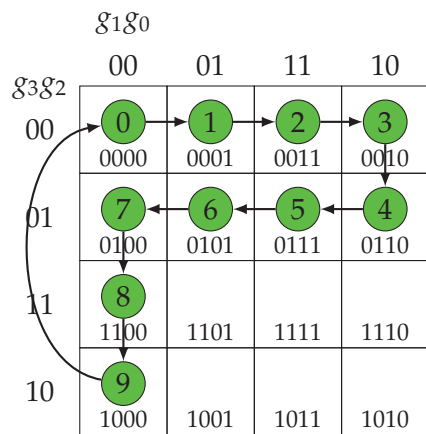
## a ) Code de Glixon

Le code de Glixon est un code décimal cyclique qui possède la propriété du code Gray de ne changer que d'un seul bit entre deux valeurs successives mais aussi d'être cyclique sur 10 valeurs, la valeur 9 précède la valeur 0.

On peut retrouver le code de Glixon à partir du code Gray, il est identique jusqu'à la valeur 8, seule la valeur 9 diffère, elle est telle que entre 8 et 9 et entre 9 et 0 un seul bit varie.

On peut s'appuyer sur le tableau de Karnaugh à 4 variables pour le déterminer.





(a) Tableau de Karnaugh et code de Glixon

Décimal	BCD	Glixon
0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 0 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 0
5	0 1 0 1	0 1 1 1
6	0 1 1 0	0 1 0 1
7	0 1 1 1	0 1 0 0
8	1 0 0 0	1 1 0 0
9	1 0 0 1	1 0 0 0

(b) Code BCD et de Glixon

FIGURE 10 – Code Glixon