

# Numération et systèmes à événement discret

## Exercice 1 - Capteur de position incrémental

Extrait du sujet CCinp MP 2006

Corrigé page ??

La mesure de position est effectuée par une règle fixe collée au bâti munie de fentes espacées d'une distance  $p_r$  ( $p_r = 4 \mu\text{m}$ , pas de la règle) et par deux capteurs optiques  $a$  et  $b$  montés sur le bloc moteur et décalés d'un quart de pas  $p_r$  (figure 1a). Ces capteurs renvoient l'information 0 s'ils se situent face à une fente ou 1 dans le cas contraire.

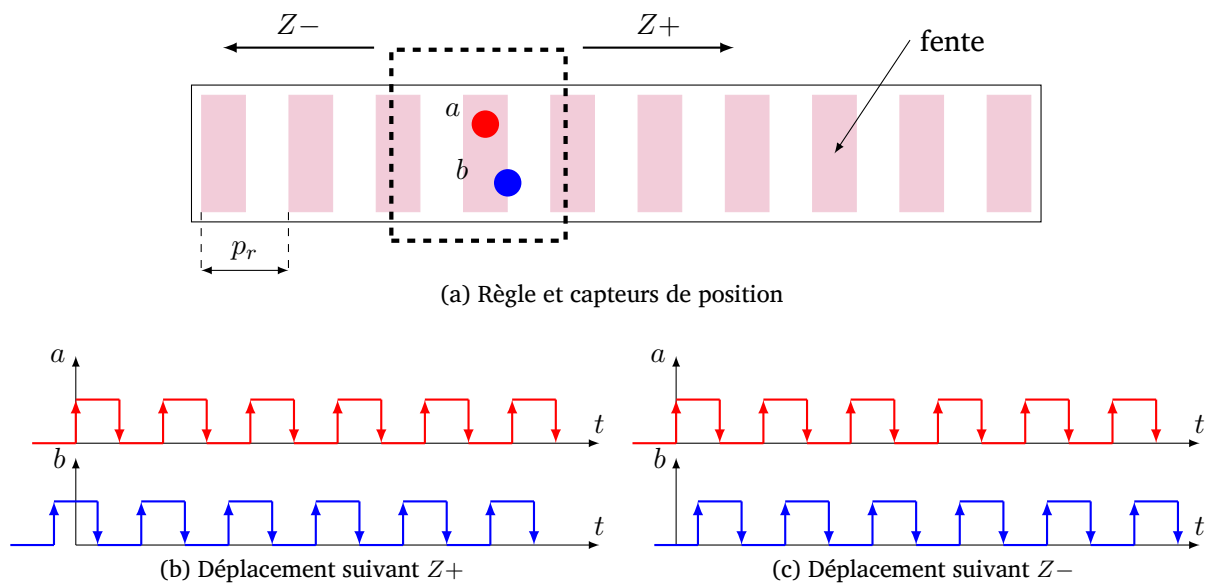


FIGURE 1 – Principe de la mesure de position

Suivant le sens de déplacement du moteur,  $Z+$  ou  $Z-$ , les capteurs A et B renvoient les informations  $a$  et  $b$  des figures 1b et 1c.

Un compteur  $C$ , est incrémenté ou décrémenté suivant le sens de déplacement du moteur à chaque changement d'état des variables  $a$  et  $b$ .

Le diagramme état-transition ci-dessous incomplet décrit le cycle de comptage.

**Remarque :** le point d'exclamation ! permet de noter le complément de la variable. Dans le cas d'une condition de garde alors  $[!a]$  doit se comprendre comme la variable  $NONa$ . Dans le cas d'un événement, il s'agit de l'événement qui correspond au passage de l'état haut à l'état bas (front descendant).

- Q1. Commenter le cycle décrit sur la figure 2.
- Q2. Compléter le diagramme états-transitions en ajoutant le décomptage.
- Q3. Justifier que le gain du capteur soit égal à  $K_r = 10^6$  incréments/mètre.
- Q4. Pourquoi dit-on que ce capteur de position est un capteur relatif?

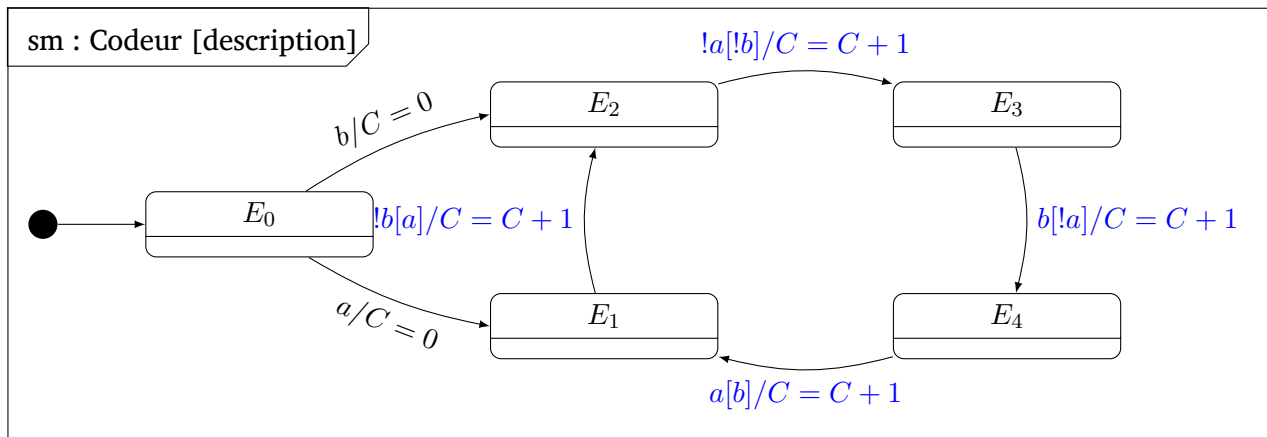


FIGURE 2 – Diagramme états-transitions

## Exercice 2 - Robot de peinture pour cabine - Codage

Oral CCP

Corrigé page ??

### Présentation

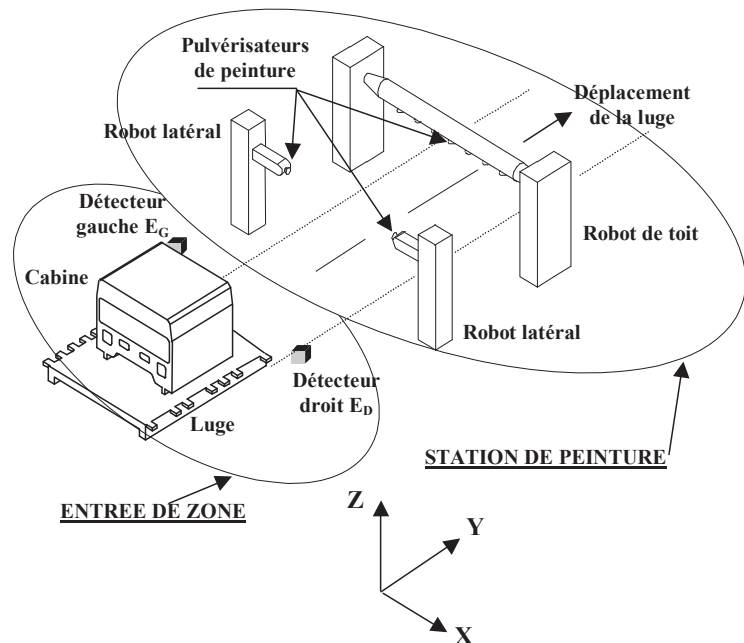
La cabine de camion, après assemblage des différents éléments de tôlerie qui la composent, est envoyée dans l'atelier de recouvrement de surface où elle doit être protégée contre l'oxydation et peinte à la couleur choisie par le client.

La production « juste à temps » étant appliquée dans l'entreprise, chaque cabine fabriquée est déjà vendue à un client qui a choisi les options d'équipement et la couleur du camion. Pour informer chaque poste de travail des options choisies, la cabine est placée sur une luge identifiée par un code binaire. Sa lecture par deux détecteurs permet de renseigner chaque poste d'intervention sur les options choisies et donc de charger le programme adéquat.

La luge est entraînée par un système de chaîne selon l'axe Y (système non étudié). Lors de son passage sur les détecteurs situés en entrée de zone, le code binaire contenant les informations sur la cabine (type, teinte choisie), est lu et transmis au système de commande de la station de peinture.

Les automates assurant la gestion des robots de peinture prennent en compte ces informations et exécutent en fonction de l'avance de la cabine le programme permettant le bon positionnement des pulvérisateurs dans l'espace.

Les mouvements combinés des pulvérisateurs permettent le suivi du profil et la mise en peinture des côtés, de l'avant et de l'arrière de la cabine. Entre 2 cabines, les automates peuvent exécuter un changement de couleur en 15 secondes.



## A. Codage des cabines

Afin de limiter les problèmes de lecture, plutôt qu'un code barre ou une solution type carte à puce, le constructeur a choisi un codage physique à base de deux détecteurs inductifs.

Chaque luge métallique comporte 12 dents sur le côté gauche pour la synchronisation et peut comporter jusqu'à 12 dents sur le côté droit pour traduire l'information. Deux capteurs inductifs  $E_G$  et  $E_D$  détectent le passage des dents.

Les dents n°1 (droite et gauche) signalent le début de la luge et les dents n°12 la fin de la luge. Ces deux dents ne participent donc pas au codage du type de cabine.

Le code déduit des autres dents permet d'identifier le type de cabine et de préciser la couleur de celle-ci. L'automate de gestion interprète l'information codée sur la luge au fur et à mesure de son déplacement.

- Le code lu sur la luge est mémorisée dans la variable  $M100$ . Ce code sera transmis aux différents postes de peinture.
- Le cycle de lecture du code débute dès que les deux dents n°1 sont à 1. La variable  $M100$  est mise à zéro ( $M100 = 0$ ).
- À chaque passage devant une dent du coté gauche, la variable est incrémentée de  $2^{i-2}$  avec  $i$  le numéro de la dent si une dent est aussi présente du coté droit.
- Lorsque le nombre correct de dents a été lu, le code est contenu dans  $M100$ . L'évacuation de la luge est détectée sur la dernière dent.
- En cas d'erreur de lecture une alarme est activée afin qu'un opérateur intervienne et valide manuellement le code.

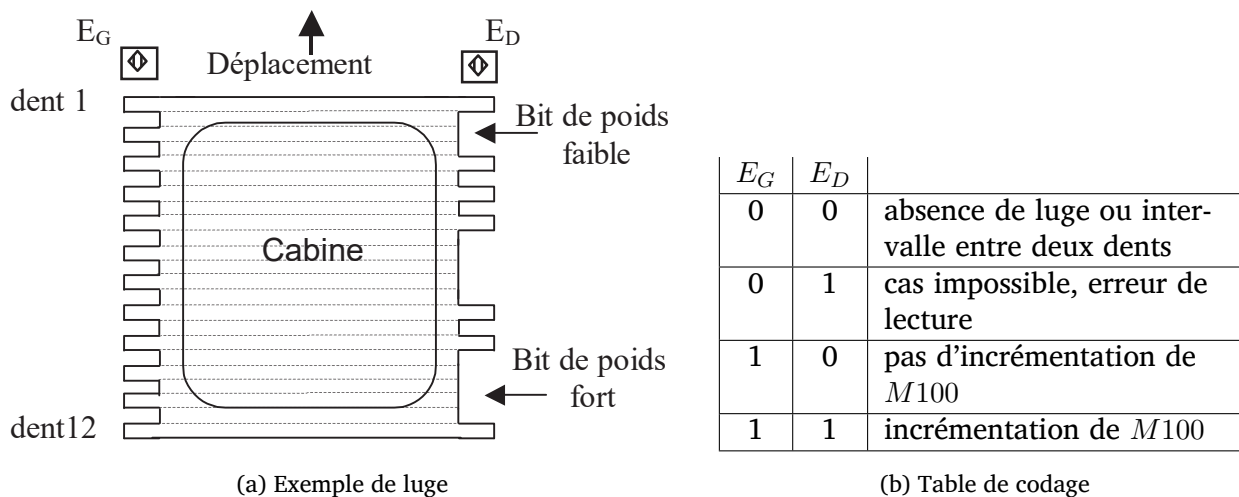


FIGURE 3 – Luge et principe de lecture

## B. Questions

**Q1.** Préciser le code de la luge représentée sur la figure 3.

**Q2.** Décrire par un diagramme états-transition (*state machine diagram*) le processus de lecture du code de la luge.

### Exercice 3 - Sécurité « Homme-mort »

Corrigé page ??

L'Homme mort est une sécurité installée dans les systèmes où il est nécessaire de vérifier que l'opérateur est toujours vigilant. À l'origine, ce système a été installé dans les cabines de conduite de trains.

On se propose d'étudier l'installation de cette sécurité sur un camion oléo-serveur (figure 4) permettant d'alimenter en carburant les avions sur les aéroports.

Une poignée à distance permet de commander l'ouverture de la vanne de remplissage.

Compte tenu des dangers, l'opérateur doit maintenir et valider en permanence la commande, pour cela :

— L'opérateur doit actionner et maintenir la poignée (« *Hom* »).

— Au bout de 180 s, un voyant (*Valerte*) clignote pour l'avertir de relâcher la poignée, il a alors 20 s pour la relâcher et la serrer de nouveau dans un délai de 2 s (cette action permet de vérifier que l'opérateur ne bloque pas la poignée !) sinon, la vanne se ferme.

— Le cycle de 180 s redémarre.

— À tout moment, dès qu'il desserre la poignée, il a un délai de 2 secondes pour la resserrer avant la fermeture de la vanne.

— Si la vanne se ferme, l'opérateur doit valider par un bouton (« *acq* ») dans un délai de 10 s avant de pouvoir reprendre le chargement, au-delà le cycle se termine.

**Q1.** Décrire par un diagramme d'état le fonctionnement de la sécurité « Homme mort ».



FIGURE 4 – Camion oléo-serveur

### Exercice 4 - Décodage Nombres Premiers

Corrigé page ??

On se propose de réaliser un circuit logique permettant de détecter un nombre premier entre 0 et 32.

**Q1.** - Compléter le tableau par les représentations des nombres premiers codés en binaire naturel.

**Q2.** Etablir les équations logiques complètes permettant de détecter un nombre premier compris respectivement entre les valeurs,

— 0 et 15

— 0 et 31.

**Q3.** Simplifier les équations logiques obtenues à la question précédente.

On souhaite réaliser un circuit de décodage des nombres premiers compris entre 0 et 31. Pour réaliser ce circuit on ne dispose cependant que de portes NAND à 2 entrées.

**Q4.** Etablir les schémas logiques du circuit de décodage.

N°	e	d	c	b	a
2					
3					
5					
7					
11					
13					
17					
19					
23					
29					
31					

### A. Mise en situation

La machine étudiée est une banderoleuse de palettes automatique à bras tournant.

Elle est destinée à la mise sous film plastique des produits déposés sur des palettes de manutention afin de les protéger et de faciliter leur manutention.

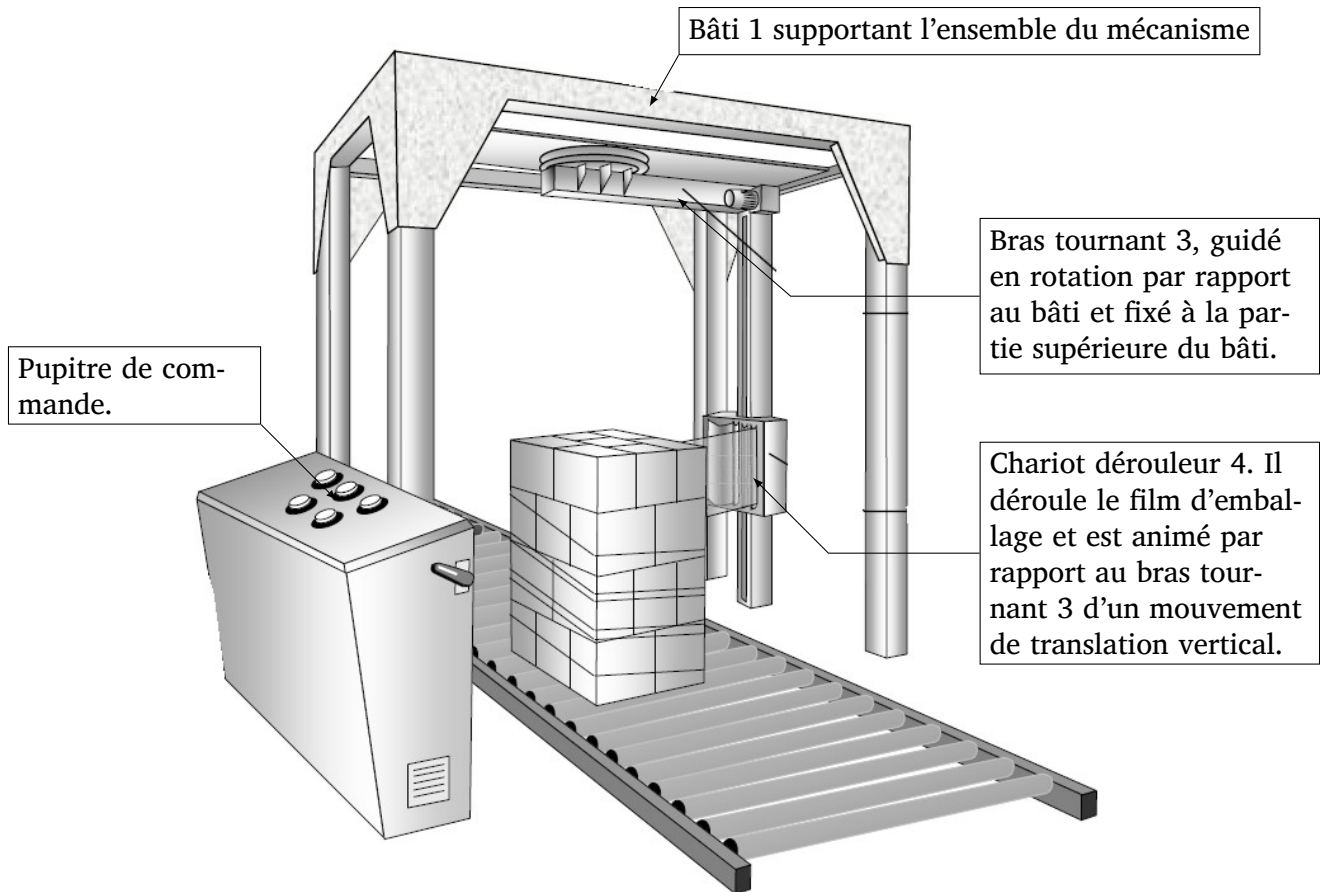


FIGURE 5 – Banderoleuse

**Le film d'emballage :** C'est un film plastique, étiro-rétractable, présenté sous forme de bobine. Le film, avant sa pose autour de la palette subit dans le chariot dérouleur 4 un pré-étirage qui augmente sa longueur dans des proportions variables entre 0 et 300%. Il conserve cette déformation pendant quelques minutes puis reprend partiellement sa longueur d'origine. On obtient ainsi un effet de serrage sur les produits emballés sans avoir d'efforts de traction pendant la pose autour de la palette ce qui permet d'emballer des produits légers ou fragiles.

**L'emballage d'une palette :** L'opérateur déroule manuellement le film et le plaque sur la palette. Un appui sur *dcy* met en route le bras tournant, le cycle d'emballage commence par la mise en place de trois tours de film pré-étiré autour de la base des produits. Les trois tours effectués, l'enrubannage de la palette est réalisé par le déplacement ascendant du chariot dérouleur pendant la rotation. La détection du haut de la palette stoppe le déplacement, la rotation se poursuit par la mise en place de trois tours de film sur la partie haute. L'enrubannage de la palette se termine par la descente du chariot dérouleur jusqu'à sa position basse puis par la découpe du film.

**Q1.** À partir du tableau des entrées-sorties ci-dessous, décrivez à l'aide d'un diagramme états-transitions le cycle d'emballage d'une palette.

Entrées	Sorties
$d_{cy}$ : départ cycle	MBT : alimenter le moteur du bras tournant
$au$ : arrêt d'urgence	MCD : monter le chariot dérouleur
$b_0$ : détecteur bras en position angulaire initiale	DCD : descendre le chariot dérouleur
$d_h$ : détection du haut de la palette	DF : découper le film
$c_b$ : chariot en position basse	
$d_f$ : film découpé	

## exercice 6 - Béquille électrique

oral ccp

Corrigé page ??

### A. Mise en situation

#### A.1. Présentation

Une moto en stationnement peut être maintenue verticalement en équilibre grâce à une béquille centrale mécanique (figures 6). 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.

#### A.2. 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.

Cycle

- Débéquillage



FIGURE 6 – Moto sur sa béquille

- 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 la montée
  - arrivée en position rentrée (haute), le moteur de la béquille n'est plus alimenté, le buzzer stoppe.
- Bequillage
- 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 peu redemander la descente de la béquille.
  - En position complètement sortie, le moteur s'arrête ainsi que le buzzer.

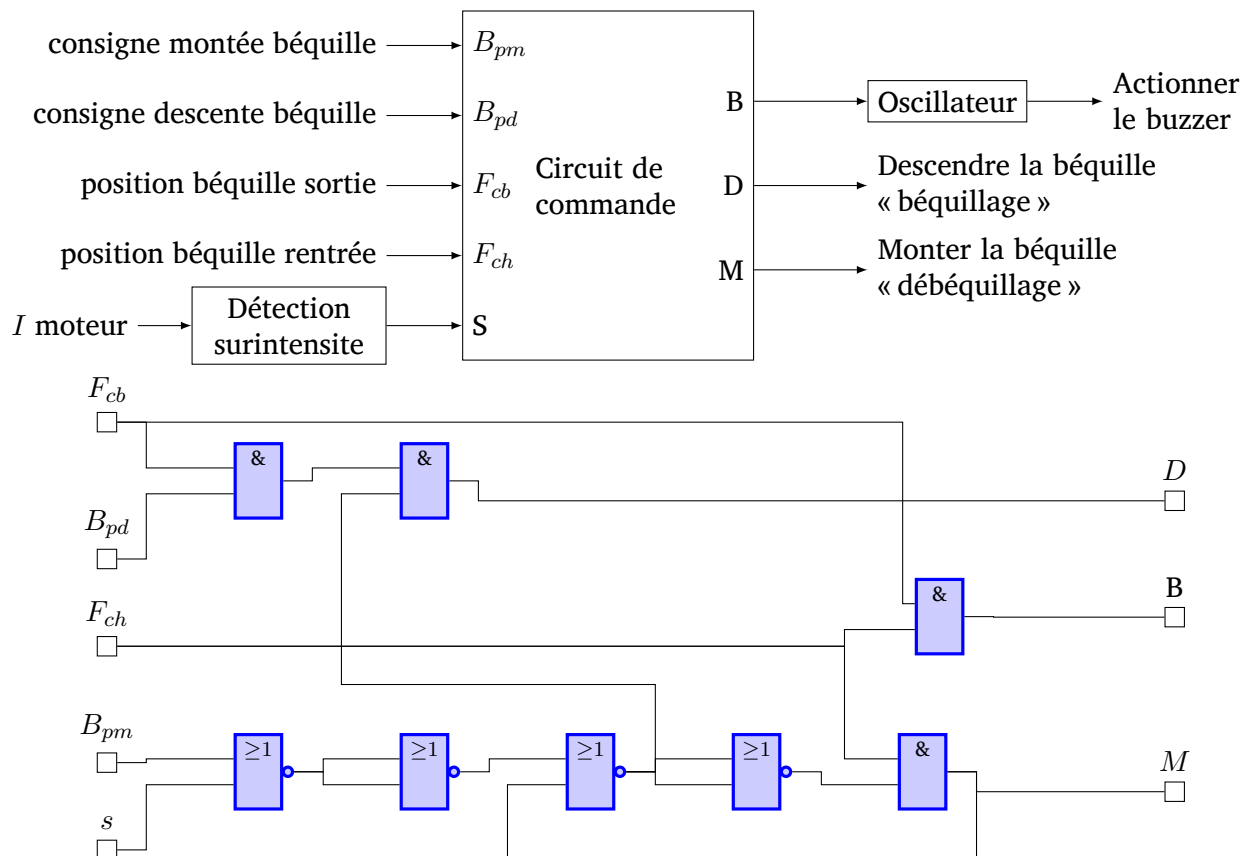


FIGURE 7 – Circuit de commande et codage des signaux

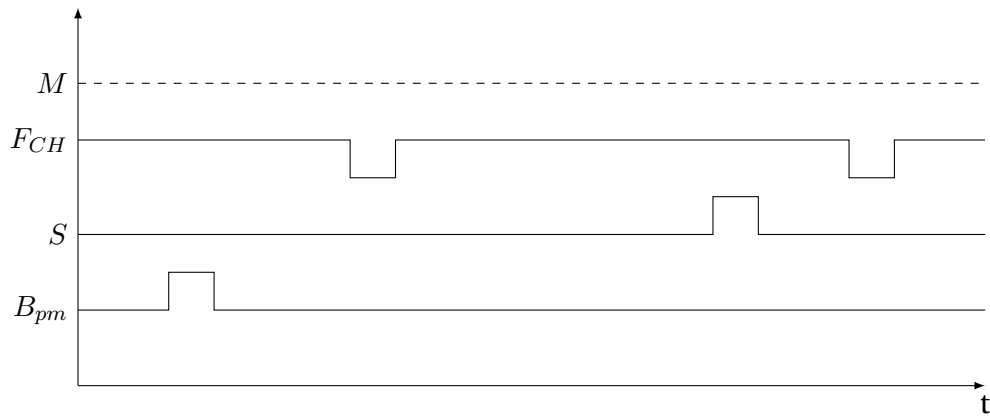


FIGURE 8 – Chronogramme à compléter

### A.3. Module de commande

La commande de la béquille est réalisée par un circuit spécialisé (figure 7). 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 vrai si l'intensité parcourant le moteur dépasse la valeur maximale autorisée.

### A.4. Étude de la commande

La commande de la béquille est réalisée par une carte électronique spécialisée, donc le schéma est fourni (figure 7).

Les deux boutons poussoirs, sont réalisés par des contacts à établissement de circuit, les deux fins de course ( $F_{cb}$  et  $F_{ch}$ ) sont réalisés 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 8, commenter.

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



Adaptation du sujet original par François Weiss.

La conception des voiliers de course, dans un contexte de forte compétitivité sportive et technique, utilise toutes les évolutions récentes afin d'améliorer performances et sécurité. Dès les premiers stades de la conception du navire, l'architecte naval intègre les exigences des différents spécialistes qui collaborent au projet. A ce titre la conception d'un voilier de course océanique est analogue à la conduite d'un projet industriel classique où les intervenants s'inscrivent dans une démarche collaborative pilotée par un coordonnateur du projet.  
L'étude proposée s'intéresse à quelques aspects de la conception d'une quille pendulaire équipant un monocoque 60' IMOCA.

1- ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE

Fonction de la quille dans la dynamique d'un voilier :

Le comportement dynamique d'un voilier est conditionné par ses interactions avec les deux fluides avec lesquels il entre en contact : l'air et l'eau. Il reçoit de l'énergie sous la forme des actions aérodynamiques dues au mouvement relatif air/voiles. Ces actions mécaniques le font avancer et provoquent son inclinaison autour de son axe longitudinal (axe de direction  $\vec{z}_N$  sur la figure 1). C'est le phénomène de gîte. Pour contrebalancer ce mouvement et éviter que le voilier ne se couche sur l'eau, la quille joue le rôle de contrepoids. Cette quille est généralement constituée d'un voile immergé dans l'eau à l'extrémité duquel se trouve un lest profilé. L'efficacité de la quille dépend de la masse du lest et de la longueur du voile. Ces deux paramètres présentent des limitations : le lest ne peut être trop important sous peine de solliciter dangereusement le voile de quille et la longueur de quille est limitée par le tirant d'eau maximal admissible (il faut permettre l'entrée dans les ports sans toucher le fond !).

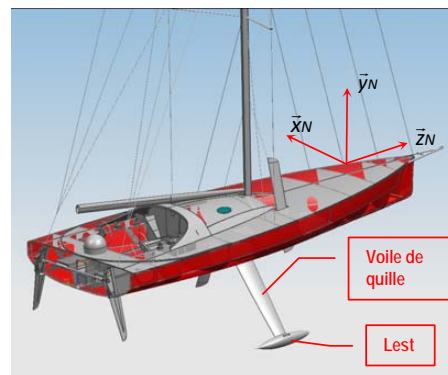
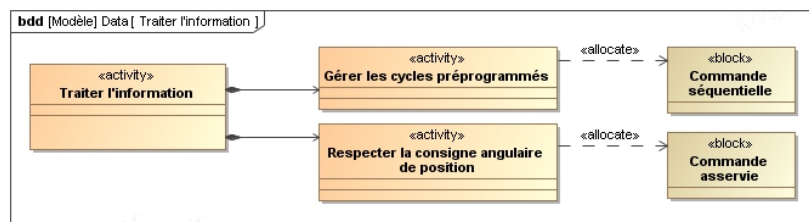


Figure 1 : Voilier 60' IMOCA – Image Cabinet Finot-Conq

La quille pendulaire, par sa possibilité d'inclinaison latérale, permet d'améliorer l'efficacité du lest.

2- Etude de la fonction « TRAITER L'INFORMATION » et de la sous-fonction « GERER LES CYCLES PREPROGRAMMES »

L'automate, qui réalise la fonction TRAITER l'information, a son activité décomposée en deux activités internes, selon le diagramme des blocs de la Figure ci-contre.



L'étude porte sur la programmation de la commande séquentielle.

La commande des manœuvres de la quille s'effectue via un pupitre (voir figure 11).

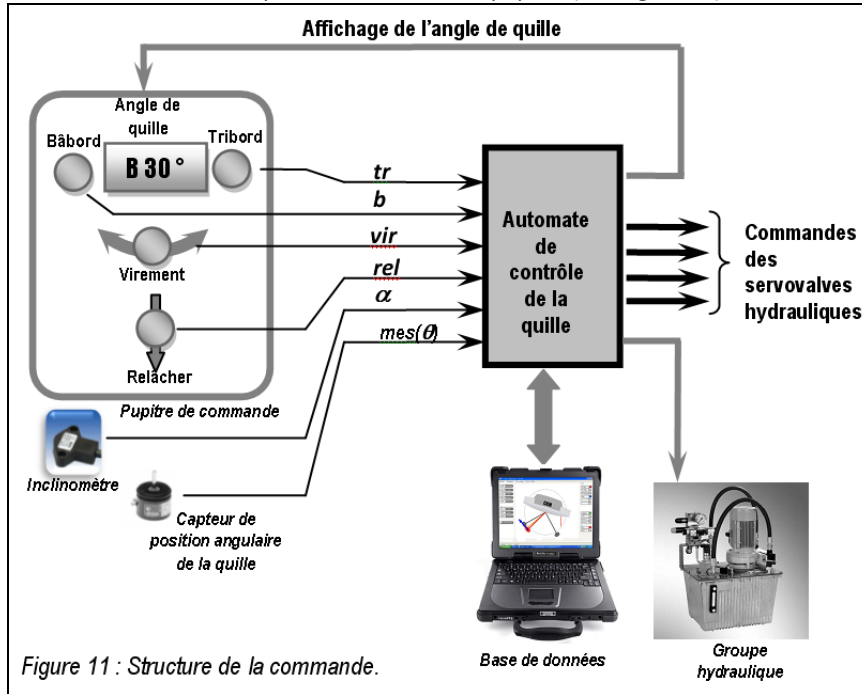


Figure 11 : Structure de la commande.

Ce pupitre est placé à proximité du poste de barre à partir duquel le navigateur peut demander à l'automate de réaliser :

- Le déplacement de la quille d'un bord ou de l'autre selon une valeur de consigne.
- Des cycles préprogrammés comme celui de « virement de bord » et celui de « Relâcher ».
  - Le cycle de virement de bord permet de placer la quille de façon symétrique à la position qu'elle occupait précédemment. Ce cycle est utilisé lorsque le navigateur change l'orientation du navire par rapport au vent lors d'un virement de bord. L'automate prend alors en charge intégralement la séquence de manœuvres de la quille, laissant le navigateur disponible pour les autres tâches.
  - Le cycle « Relâcher » permet de déplacer la quille sous le seul effet de la pesanteur. La quille est ainsi manœuvrée en économisant l'énergie de la centrale hydraulique.

L'automate est également interfacé via le réseau du navire à une base de données où sont stockés les paramètres des navigations précédentes (conditions météorologiques, performances du navire et angle de quille). Le navigateur peut ainsi intégrer les paramètres de la quille à l'ensemble des paramètres décisionnels qui lui permettent d'élaborer sa stratégie de navigation.

L'automate gère également la centrale hydraulique qui met en pression l'huile utilisée dans les vérins de manœuvre de la quille.

Deux capteurs renseignent l'automate :

- Un inclinomètre mesure l'angle de gîte du navire, information notée  $\alpha$ .
- Le capteur de position angulaire mesure l'angle d'inclinaison de la quille, grandeur notée  $mes(\theta)$ .

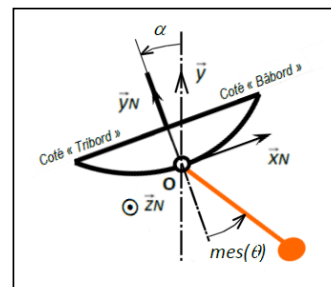
Le pupitre de commande est doté de quatre boutons poussoirs :

- $tr$  : Demande d'inclinaison sur tribord.
- $b$  : Demande d'inclinaison sur bâbord.

Un appui « bref » (< 1s) sur l'un ou l'autre de ces boutons provoque une évolution de l'angle de consigne de  $1^\circ$ , un appui « long » une évolution de  $10^\circ$  pour chaque seconde d'appui.

- $vir$  : Demande du cycle « virement de bord ».
- $rel$  : Demande du cycle « Relâcher ».

Il comporte également un afficheur numérique (hors de l'étude) permettant de visualiser soit l'angle d'inclinaison de la quille, soit la valeur de consigne lorsque le barreur agit sur « bâbord » ou « tribord » (variables  $b$  ou  $tr$ ).



le modèle de commande implanté dans l'automate est fourni sous forme de graphe d'état en annexe 1.

**Question 1**

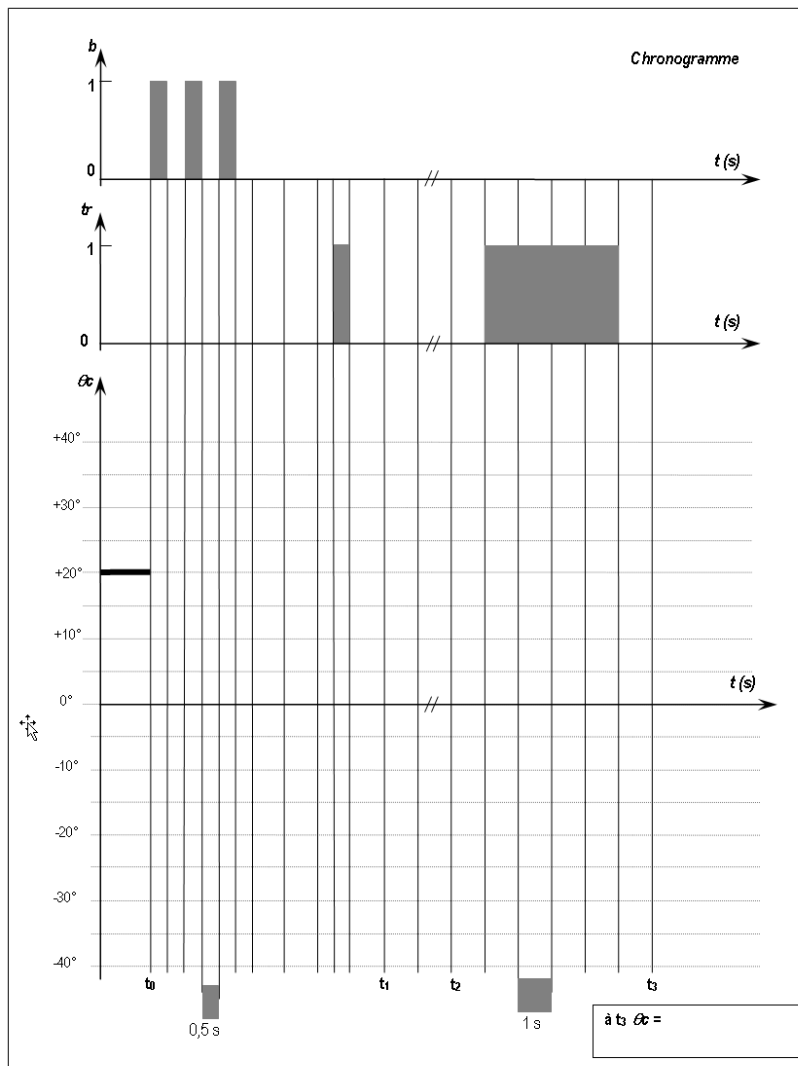
On considère au départ le graphe avec l'état « Attente consigne » actif, avec la quille est inclinée de  $+40^\circ$ . Le navigateur donne la consigne de virement de bord, *vir*.

- a- Donner la liste des états successivement actifs dans le modèle de commande jusqu'au retour à l'état « Attente consigne » actif.
- b- En considérant que la chaîne de commande de la quille est précise, donner la valeur angulaire que représente  $mes(\theta)$  en fin de ce cycle.

**Question 2**

On considère maintenant qu'à l'instant  $t_0$ , le graphe est avec l'état « Attente consigne » actif, et la quille est alors inclinée de  $+20^\circ$ . Le navigateur donne une série d'impulsions sur  $b$  et  $tr$  conformément au chronogramme donné ci-dessous.

En analysant le modèle de commande, compléter l'analyse des évolutions temporelles de la consigne angulaire  $\theta_c$  donnée sur ce chronogramme jusqu'à l'instant  $t_3$  et donner la valeur obtenue pour  $\theta_c$ , et ce, sans se préoccuper de la façon dont la partie opérative réagit à cette consigne.



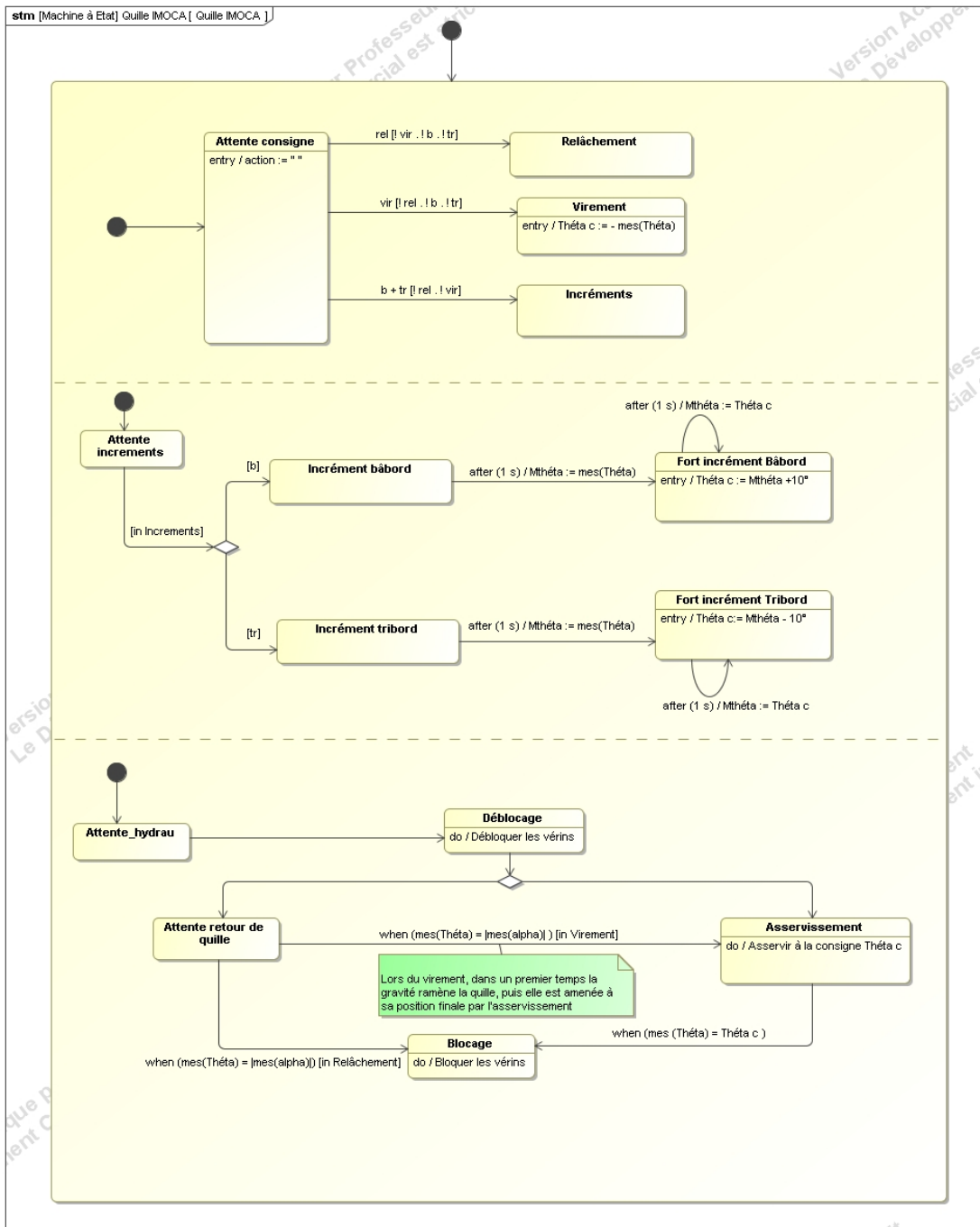
### Question 3

Avec le graphe de l'annexe 1, on peut constater lors des demandes de « fort incrément bâbord » ou de « fort incrément tribord », que le mouvement de la quille n'est déclenché qu'après le relâchement du bouton « Bâbord » ou « Tribord », ce qui peut retarder la manoeuvre.

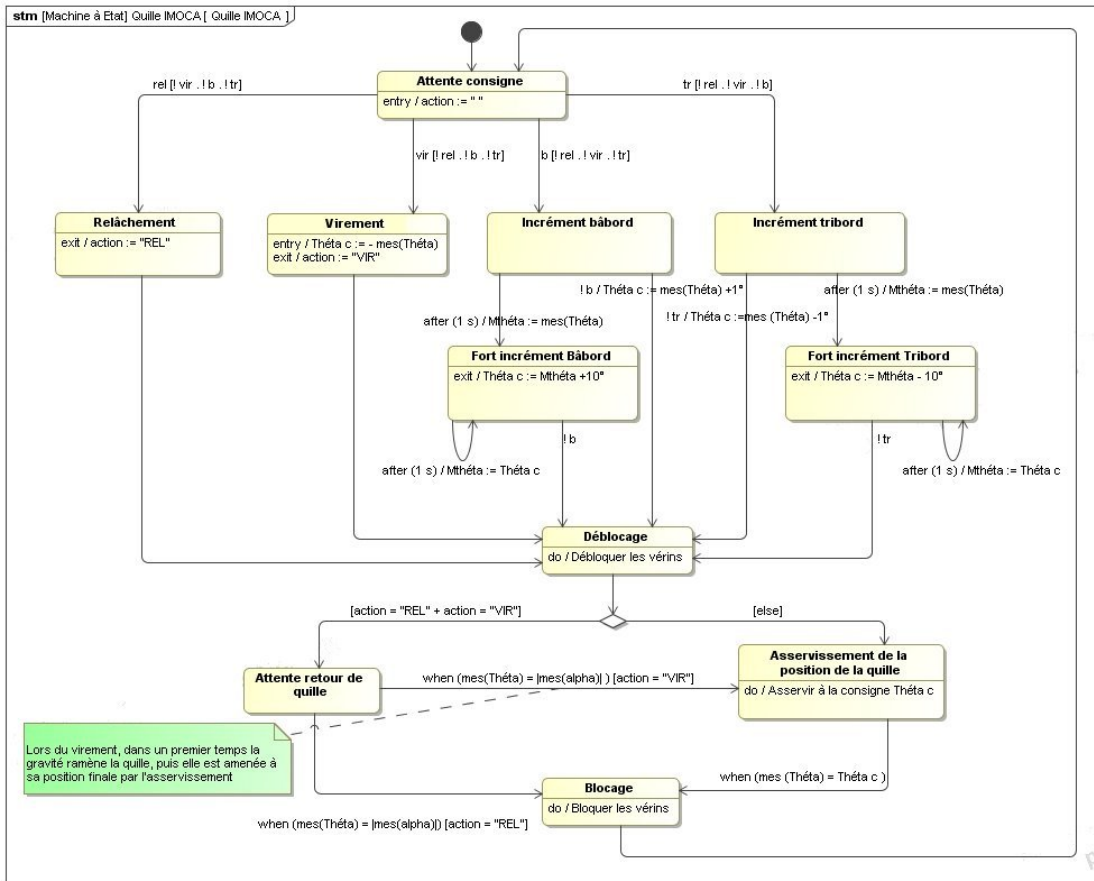
On se propose de modifier le graphe d'états de l'annexe 1, en utilisant le principe du graphe à état composite orthogonal (plusieurs sous-états « parallèles » sont alors actifs simultanément).

Compléter le graphe ci-dessous de façon à ce que le mouvement de la quille soit déclenché dès la première seconde d'appui sur le bouton « Bâbord » ou « Tribord ».

On note que l'opérateur doit pouvoir désormais corriger les consignes à tout instant, même si la quille n'a pas atteint la position précédemment demandée.



Annexe 1 :

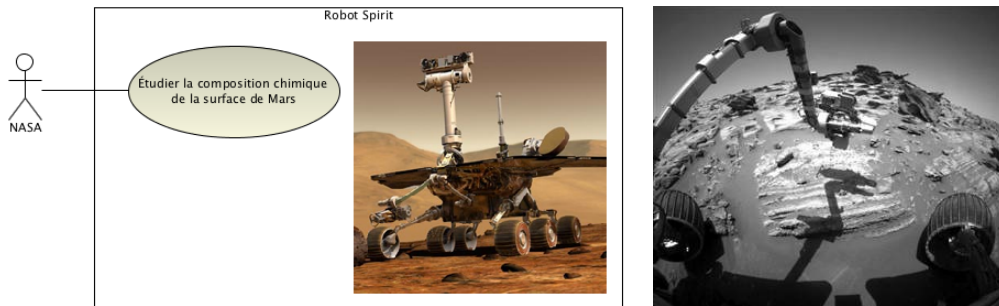


## Exercice 8 - Robot Spirit

X-ENS 2005-PSI

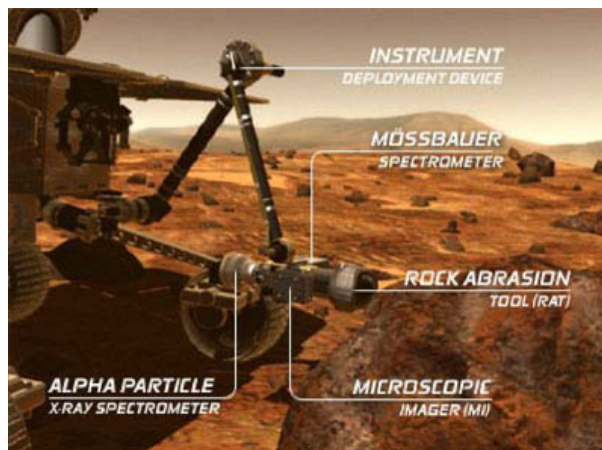
Corrigé page ??

Adaptation du sujet original par Olivier Le Gallo.



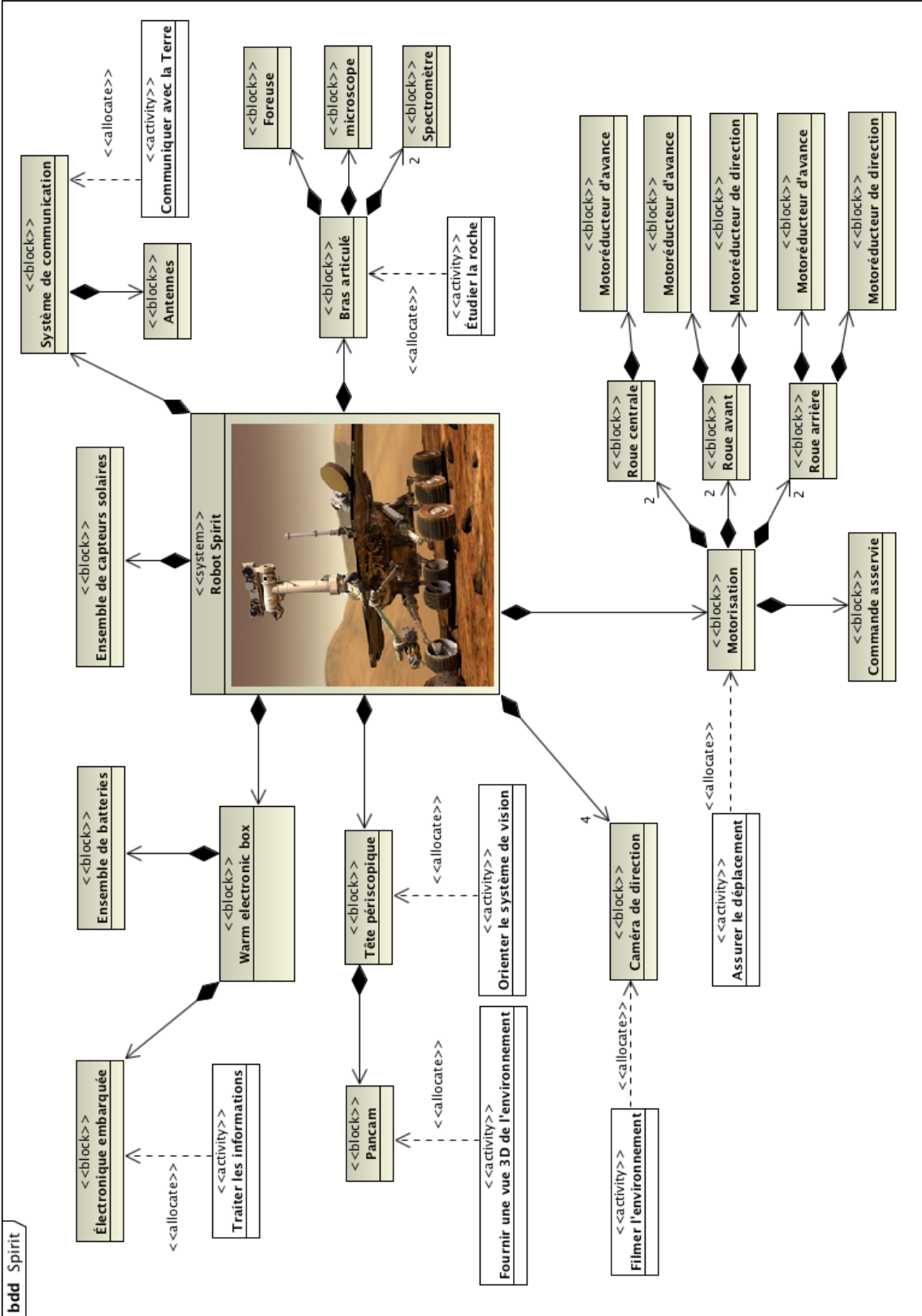
Le robot SPIRIT a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars. Les principaux composants de ce robot sont :

- Un corps, appelé « Warm Electronic Box », dont la fonction est d'assurer la liaison entre les divers composants. Il supporte les batteries qui sont chargées par des capteurs solaires. Il protège également l'électronique embarquée des agressions extérieures.
- Une tête périscopique orientable dont la fonction est d'orienter le système de vision appelé « Pancam » (Panoramic Camera) qui se trouve à 1,40 m de hauteur. Ce dernier fournit une vue en trois dimensions de l'environnement. Le traitement des images acquises par les caméras du Pancam permet à Spirit de réaliser une cartographie des terrains et donc de trouver de manière autonome son chemin en évitant les obstacles. Cette autonomie de déplacement est renforcée par l'utilisation de quatre caméras de direction situées sur le corps.
- Un bras articulé (image ci-contre), dont la fonction est d'amener un barillet portant quatre outils (une foreuse, un microscope et deux spectromètres) à proximité d'une roche à étudier. L'étude de la roche par ces quatre outils se fait par des carottages horizontaux.
- Six roues, animées chacune par un motoréducteur, dont la fonction est d'assurer le déplacement de Spirit sur un sol caillouteux. Les deux roues avant et arrière possèdent de plus un moteur de direction permettant au robot d'effectuer des changements de direction jusqu'à un demi-tour sur place.
- Un système de communication et des antennes haute et basse fréquence, dont la fonction est de permettre à Spirit de communiquer avec la terre.



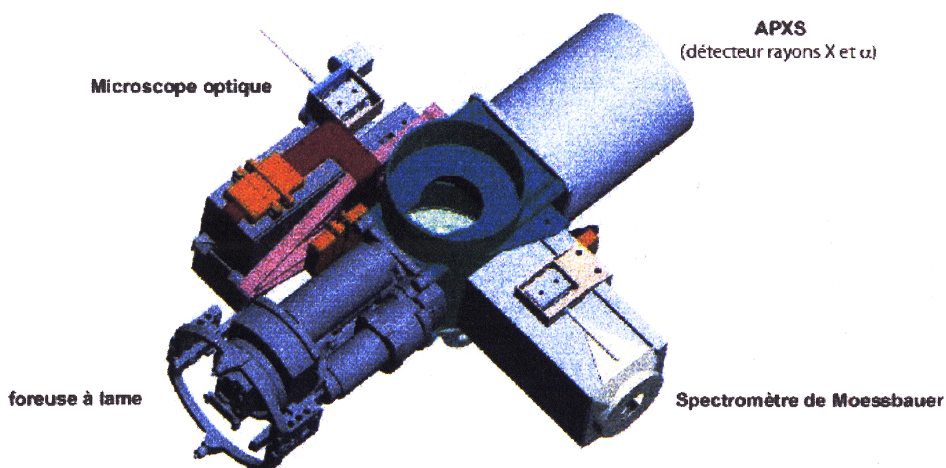
Le BDD qui suit précise cette structure matérielle.

bdd Spirit



On s'intéresse ici uniquement à la phase de prospection. Comme précisé précédemment, l'analyse est réalisée grâce à quatre outils installés sur un barillet rotatif :

- La foreuse à lame (notée fo) : elle est utilisée pour obtenir une surface analysable. Afin de supprimer la croûte rocheuse, un trou cylindrique de profondeur minimale est effectué. Un capteur mesure la profondeur de perçage et envoie l'information pt (perçage terminé) lorsque l'objectif est atteint. Le perçage normal se fait à vitesse minimale et effort maximal. L'information fo\_r signale que la foreuse est rentrée en position de repos, l'information fo\_s signale que la foreuse est sortie, prête à l'emploi.
- Le microscope optique (noté mi) : il renseigne sur la morphologie de la roche (taille des particules, agencement, texture, etc.). L'électronique signale la fin de l'analyse optique par l'information fin\_a. L'information mi\_r signale que le microscope est rentré en position repos, l'information mi\_s que le microscope est sorti, prêt à l'emploi.
- L'analyseur APSX (noté ap) : il mène des analyses aux rayons X et  $\alpha$ , de manière à déterminer la composition élémentaire de la roche.
- Le spectromètre de Moessbauer (noté sp) : il permet de détecter la présence de minéraux ferreux et de quantifier la teneur en  $Fe^{2+}$  et  $Fe^{3+}$ .



Initialement, la foreuse se trouve face à la surface à étudier (la position du barillet est mesurée par un capteur angulaire). Le déroulement normal d'une phase de prospection est spécifié par le diagramme d'états page suivante.

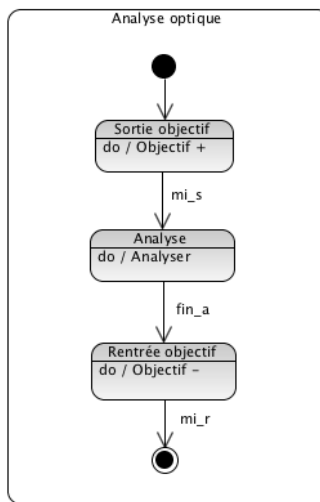
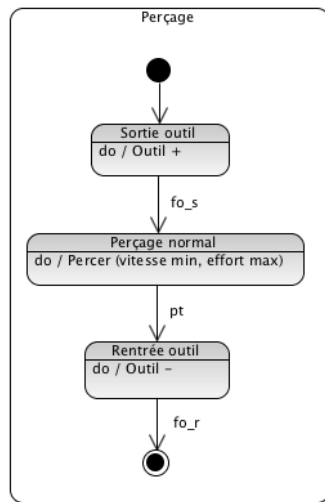
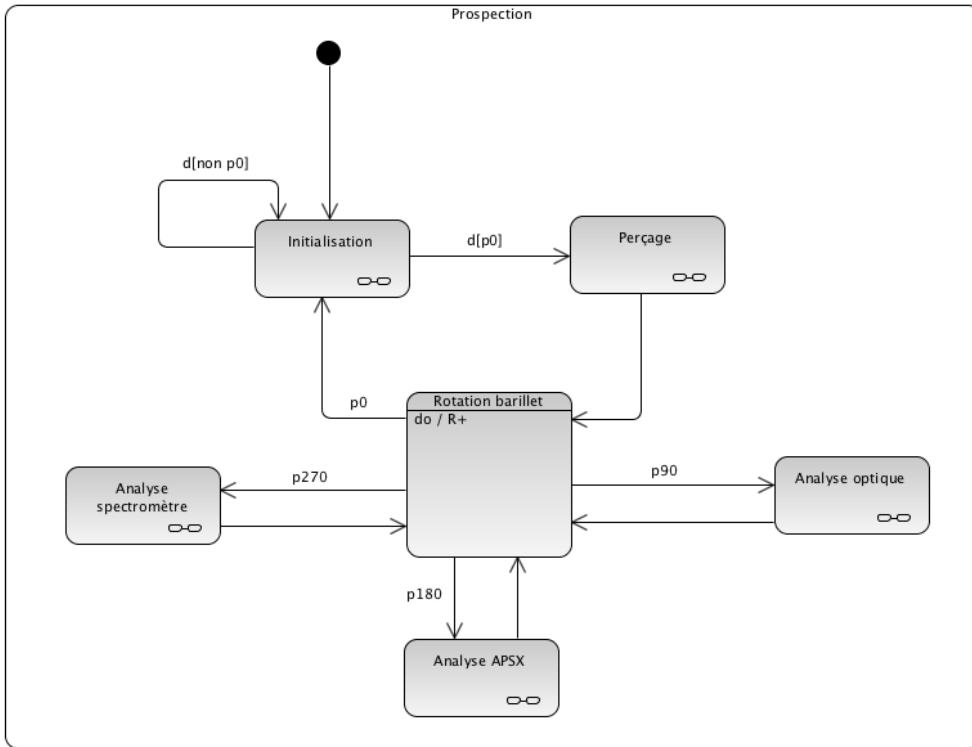
La phase de prospection débute lorsque la commande de départ d est donnée et que le barillet se trouve foreuse face à la surface (information p0 délivrée par le capteur angulaire).

Le perçage s'effectue alors (à vitesse minimale et effort maximal) jusqu'à ce que la profondeur voulue soit atteinte (information pt), puis la foreuse se rétracte et le barillet tourne de  $90^\circ$  (position p90) dans le sens positif.

Puis viennent les phases d'analyse optique, APSX et spectromètre avec une rotation de  $90^\circ$  du barillet à chaque fois, jusqu'au retour à la position initiale du barillet.

Les phases d'analyse ASPX et spectromètre ne sont pas étudiées et donc les états composites correspondants ne sont pas fournis.





En pratique, ce fonctionnement normal peut être perturbé par deux situations :

- **Pathologie 1- échec de la phase de perçage** : le forage peut échouer si la roche se révèle trop résistante. Dans ce cas, on renonce à l'analyse et le système doit revenir en situation initiale.
- **Pathologie 2 - échec de la phase d'analyse** : le microscope optique de haute précision a une profondeur de champ très réduite, en conséquence, si l'état de surface à l'issue de la phase de perçage est médiocre, l'analyse optique ne peut pas être menée. Il est alors nécessaire de recommencer la phase de perçage, cette fois à vitesse maximale et effort minimal, ces conditions permettant d'améliorer notablement l'état d'une surface préexistante.

## Questions

Les réponses sont à apporter sur le document-réponses fourni page suivante.

### Question 1 :

Proposer une modification de l'état composite de perçage permettant de :

- renoncer au perçage si la profondeur attendue n'est pas atteinte au delà d'une durée maximale  $t_{max}$  ;
- créer une variable « perçage échoué » telle que :
  - perçage échoué = 0 si le perçage est réussi
  - perçage échoué = 1 en cas d'échec.

### Question 2 :

Modifier le diagramme de prospection en conséquence pour que, dans le cas d'un échec du perçage, le système revienne en situation initiale.

### Question 3 :

En fonctionnement normal, l'électronique signale la fin de l'analyse optique par l'information  $fin_a$ . Dans le cas de la pathologie 2, cette information n'est jamais validée mais le système valide une information  $S_{imp}$  (surface impropre). Proposer une modification de l'état composite d'analyse optique permettant de :

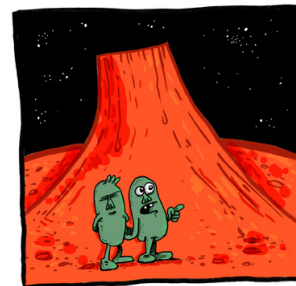
- renoncer à l'analyse optique si l'information  $S_{imp}$  est reçue ;
- créer une variable « analyse échouée » telle que :
  - analyse échouée = 0 si l'analyse est réussie
  - analyse échouée = 1 en cas d'échec.

### Question 4 :

Poursuivre la modification du diagramme de prospection pour que, dans le cas d'un échec de l'analyse optique, la phase de perçage soit relancée.

### Question 5 :

Modifier pour finir l'état composite de perçage de manière à ce que les conditions de forage correspondent à la façon dont cet état a été activé : perçage normal (vitesse min, effort max) ou perçage fin (vitesse max, effort min) s'il s'agit d'améliorer la surface.



- Ils vont finir par nous trouver !

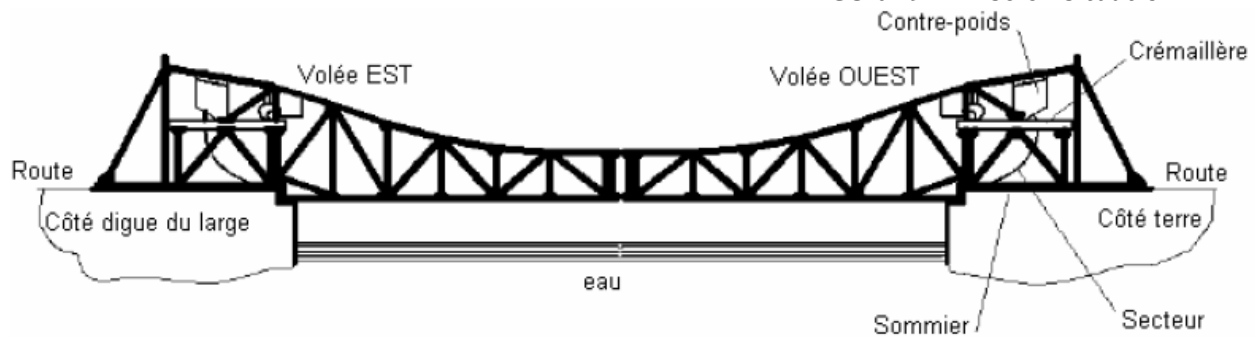
### Présentation

Construit dans les années cinquante, rénové en 1996 pour une grande partie des installations électriques cet ouvrage permet la circulation des véhicules et des piétons entre la partie terrestre du port et la grande digue du large. Il permet le passage périodique des navires circulant à l'intérieur des bassins portuaires pour accéder aux différentes formes de réparation ou aux différents terminaux de chargement et de déchargement.

Le pont du cap Pinède comporte deux volées mobiles droites de 37,5 mètres. C'est un pont basculant à treillis en acier chromé assemblé par rivetage. Par volée, la masse métallique représente 885 tonnes et le contrepoids pèse 400 tonnes.



FIGURE 9 – Mise en situation



Pour des raisons de sécurité (accès immédiat sur la digue du large par les pompiers, accès quasi immédiat aux différents bassins par les navires, en particulier en cas de mauvaise mer) la priorité est donnée aux manœuvres du pont à tout moment. Les pompiers exigent un temps d'ouverture de 2 minutes.

Un grand nombre de matériels et composants avec leur câblage est redondant : c'est le cas des moteurs d'entraînement du pont, des freins à disques à manque de tension, des variateurs de vitesses, des capteurs de positions, des codeurs... Un groupe électrogène de secours permet l'alimentation du pont en cas de défaillance du réseau.

Afin de pouvoir effectuer les manœuvres avec un maximum de sécurité et informer tous les usagers maritimes et terrestres, cet ouvrage est équipé d'un certain nombre de dispositifs : feux de signalisation (maritimes, routiers), barrières, éclairages, sirène.

Chaque volée est équipée de deux moteurs asynchrones triphasés à cage de 55 kW (le deuxième est prévu en secours) accouplés à un système réducteur de vitesse. Afin de permettre un positionnement précis et un brochage parfait en fin de phase de fermeture, un variateur de vitesse (de type variateur de fréquence) pilote chaque moteur.

Le fonctionnement des volées est contrôlé par un codeur, monté sur l'arbre du moteur, qui permet de connaître à tout moment la position angulaire des volées et de l'afficher sur un pupitre, par l'intermédiaire de l'automate programmable. Un système de frein à manque de tension permet le blocage du pont à l'arrêt sur chaque volée. Les schémas de la figure 10, décrivent le cycle de fermeture.

**Q1.** Traduire ce fonctionnement par un diagramme à états (state machine diagram) en utilisant la syntaxe SysML.

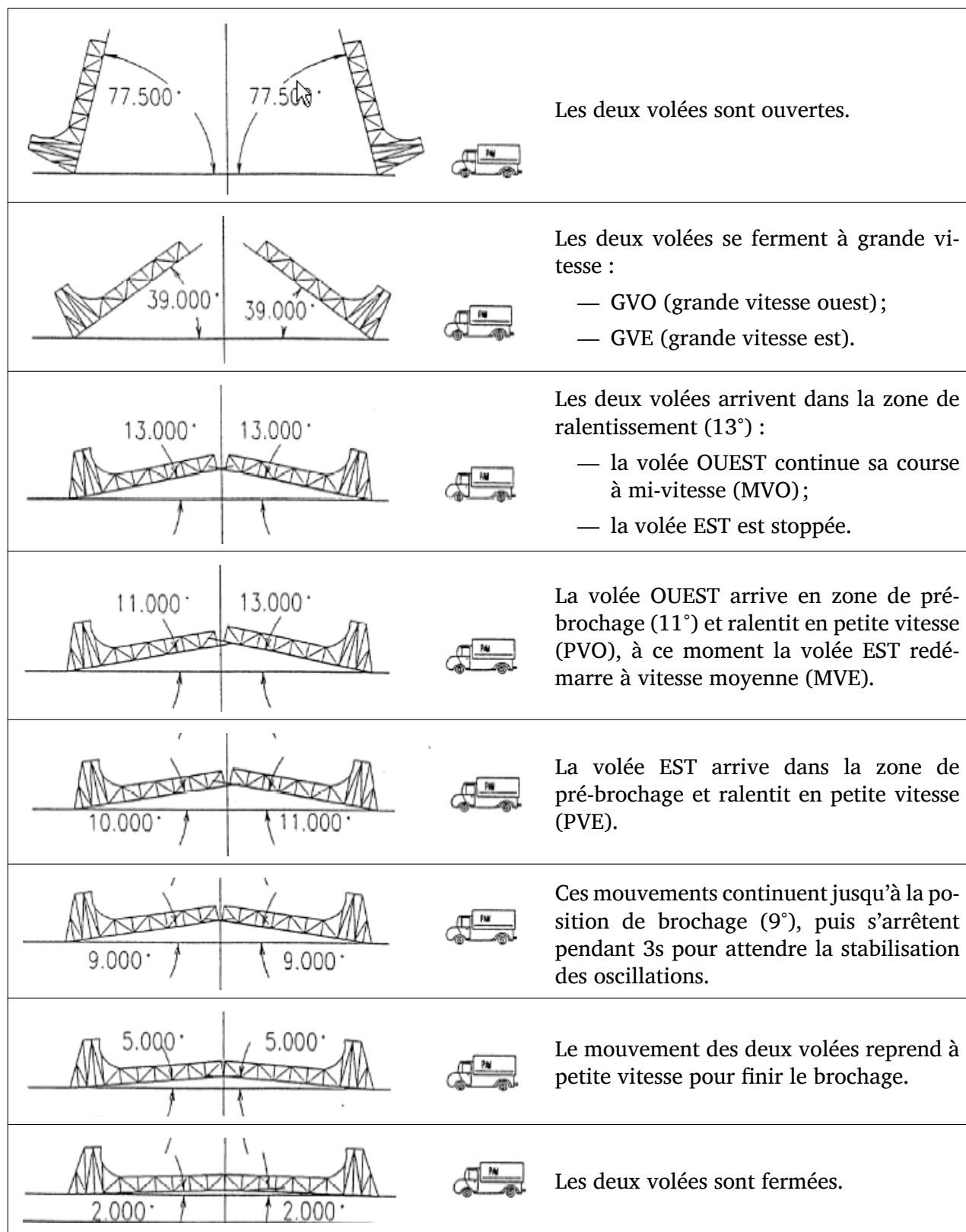


FIGURE 10 – Fonctionnement du pont