

1 EXERCICE 1 : QUILLE PENDULAIRE

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 \bar{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 !).

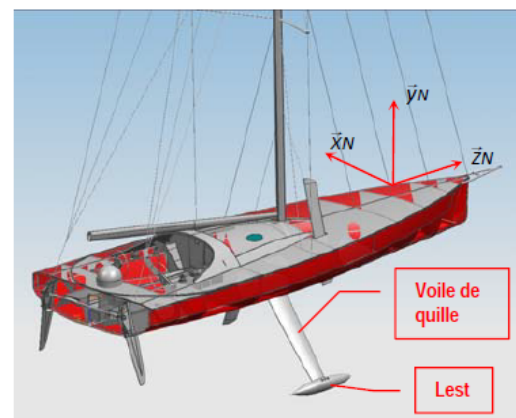
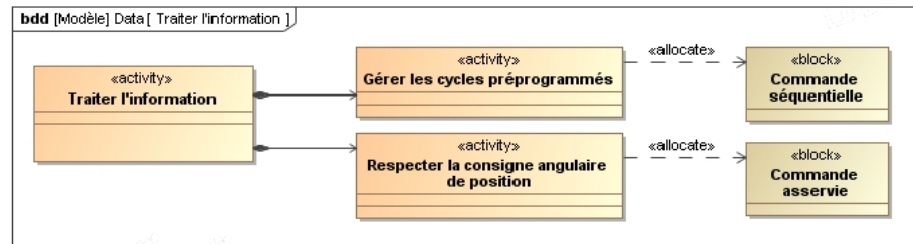


Figure 1 : Voilier 60' IMOCA - Image Cabinet Finot-Conq

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

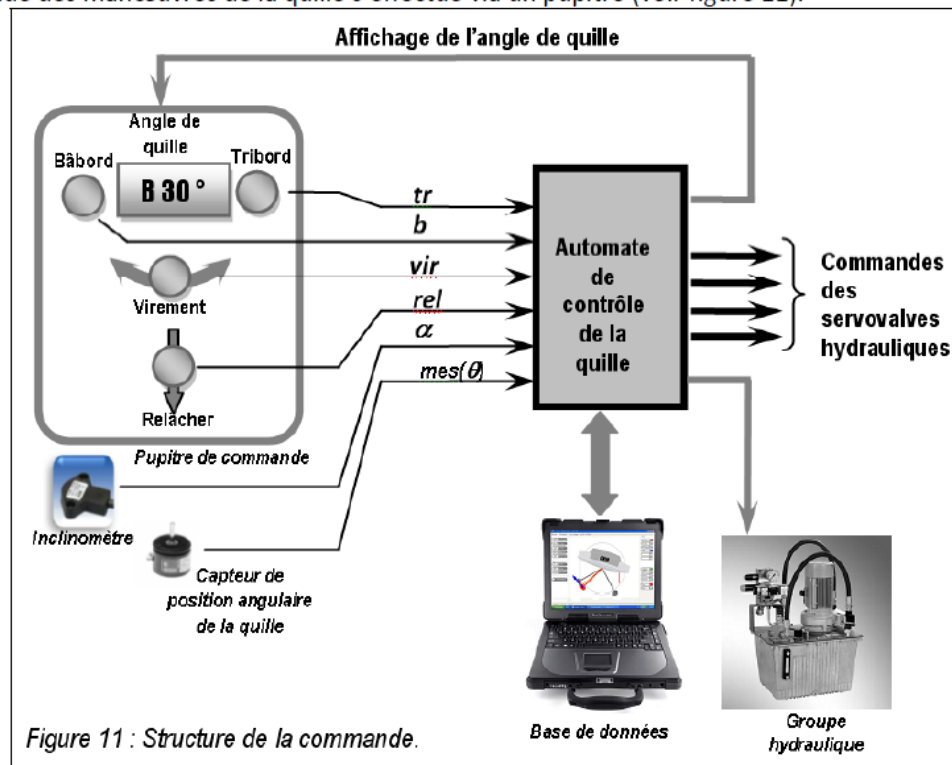
2- Etude de la fonction « TRAITER L'INFORMATION » et de la sous-fonction « GERER LES CYCLES PREPROGRAMMES »

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).



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 α .
- 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 :

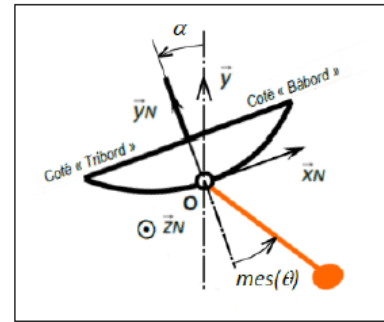
- tr : Demande d'inclinaison sur tribord.
- b : Demande d'inclinaison sur bâbord.

Un appui « bref » (< 1s) sur l'un ou l'autre de ces boutons provoque une évolution de l'angle de consigne de 1° , un appui « long » une évolution de 10° 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 .

- Donner la liste des états successivement actifs dans le modèle de commande jusqu'au retour à l'état « Attente consigne » actif.
- 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 θ_c donnée sur ce chronogramme jusqu'à l'instant t_3 et donner la valeur obtenue pour θ_c , et ce, sans se préoccuper de la façon dont la partie opérative réagit à cette consigne.

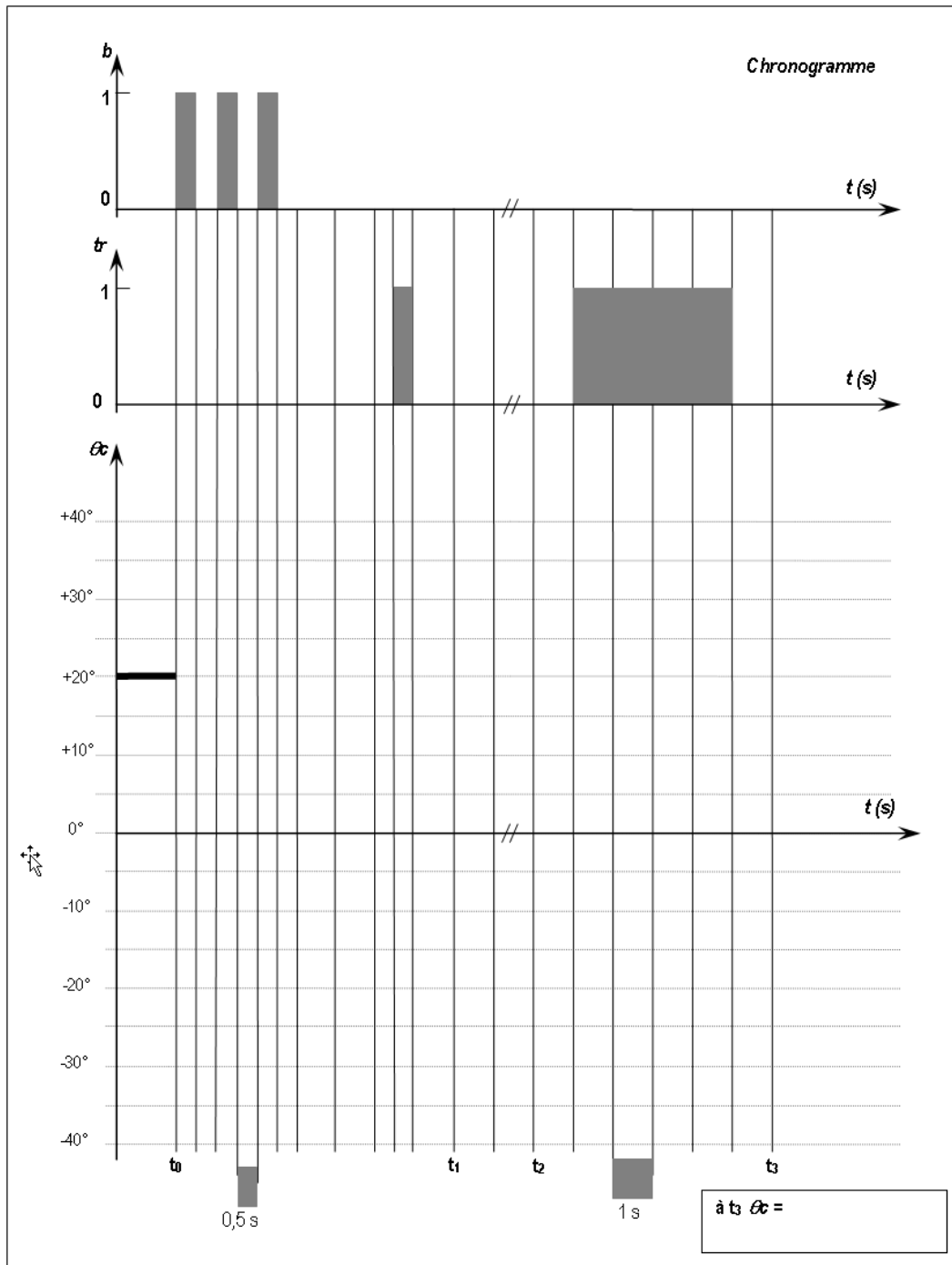
Question 3

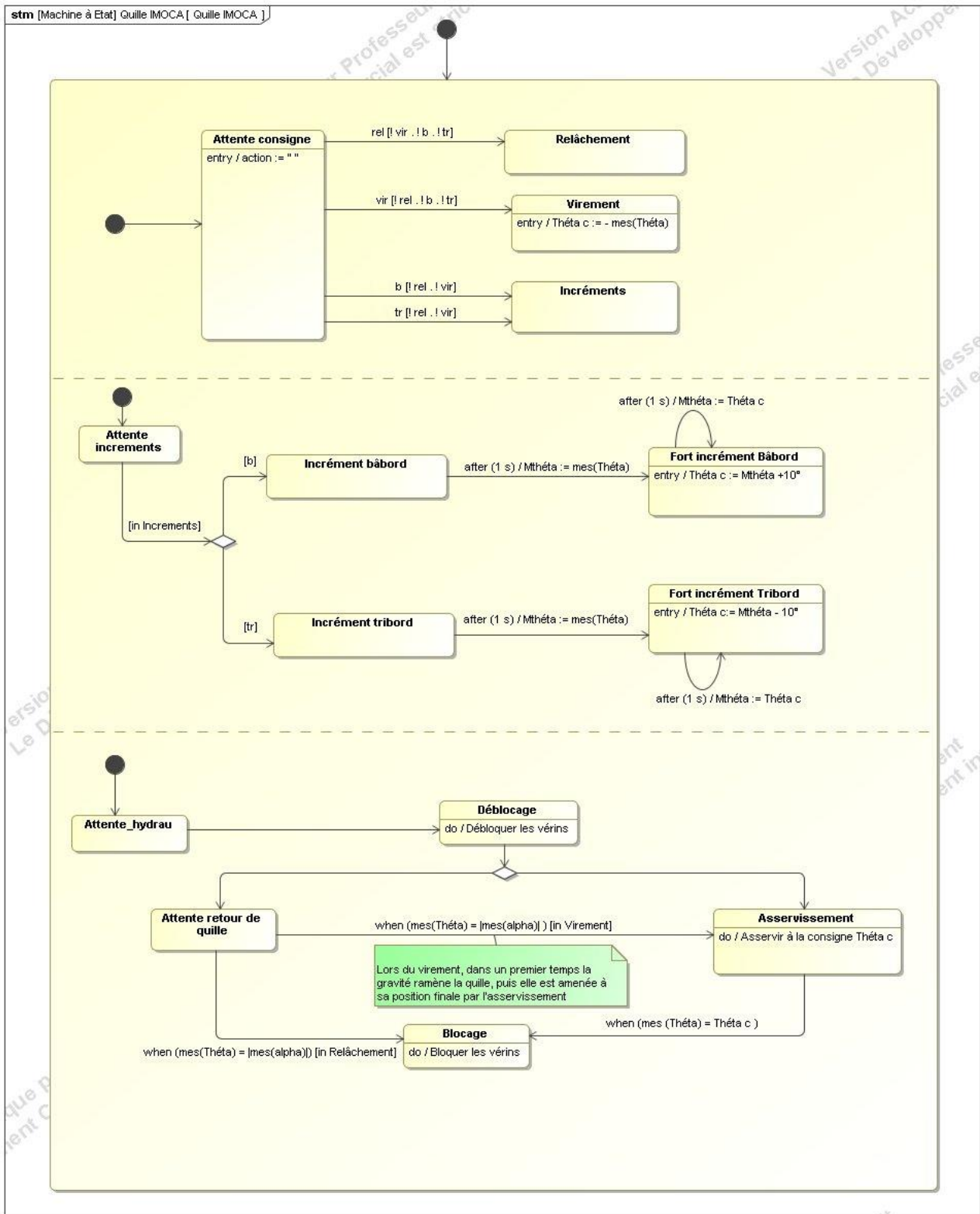
Avec le graphe de l'annexe 1, on peut constater lors des demandes de « fort incrément bâbord » ou de « fort incrément tribord », que le mouvement de la quille n'est déclenché qu'après le relâchement du bouton « Bâbord » ou « Tribord », ce qui peut retarder la manoeuvre.

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).

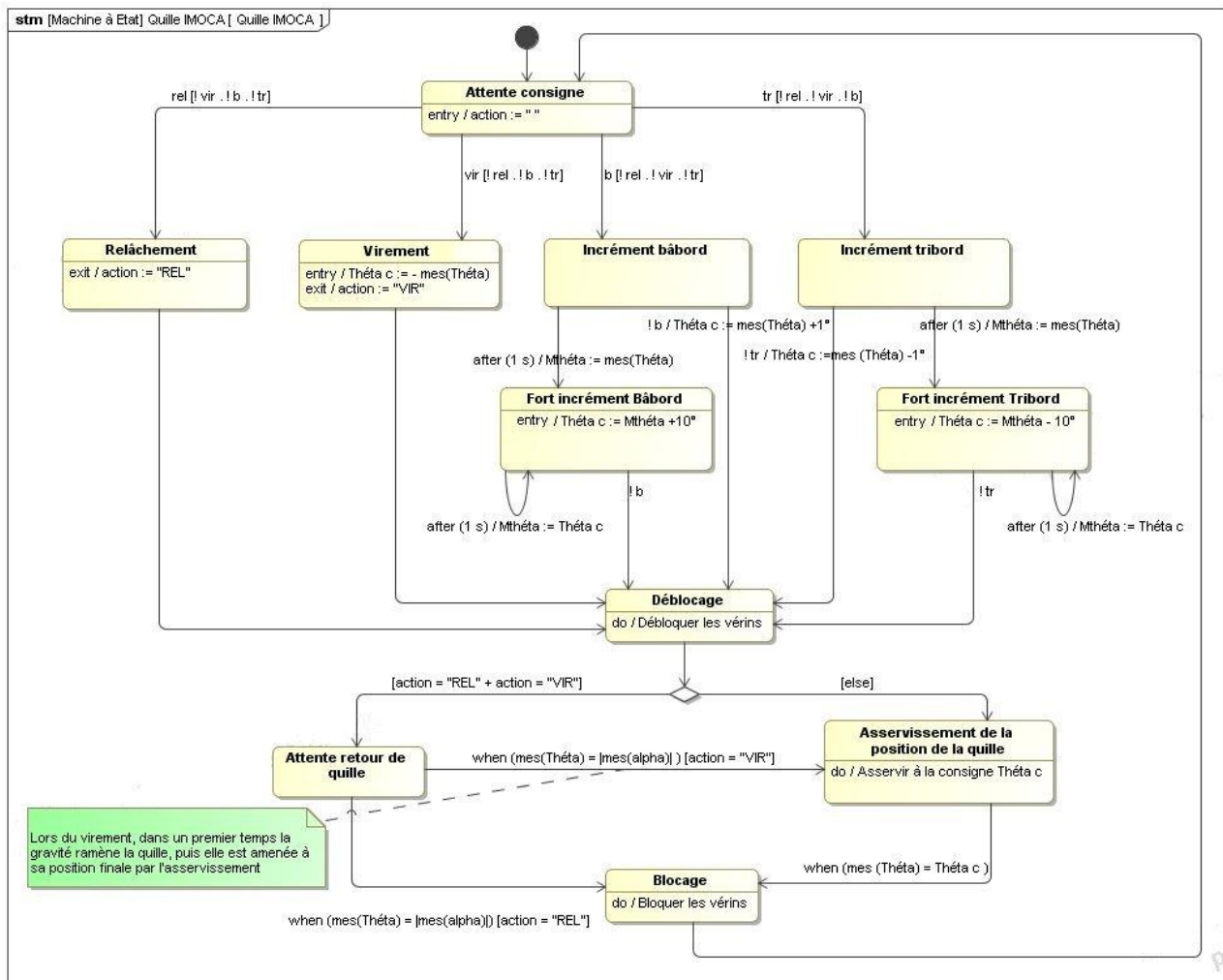
Compléter le graphe ci-dessous de façon à ce que le mouvement de la quille soit déclenché dès la première seconde d'appui sur le bouton « Bâbord » ou « Tribord ».

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.



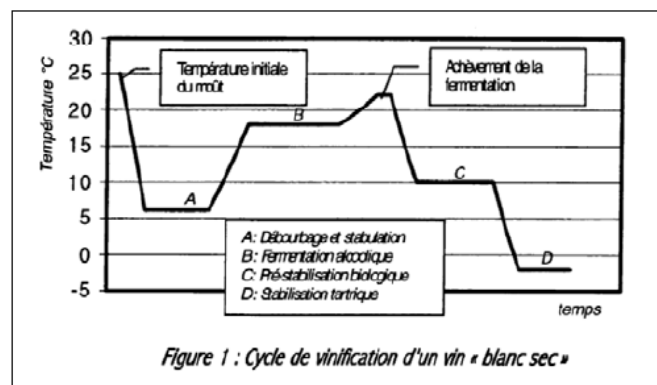


Annexe 1



2 EXERCICE 2 : TRAITEMENT THERMIQUE VINICOLE

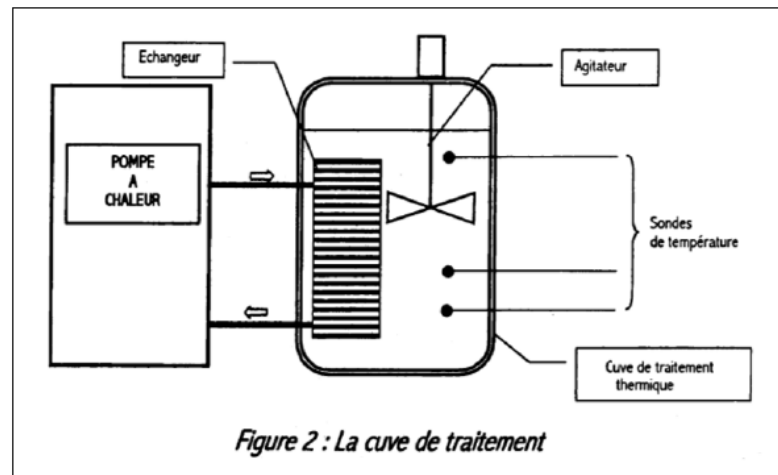
L'élaboration des vins fait appel à des opérations œnologiques où la température du moût ou du vin doit respecter un cycle thermique précis. La courbe présentée figure 1 donne l'exemple d'un tel cycle où l'amplitude thermique totale varie de quelques dizaines de degrés seulement à un moment donné, pour une durée s'étalant sur plusieurs semaines.



Pour obtenir à chaque instant cette température idéale, il faut pouvoir chauffer ou refroidir le produit (moût ou vin) sachant que :

- ces cycles sont conduits dans des situations climatiques variables ;
- ces cycles peuvent largement varier dans la même exploitation, d'une cuve à l'autre, d'une année à l'autre en fonction des choix œnologiques ;
- la fermentation alcoolique s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

Le produit est immergé dans une cuve métallique (figure 2) où est immergé un échangeur constitué d'un réseau de tubes parcouru par un fluide caloporteur (eau) chargé d'évacuer ou d'amener les calories par échange thermique. Un agitateur à grandes pales tournant à vitesse lente, situé dans la cuve permet d'homogénéiser la température du produit. Celle-ci est évaluée à l'aide de dix sondes de température placées dans la cuve.



Une pompe à chaleur dont le fonctionnement suit deux cycles différents, un cycle de « production de froid » et un de « production de chaud » permet de refroidir ou réchauffer le fluide caloporteur.

Le document « annexe 1 » donne le schéma simplifié de l'installation où ne figurent que les composants nécessaires à la compréhension du fonctionnement.

Un automate programmable pilote l'ensemble de l'installation en gérant les cycles de traitement à partir des lois de conduite (analogues à celles de la figure 1) fournies par le vinificateur grâce à un micro-ordinateur.

Cet automate intègre les fonctions de régulation nécessaires à la commande des cycles de production de chaud et de froid. Il recueille les informations issues des différents capteurs (température, pression et débit) placés dans le processus.

L'annexe 2 présente le graphe d'états d'une partie du modèle de commande de l'installation, qui est programmé dans cet automate.

1 – Pilotage des vannes du « bloc de distribution »

L'étude porte principalement sur la commande des électrovannes du bloc de distribution dont le schéma est détaillé en haut à droite de l'annexe 1.

L'analyse s'effectue à partir du graphe d'états partiel de l'annexe 2.

On y trouve la désignation des sorties du type « EVxx + » ou bien « EVxx - » qui signifient :

« EVxx + » : ouvrir l'électrovanne EVxx ;

« EVxx - » : fermer l'électrovanne EVxx.

Le système est analysé en mode de marche automatique ; à l'instant $t=0$ choisi pour le début de l'analyse, la « Préparation_machine » est terminée, et l'état « Marche_normale » vient de s'activer.

La consigne de température est donnée par la valeur de « ConsigneTCuve » et la température de cuve par la mesure « TMesurée ».

Question 1 : La figure R1 du document réponses montre l'évolution des températures « TMesurée » et « ConsigneTCuve » au cours des 25 premières minutes. Compléter sur la figure R2, le tracé de l'évolution temporelle de la variable « deltaTeta ».

Question 2 : La figure R3 du document réponses présente, autour du temps $t = 15$ min, les chronogrammes vierges des variables qui représentent l'état (inactif = 0 ; actif = 1) des états : 00, 11, 12, 13, 14, 15 et 21, 22, 23, 24, 25. Compléter cette figure R3 par le tracé du chronogramme de chacune de ces variables au cours de l'évolution de deltaTeta. En déduire le temps nécessaire pour passer d'une production de chaud à une production de froid, dans le cas étudié.

2- Gestion de la température de la cuve

Dix sondes de température sont placées dans la cuve communiquent leur mesures à un module de calcul de l'automate, qui grâce à un algorithme de traitement, élabore par moyennage, une mesure « TétaMoy » de la température interne. Il génère aussi une variable binaire « diff_temp » (voir figure 3). Celle-ci est à l'état logique 1 si l'écart entre la mesure la plus élevée et la plus faible délivrées par la sonde dépasse de 10% la valeur moyenne de ces dix mesures.

La commande de l'agitateur de cuve réagit à la valeur de la variable « V_agit » de la façon suivante :

- V_agit = 0 → agitateur stoppé ;
- V_agit = 1 → agitateur à vitesse normale ;
- V_agit = 2 → agitateur à vitesse double.

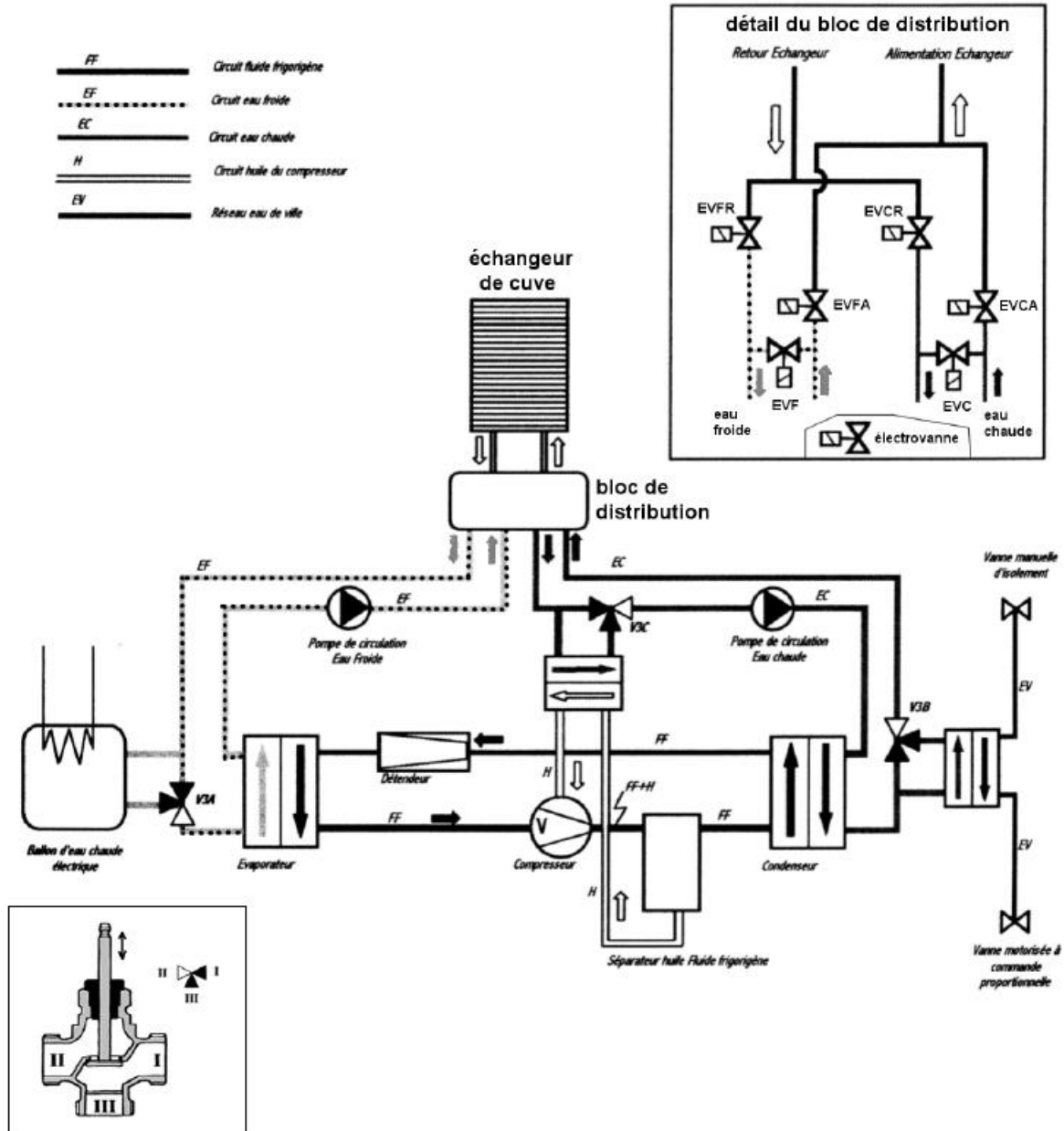
Question 3 : Proposer le tracé d'un complément au modèle de commande par graphe d'états proposé, qui permet de respecter le cahier des charges ci-dessous :

- en mode de fonctionnement normal, l'agitateur est à vitesse normale ;
- lorsque la différence de température dans la cuve est supérieure à 10% de TétaMoy, l'agitateur doit fonctionner à vitesse double.
- le retour à une faible différence de température dans la cuve doit conduire l'agitateur à fonctionner à vitesse normale.

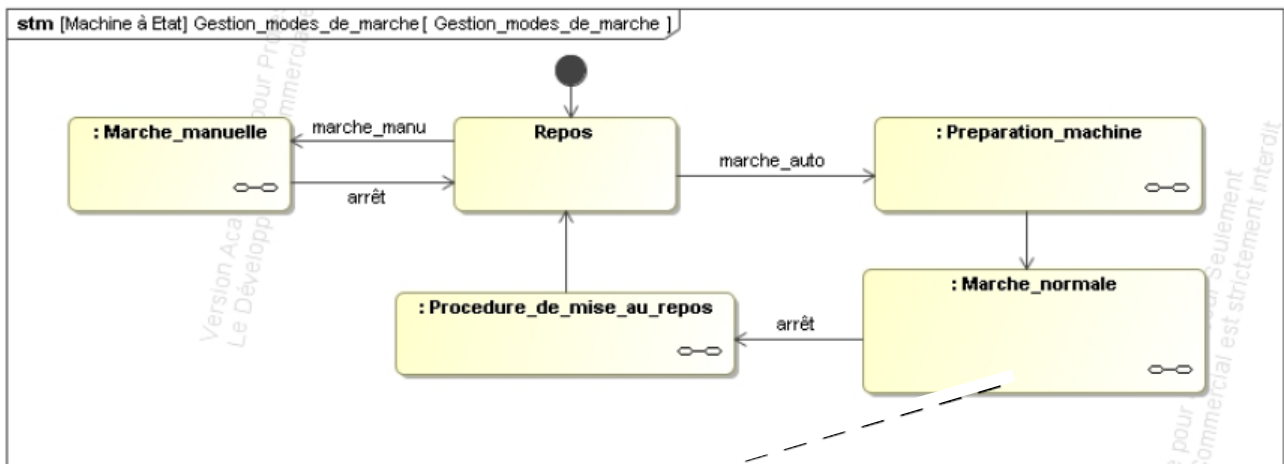
Question 4 : Proposer un complément au tracé de la question 3 qui respecte le cahier des charges ci-dessous :

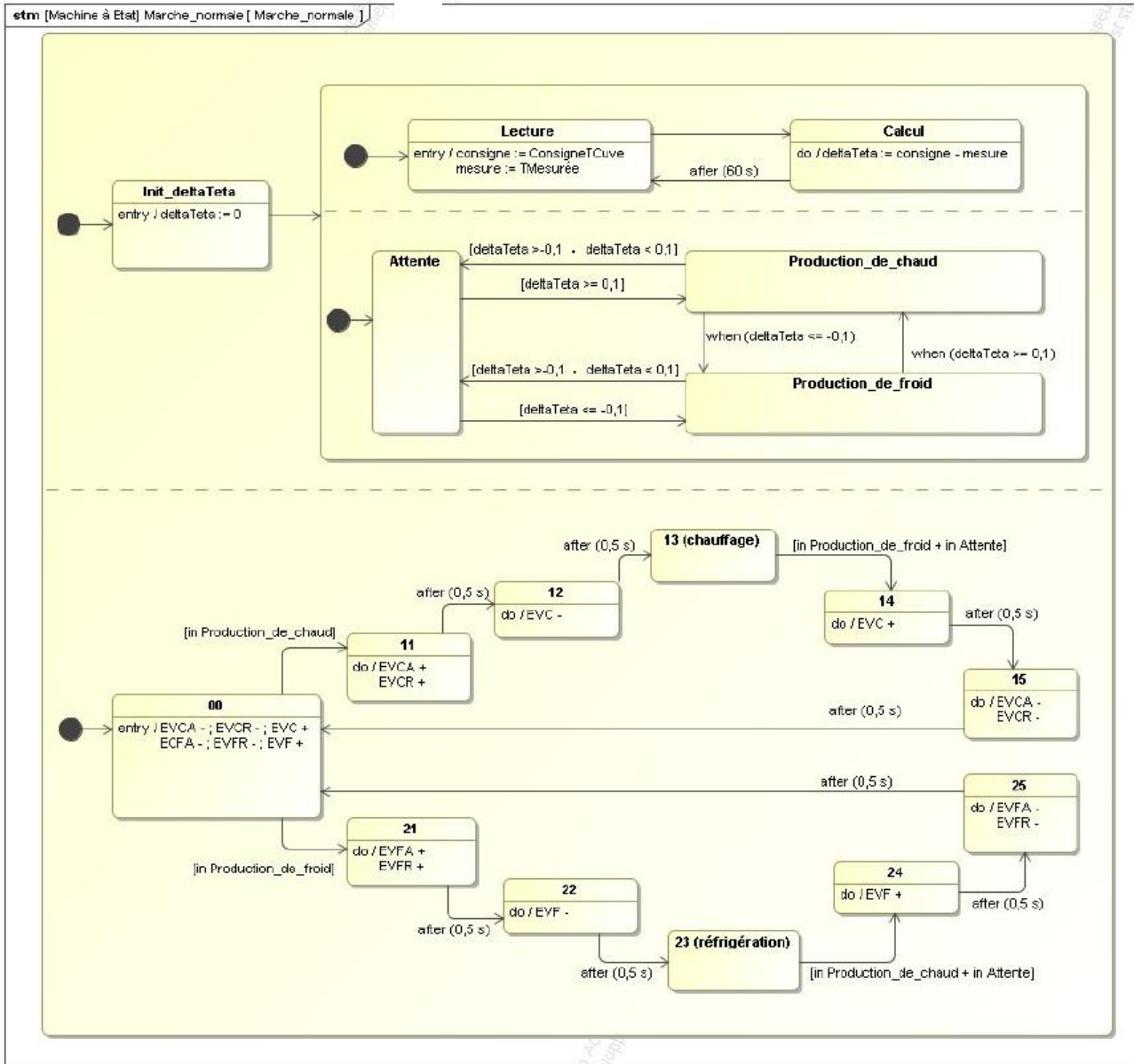
- un compteur est mis en place pour compter le nombre de dépassements de la différence de température dans la cuve par rapport aux 10% de la valeur moyenne ;
- lorsque 5 dépassements sont survenus, ou lorsque la durée d'un dépassement est supérieure à 24 heures, il faut stopper l'agitateur et activer une commande notée « alarme » qui demande l'intervention d'un opérateur pour fluidifier le mélange dans la cuve.
- le retour à un fonctionnement normal de l'agitateur ne pourra être obtenu que si l'opérateur active un bouton-poussoir de « fin_d'alarme ».

Annexe 1



Annexe 2





Documents réponses

Figure R1 :

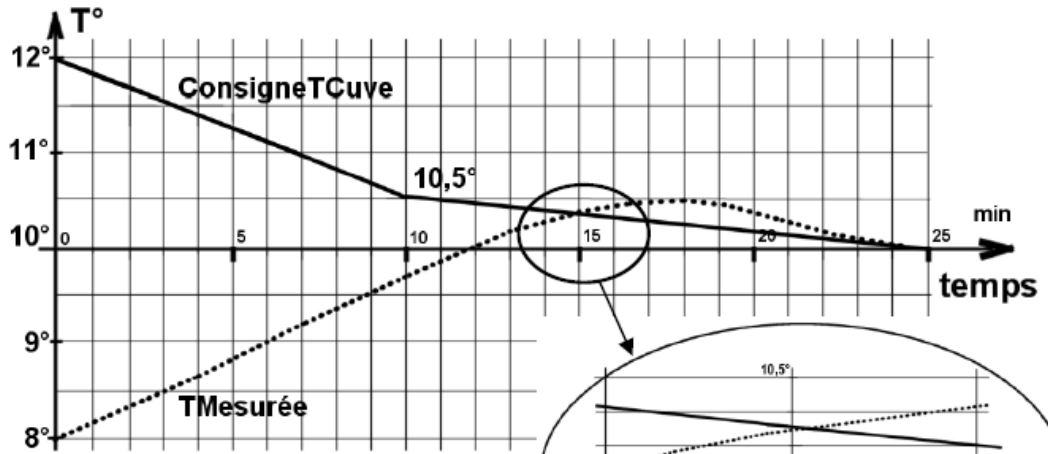


Figure R2 :

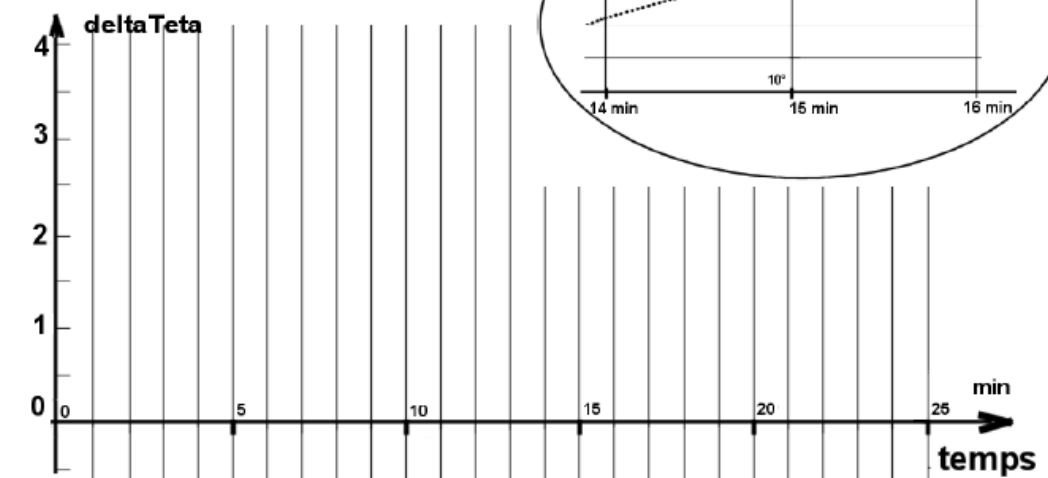
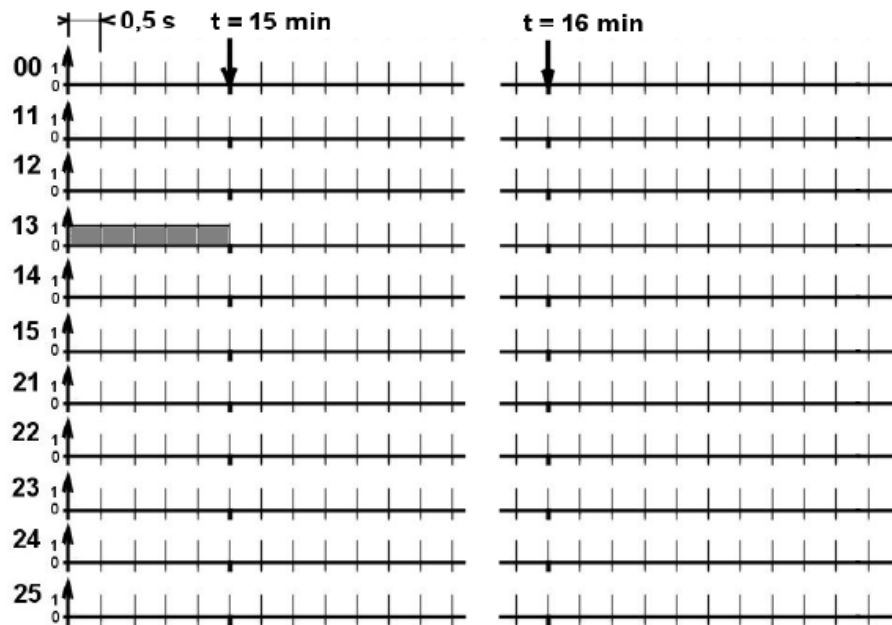


Figure R3 :



Temps de passage
chaud → froid
= :

Réponse aux
questions 3 et 4 :

3 EXERCICE 3 : AUTOMATE D'EXPLORATION DE L'HEMOSTASE

Présentation : La société Stago est un laboratoire pharmaceutique de l'industrie du Diagnostic In Vitro (DIV) entièrement dédiée à l'exploration de l'hémostase et de la thrombose. L'hémostase est le processus physiologique qui permet d'interrompre le saignement pour éviter l'hémorragie. L'objet de cette étude, le STA Compact (figure 1), est un automate de laboratoire destiné à l'analyse de l'hémostase. La figure 2 précise les fonctions du STA Compact.



Figure 1 : STA compact

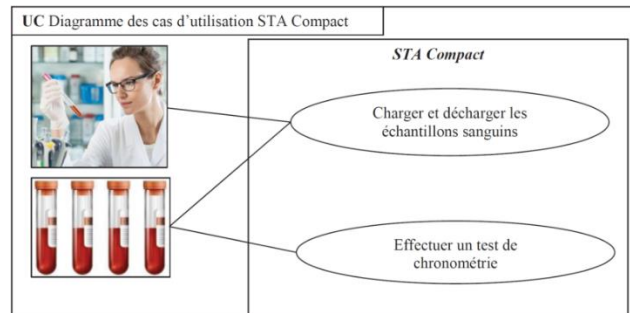


Figure 2 : Cas d'utilisation du STA Compact

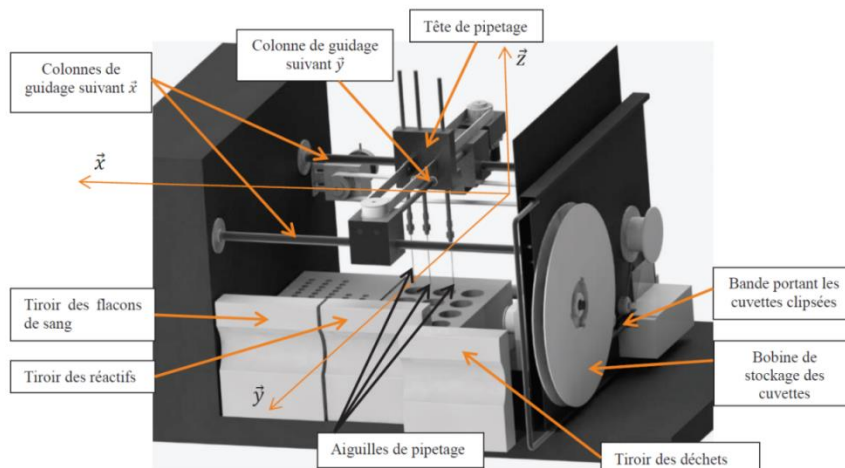


Figure 3 : Structure interne du STA Compact

Le STA Compact permet de réaliser, entre autre, des tests de chronométrie afin de mesurer un temps de coagulation. Le principe du test de chronométrie est le suivant :

- une dose de réactif est mélangée à une dose de plasma sanguin précédemment étuvée dans une cuvette contenant une bille ;
- l'ensemble est chauffé alors qu'une bille est mise en oscillation dans le mélange par un champ magnétique ;
- on mesure l'amplitude de l'oscillation qui diminue sensiblement lors d'une variation de viscosité du mélange sang-réactif ;
- le temps écoulé jusqu'à la diminution des oscillations donne le temps de coagulation.

L'objectif est de valider la précision de positionnement des seringues suivant l'axe \vec{z}_0 , qui doit être inférieure à 1 mm.

3.1 Précision du volume prélevé

Lorsque la tête de pipetage a atteint la position souhaitée, définie par les coordonnées X_M et Y_M , l'aiguille de la seringue est plongée dans le liquide à prélever. La hauteur immergée de l'aiguille, Z_v , définit la quantité de produit qui sera aspirée (figure 4).

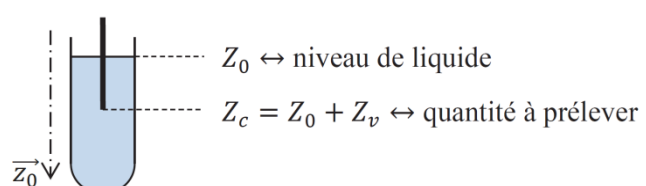


Figure 4 : Flacon et seringue

Chaque flacon n'étant pas rempli de la même façon, le niveau n'est donc pas connu précisément.

Un capteur capacitif détecte au fur et à mesure de la descente de l'aiguille la présence de liquide. Il délivre une information binaire (notée Niv). Lorsque l'aiguille est en contact avec le liquide, $Niv = 1$ et lorsque l'aiguille est en contact avec l'air $Niv = 0$. Le niveau est donc détecté lors des changements d'état de la variable Niv .

Un codeur incrémental, donnant 2 000 impulsions par tour de l'axe moteur, indique la position de l'aiguille par la variable Z_{cap} (position mesurée en mm).

La période d'échantillonnage de cette information est $Te = 10 \text{ ms}$.

Le moteur est mis en marche avec l'ordre de mise en marche noté V_d . La variable Z_c représente la consigne de position de la seringue ;

En début de descente, le niveau est inconnu, la consigne de position initiale Z_m est imposée : $Z_c = Z_m$ (Z_m correspond au fond du flacon). La seringue descend (V_d est assigné à 1).

La suite du cycle de cette opération est décrit par le diagramme d'états figure 5 du document réponse.

Le mouvement vertical de la seringue est obtenu par :

- Un moteur de vitesse maximale de rotation supposée égale à la vitesse nominale : $N_{maxi} = 3670 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$;
- Un réducteur de rapport de réduction $k_r = \frac{\omega_r}{\omega_m} = \frac{1}{19,2}$ où ω_m et ω_r sont les vitesses de rotation en sortie moteur et réducteur ;
- Un système pignon-crémaillère, dont le rayon du pignon est $R_p = 10 \text{ mm}$.

Question 1 : Déterminer la vitesse de déplacement de la seringue lorsque le moteur est à vitesse nominale.

Pour la suite, les phases d'accélération et de décélération du moteur sont négligées. Le temps d'aspiration du fluide est supposé égal à 80 millisecondes. On suppose que le flacon contient du liquide.

Question 2 : Compléter le chronogramme présent sur le document réponse, en prenant comme valeurs numériques : $Z_v = 10 \text{ mm}$

Question 3 : Calculer les erreurs de mesure de Z_0 dues à l'échantillonnage d'une part et à la conversion analogique numérique du codeur incrémental d'autre part. En déduire l'erreur maximale de position notée ΔZ_{mes} . Cette erreur est-elle compatible avec le cahier des charges ?

Pour pallier ce défaut de mesure, le constructeur met en place une nouvelle procédure en utilisant deux vitesses de rotation pour le moteur. Elles correspondent à une vitesse lente de la tête de pipetage ($-V_l$ en montée, $+V_l$ en descente) et une vitesse rapide ($-V_r$ en montée, $+V_r$ en descente), ces valeurs seront affectées à la variable V :

- La descente hors liquide est réalisée à vitesse rapide, la consigne initiale de position $Z_c = Z_m$ reste inchangée ;
- lors de la détection de niveau, la position correspondante Z_0 est détectée et mémorisée (valeur en réalité peu précise et dans le fluide à cause de l'erreur liée à l'échantillonnage du codeur incrémental), puis la tête remonte d'une valeur ΔZ_{mes} à vitesse lente.
- au cours de cette montée à vitesse lente, lorsque le niveau est de nouveau détecté, le système mémorise la nouvelle position Z_0 (plus précise) donnée par le codeur, la consigne de position est alors modifiée à la valeur $Z_c = Z_0 + Z_v$ où Z_v est la hauteur définie précédemment correspondant au volume à prélever et l'aiguille descend à vitesse lente.
- l'aiguille s'arrête lorsqu'elle atteint la hauteur souhaitée, l'aspiration du sang peut ensuite commencer jusqu'à détection du niveau.

Question 4 : Sur le diagramme d'états « nouvelle procédure », compléter les états « Descente lente » et « Remontée lente » ainsi que les transitions permettant d'arriver dans ces états, afin de tenir compte de la nouvelle procédure.

À vitesse lente, la vitesse de rotation du moteur est $N_{lent} = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$. Le diamètre du flacon est $D_f = 15 \text{ mm}$.

Question 5 : Calculer la nouvelle erreur maximale de position $\Delta Z'_{mes}$ avec l'application de cette nouvelle procédure. Donner l'erreur de volume correspondante.

3.2 Document réponse

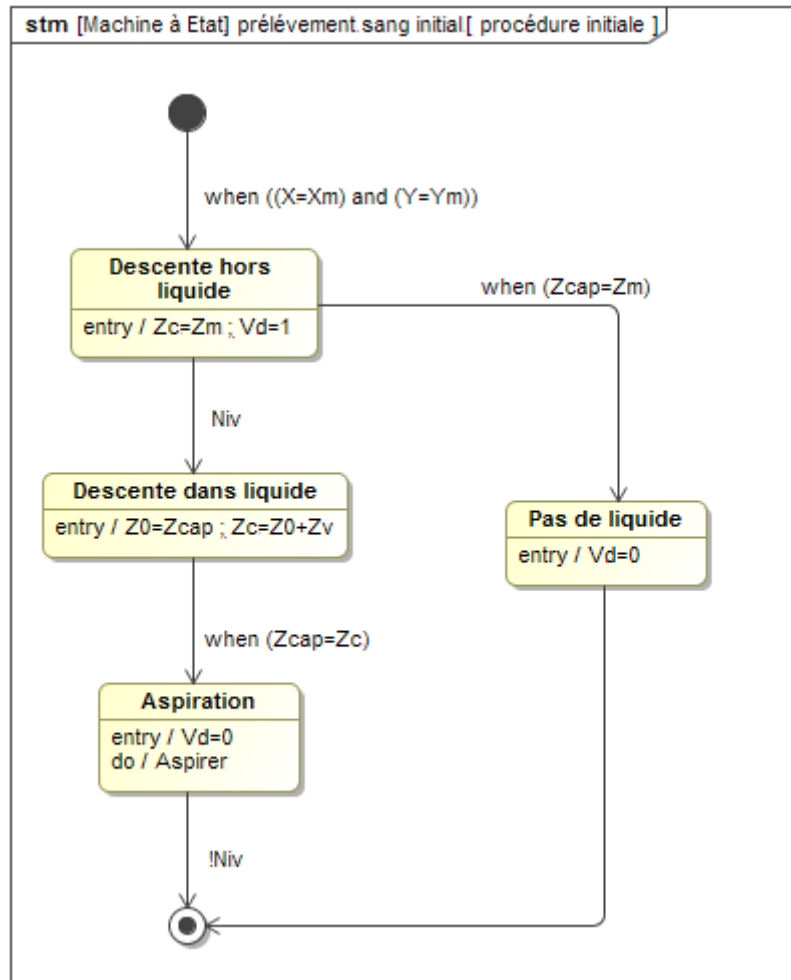
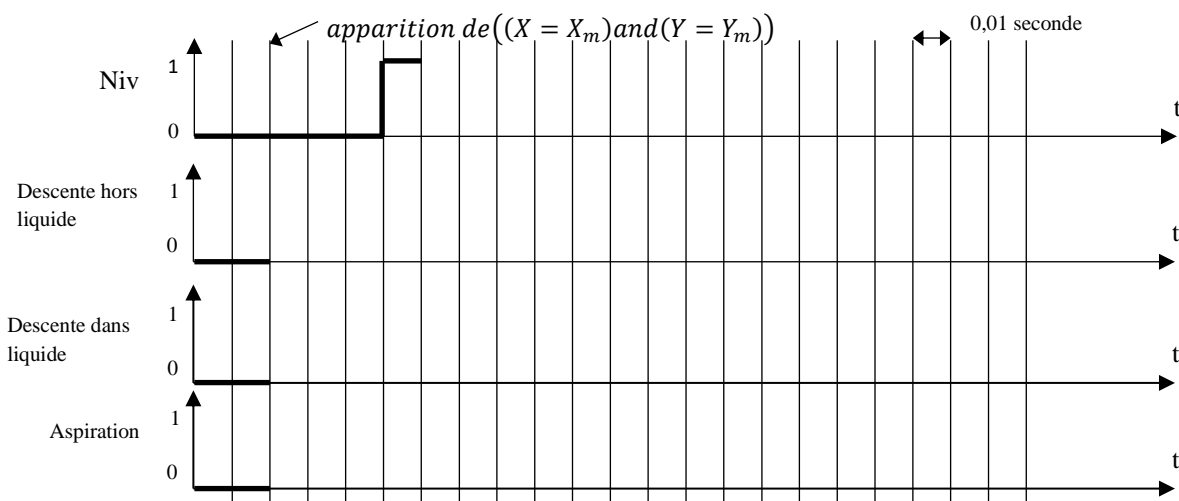


Figure 1 : Diagramme d'états (procédure initiale)

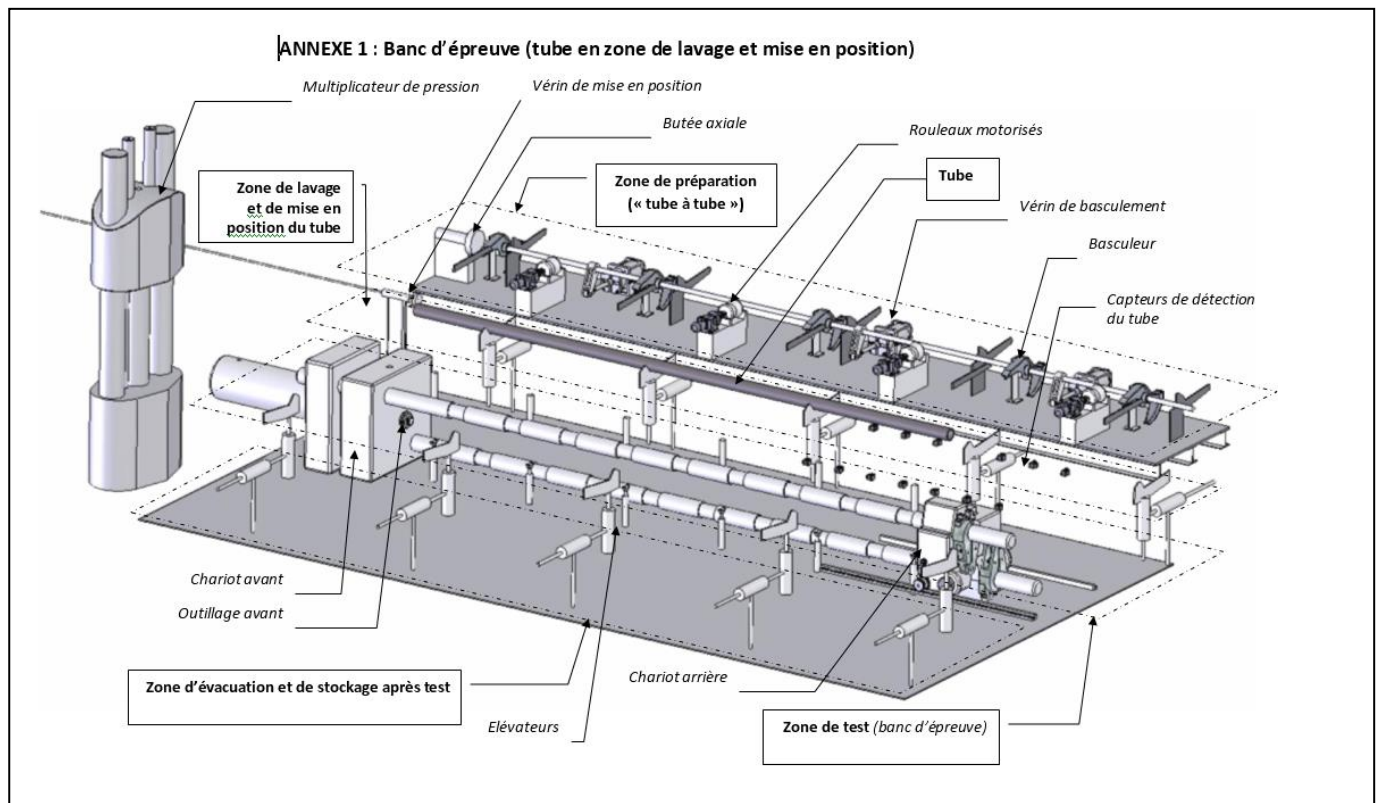
Question 2 :



4 EXERCICE 4 : BANC D'ÉPREUVE HYDRAULIQUE

Le site de V&M Tubes situé à Aulnoye-Aymeries, qui produit des tubes de 114 mm à 508 mm de diamètre pour des longueurs variant de 4,40 à 14,20 m possède un banc spécifique de test de pression hydraulique pour valider la qualité des produits finis exigée par certains clients. C'est le fonctionnement de ce banc conçu par M&T Tubes qui fait l'objet de cette étude.

Afin de valider la caractéristique de tenue en pression des tubes, ceux-ci sont soumis à une pression hydraulique donnée durant un temps spécifié. Ces paramètres dépendent de la taille des tubes et de leur future utilisation. La figure annexe 1 présente la structure du banc de mise en pression.



Le tube est placé dans l'axe du banc d'épreuve grâce aux **élévateurs**. Le banc d'épreuve est essentiellement constitué d'un **chariot avant** et d'un **chariot arrière**, chacun est muni de l'**outillage** adapté au diamètre des tubes. Avant la mise en place du tube sur le banc, le chariot arrière est mis en position à partir de l'information « position du tube » obtenue lors de la mise en position. Le déplacement du chariot arrière est généré à partir d'un moteur hydraulique, d'un réducteur de vitesse à engrenages et roue et vis sans fin et d'une crémaillère. Le chariot est verrouillé dans cette position par des pinces. Le tube est alors placé sur le banc. Le chariot avant se déplace ensuite en plaquant le tube sur le chariot arrière, les outillages s'adaptent aux extrémités du tube pour le fermer. Le déplacement du chariot avant est obtenu par vérins hydrauliques. Le tube est alors rempli d'eau et mis sous pression.

4.1 Analyse de la commande de déplacement du chariot arrière :

Le schéma hydraulique de la motorisation du chariot arrière est fourni figure 2 :

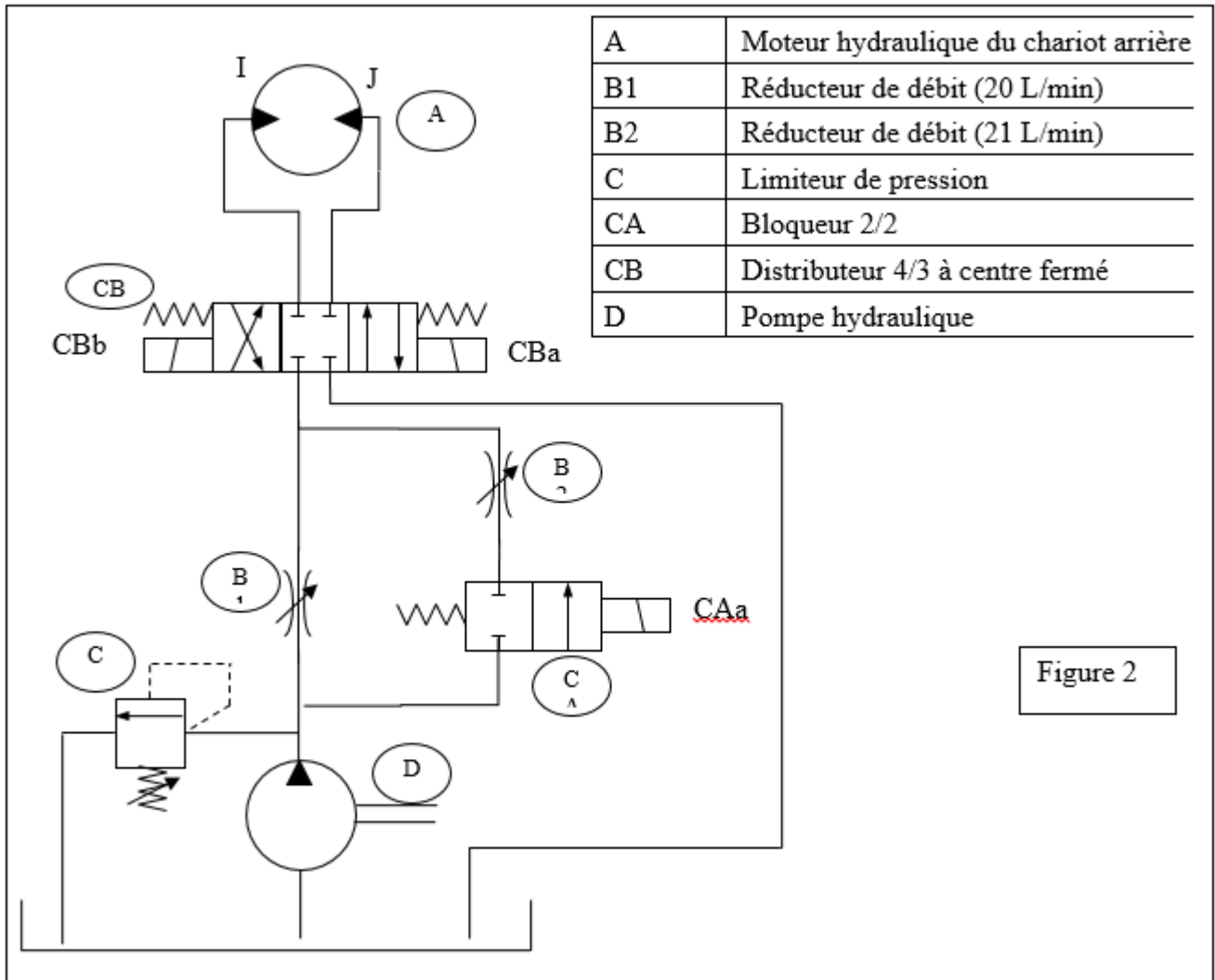
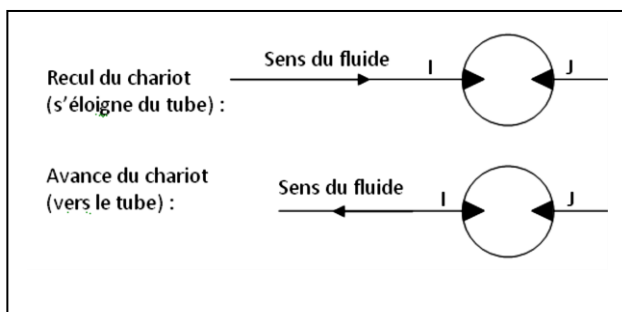


Figure 2

La pompe est capable de fournir un débit de 60 L/min. Selon le sens de rotation du moteur hydraulique, le sens de déplacement du chariot est défini ci-dessous :



Déplacement du chariot	Commande			Débit (L/min)
	1 : pilotée 0 : non pilotée			
	CAa	CBa	CBb	
Vers l'avant, vitesse lente				
Vers l'avant, vitesse rapide				
Vers l'arrière, vitesse lente				
Vers l'arrière, vitesse rapide				

Question 1 : Reproduire le tableau ci-dessus et indiquer la(les) commande(s) à piloter (1 si commande pilotée, 0 sinon) pour déplacer le chariot selon les 4 types de déplacements : avant/arrière, vitesse lente/rapide. Donner pour chaque cas le débit correspondant.

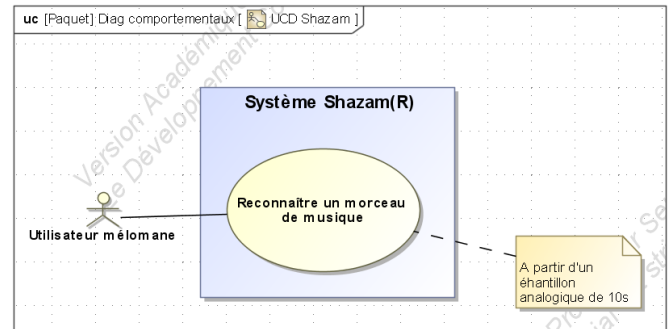
5 EXERCICE 5 : APPLICATION SHAZAM



Shazam est le meilleur moyen d'identifier la musique et les émissions de télévision. En quelques secondes seulement, Shazam reconnaît le titre d'une chanson et vous en apprend plus sur ce que vous êtes en train d'écouter ou de regarder.

Vous lancez l'application Shazam à partir de votre téléphone. Quand l'application est ouverte, vous lancez l'enregistrement du morceau en pointant votre téléphone vers la source sonore.

Une dizaine de seconde plus tard, un affichage vous annonce que l'échantillon est enregistré. Si vous êtes connecté à l'internet, Shazam recherche alors le morceau dans sa base de données à partir de l'échantillon enregistré. Si vous n'êtes pas connecté, le morceau est gardé en mémoire dans votre téléphone et la recherche pourra alors être lancée lors de la prochaine connexion.

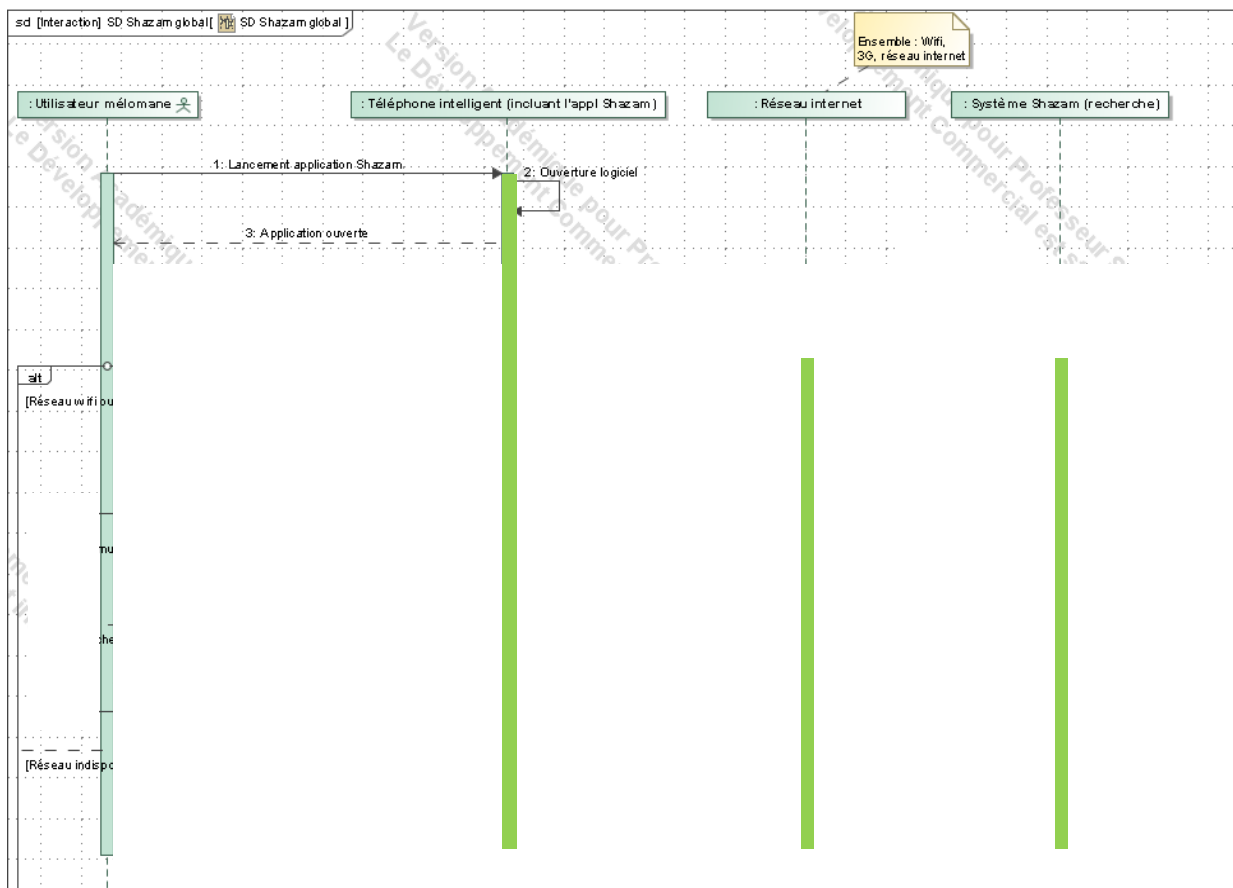


Si le morceau est trop bruité ou indisponible dans la base de données Shazam, vous recevez un message vous signalant : morceau non trouvé

Sinon vous voyez s'afficher la photo de l'album dont est issu le morceau, le nom des interprètes, le nom du compositeur, l'année de sortie, la maison de disque ...

Shazam possède une banque de données regroupant 11 millions de morceaux de musique.

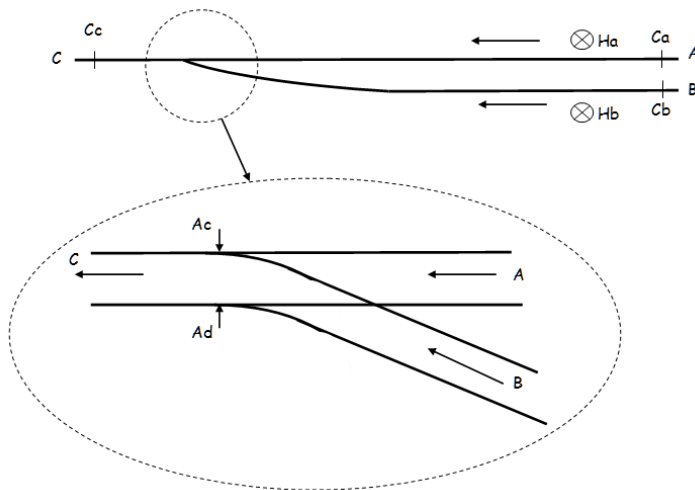
Compléter le diagramme de séquence SysML du système Shazam :



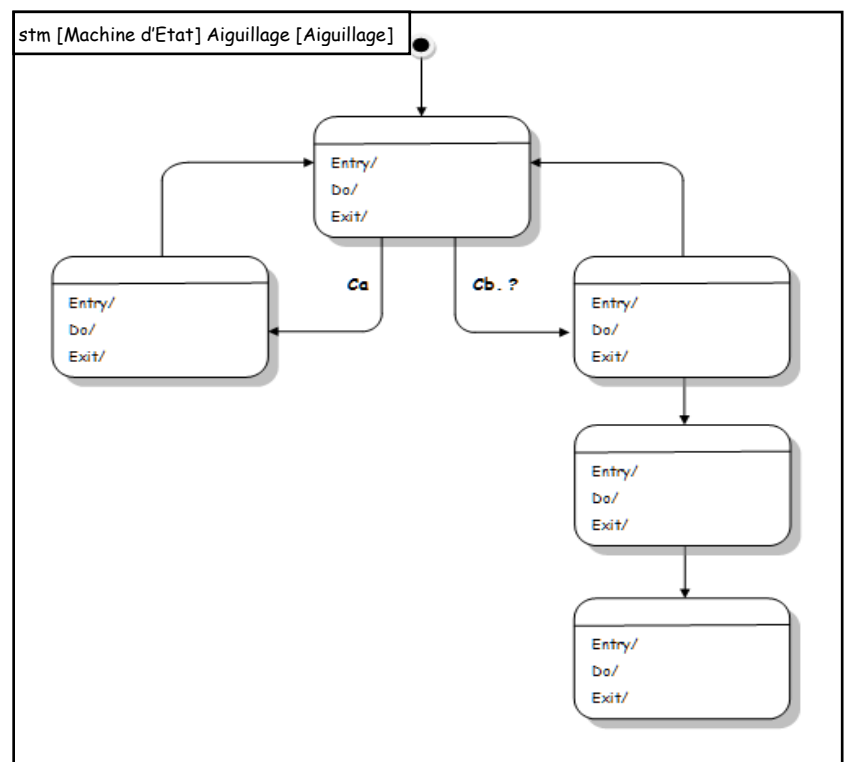
6 EXERCICE 6 : AIGUILLAGE DE CHEMIN DE FER

Pour l'aiguillage de chemin de fer présenté ci contre à les exigences de fonctionnement sont les suivantes :

- Lorsqu'un train est détecté sur la voie A par un capteur Ca, un feu rouge Hb s'allume (action mémorisée) sur la voie B, pour interdire l'arrivée d'un train venant de la voie B.
- Lorsqu'un train est détecté sur la voie B par un capteur Cb, un feu rouge Ha s'allume (action mémorisée) sur la voie A, pour interdire l'arrivée d'un train venant de la voie A.
- En cas d'arrivée simultanée sur les deux voies, les trains de la voie A sont prioritaire.
- Les trains circulent de B vers C, l'aiguillage est mis en position courbe (capteur Ac) par l'action Mac.
- Les trains circulent de A vers C, l'aiguillage est mis en position droite (capteur Ad) par l'action Mad.
- Lorsque le dernier wagon du train franchi l'aiguillage, il est détecté par le capteur Cc. Le feu rouge allumé est alors éteint (action mise hors mémoire)
- La position initiale de l'aiguillage est Ad.



1. Faire l'inventaire des entrées et sorties du système
2. Compléter le graphe d'état de l'aiguillage en vu de répondre aux exigences du cahier des charges. Vous traiterez pour commencer la priorité entre la voie A et la voie B dans la transition ?.

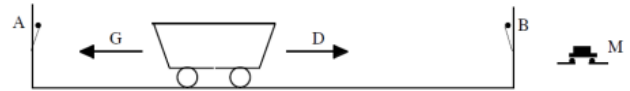


7 EXERCICE 7 : COMMANDE DE CHARIOT PAR GRAPHE D'ETATS

On souhaite piloter un ou deux chariots en respectant les exigences du cahier des charges suivant :

Exigence 1 : Si l'on appui sur le bouton poussoir M, lorsque le chariot est au repos en A, il quitte A (ordre D), arrive en B et revient en A (ordre G) où il s'arrête.

Question 1 : Après avoir listé les entrées et sorties de cette commande traduire le comportement par un graphe d'état.

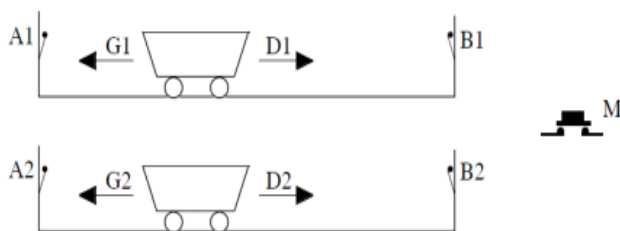


Exigence 2 : Par appui sur M, si le chariot 1 est en A1 et le chariot 2 est en A2, déplacer le chariot 1 vers B1 et le chariot 2 vers B2.

Lorsque le chariot 1 arrive en B1, il retourne vers A1 si le chariot 2 est déjà passé en B2.

Lorsque le chariot 2 arrive en B2, il retourne vers A2 si le chariot 1 est déjà passé en B1.

Question 2 : Après avoir listé les entrées et sorties de cette commande traduire le comportement par un graphe d'état (on se servira de régions concurrentes ou de barres fork et join..

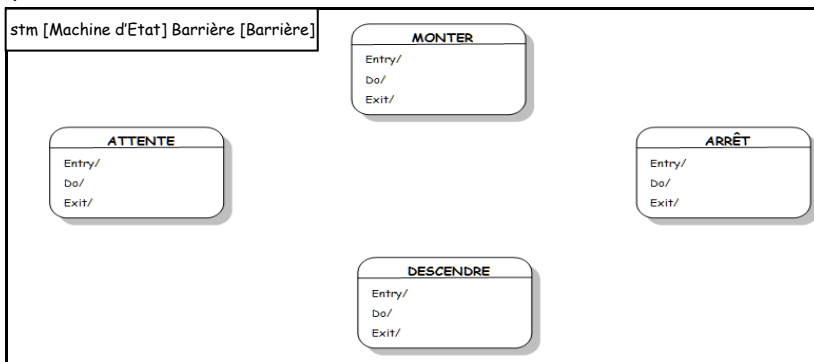


8 EXERCICE 9 : BARRIERE AUTOMATIQUE

A l'entrée des entreprises, des parkings, on utilise de plus en plus fréquemment des barrières automatiques. Sa fonction est de restreindre l'accès aux seuls véhicules autorisés.

Le système étudié comporte la barrière mobile, un capteur magnétique noyé dans le sol en amont de la barrière, permettant de détecter la présence d'un véhicule, un capteur optique permettant de vérifier qu'aucun obstacle n'est situé sous la barrière ainsi qu'une borne d'accès, où le conducteur glisse son badge : si le badge est valide, la barrière doit s'ouvrir. Deux capteurs détectent également la position haute et la position basse de la barrière.

En fonctionnement normal, il faut environ 3s à la barrière pour passer de la position haute à la position basse et inversement. Lorsqu'un conducteur ne dispose pas de badge d'accès, il doit se présenter au vigile qui ouvre la barrière à distance.



Lorsque la barrière s'ouvre pour laisser passer un véhicule, elle doit rester ouverte 2s puis se refermer automatiquement s'il n'y a aucun obstacle dessous. Si un obstacle est détecté durant la fermeture, la descente doit s'interrompre pour reprendre quand l'obstacle a disparu.

On souhaite spécifier le comportement de la barrière sous forme d'un graphe d'état où quatre états ont été identifiés.

1. Compléter la structure de la machine d'état par son pseudo état initial et par les transitions à prévoir entre les états.
2. Etablir les conditions à associer aux transitions et les classer en événements et en gardes
3. Tracer le chronogramme correspondant à l'entrée typique d'un véhicule disposant d'un badge d'accès, en graduant en seconde l'axe des temps (vous évalueriez les durées utiles non précisées)
4. Estimer alors le débit maximal d'une barrière automatique, puis l'exprimer en nombre de véhicules par heure.

Sachant que l'entreprise emploie 2000 personnes, quelles conclusions peut-on tirer ?

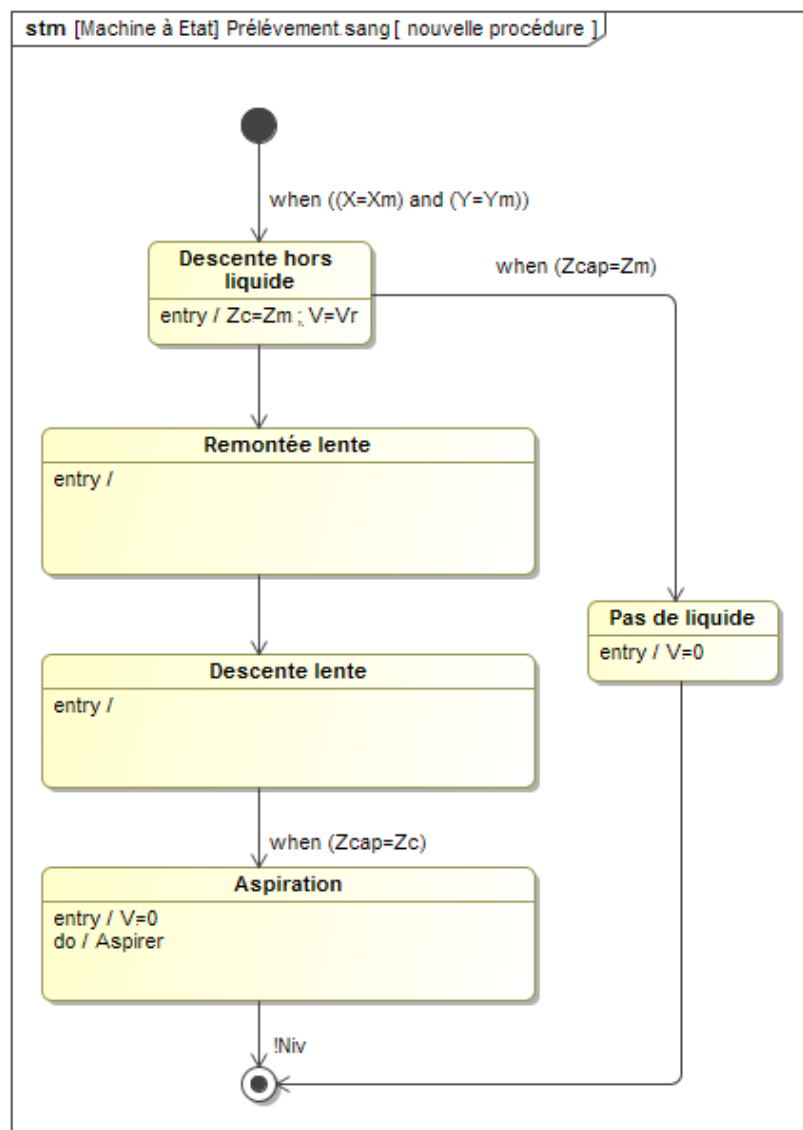
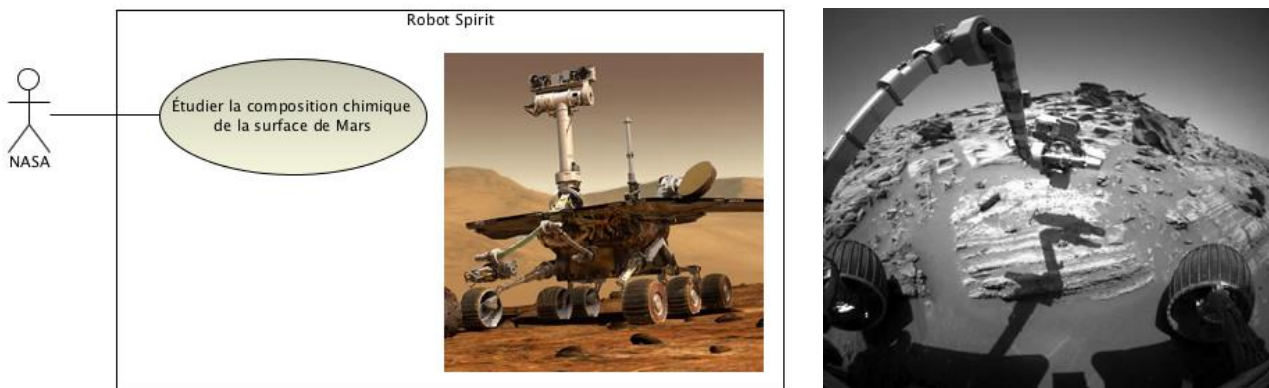


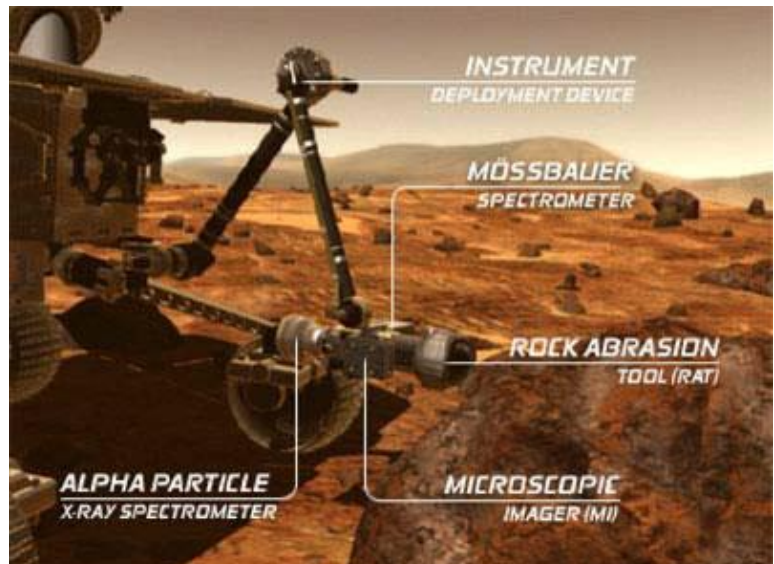
Figure 2 : Diagramme d'états (nouvelle procédure)

9 EXERCICE 9 : ROBOT SPIRIT

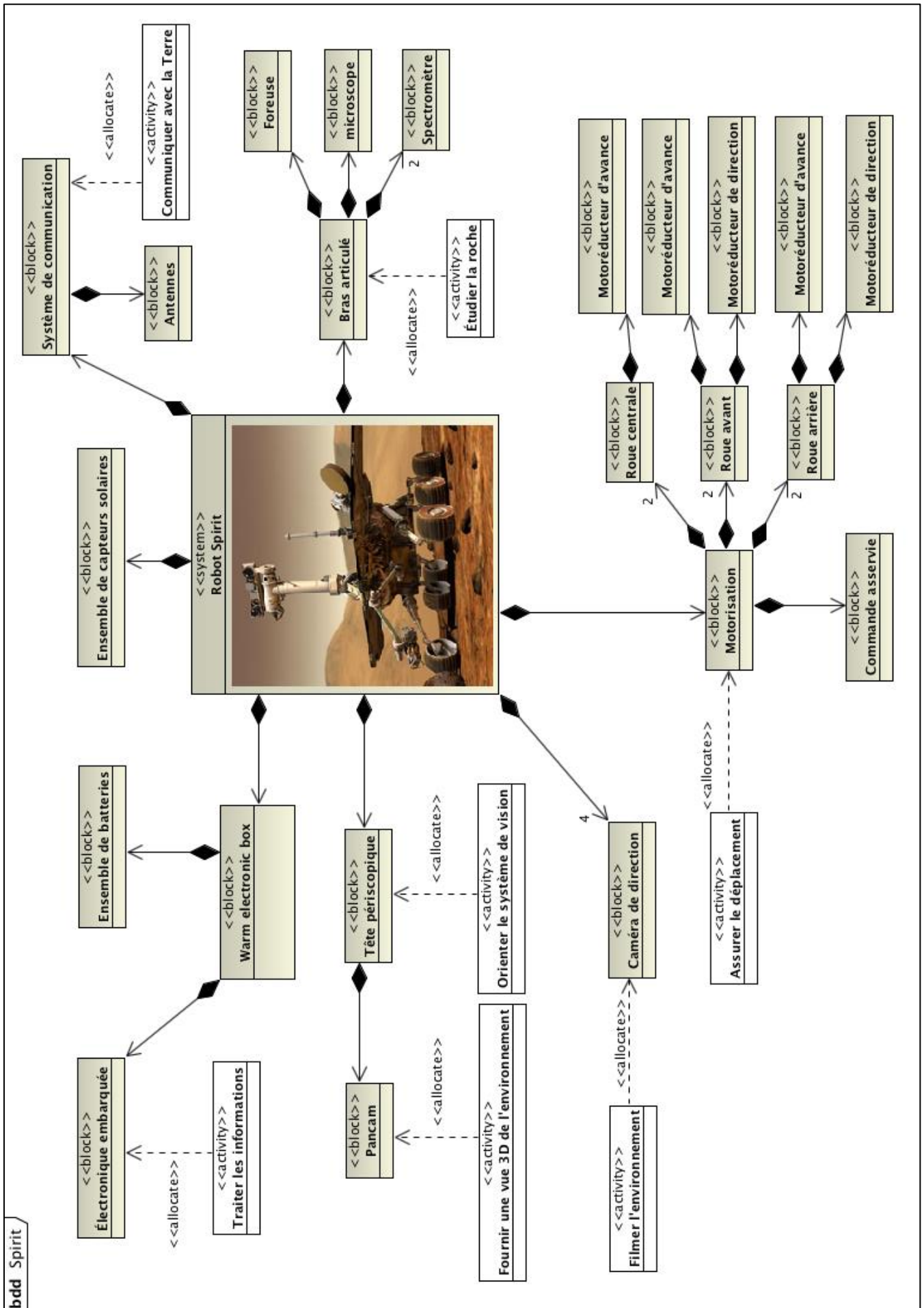


Le robot SPIRIT a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars. Les principaux composants de ce robot sont :

- 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.

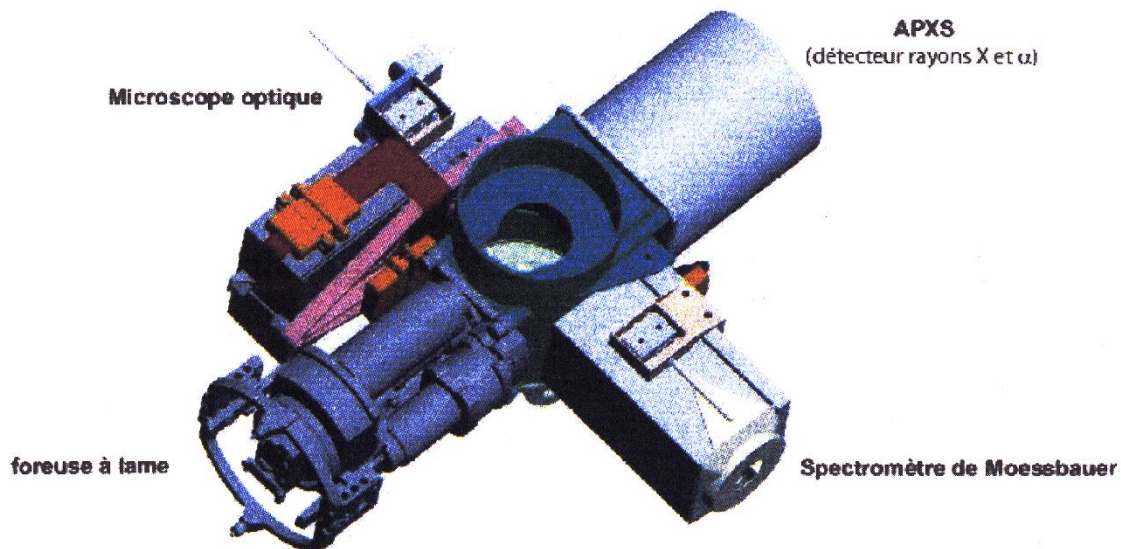


Le BDD qui suit précise cette structure matérielle.



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 α , 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+} .



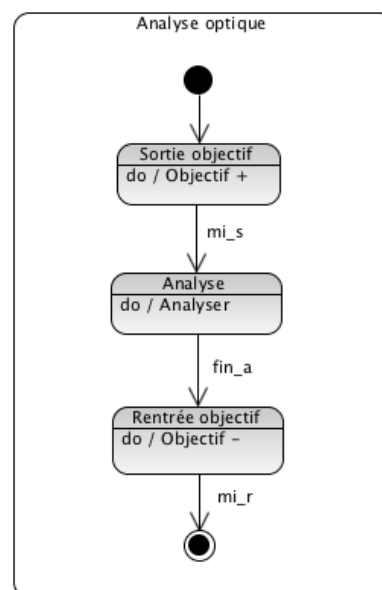
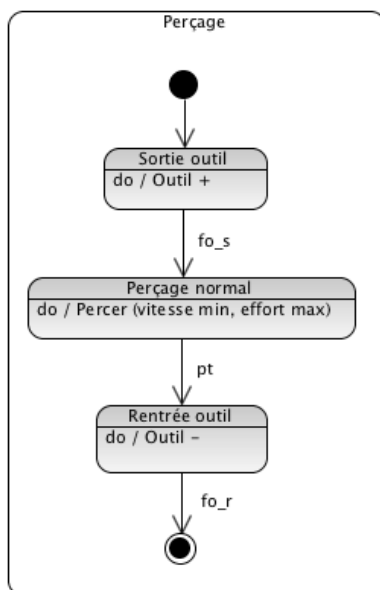
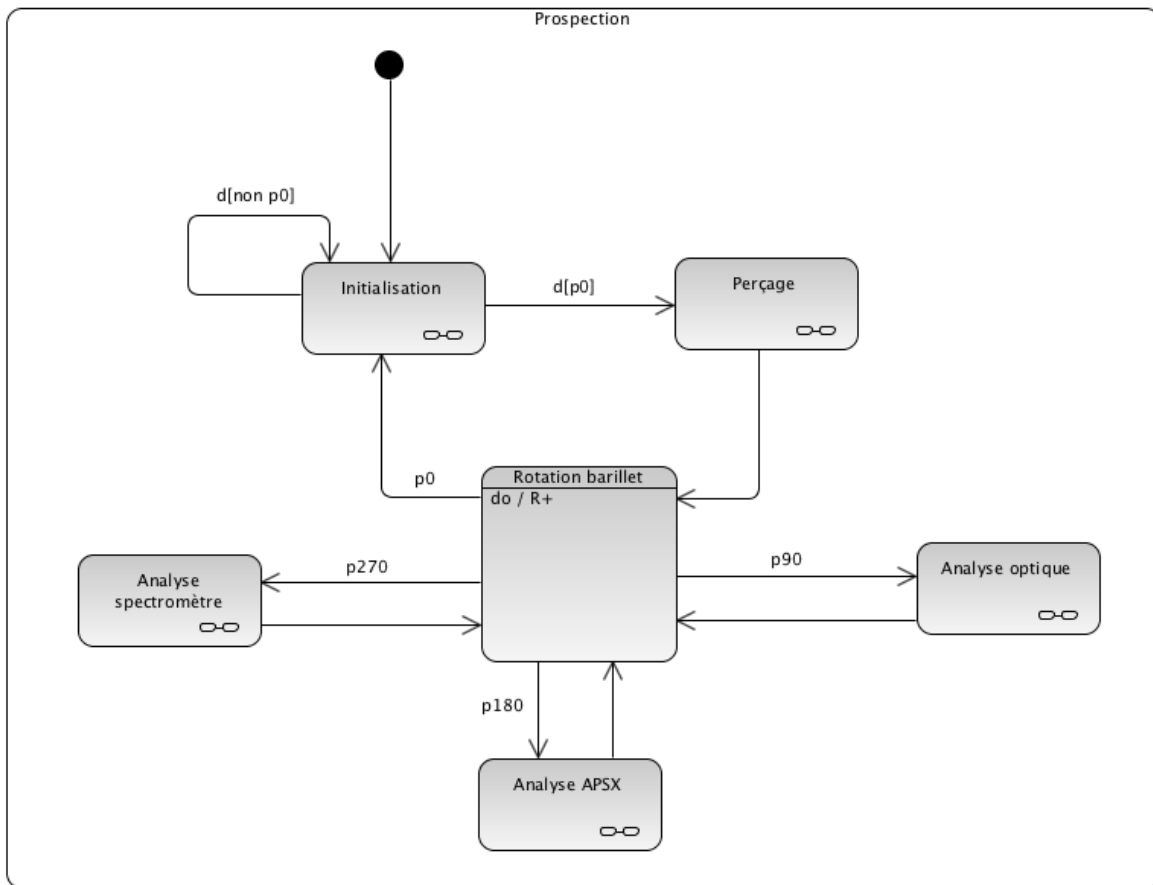
Initialement, la foreuse se trouve face à la surface à étudier (la position du barillet est mesurée par un capteur angulaire). Le déroulement normal d'une phase de prospection est spécifié par le diagramme d'états page suivante.

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° (position p90) dans le sens positif.

Puis viennent les phases d'analyse optique, APSX et spectromètre avec une rotation de 90° 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

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 :

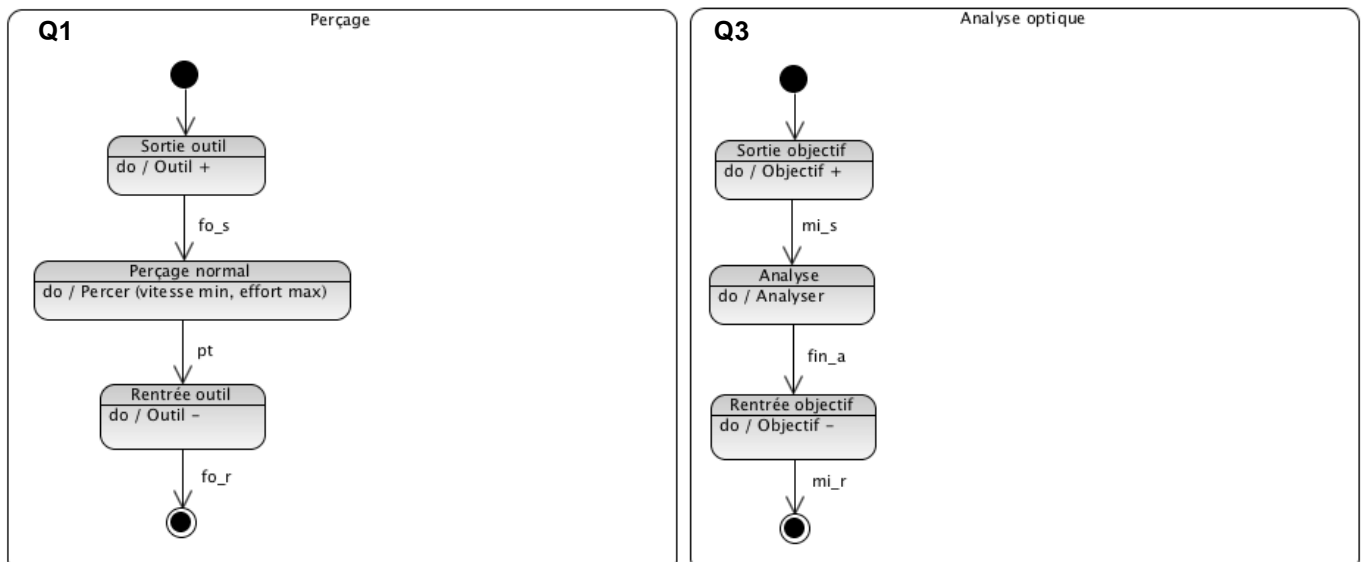
- renoncer à l'analyse optique si l'information S_{imp} est reçue ;
- créer une variable « analyse échouée » telle que :
analyse échouée = 0 si l'analyse est réussie
analyse échouée = 1 en cas d'échec.

Question 4 :

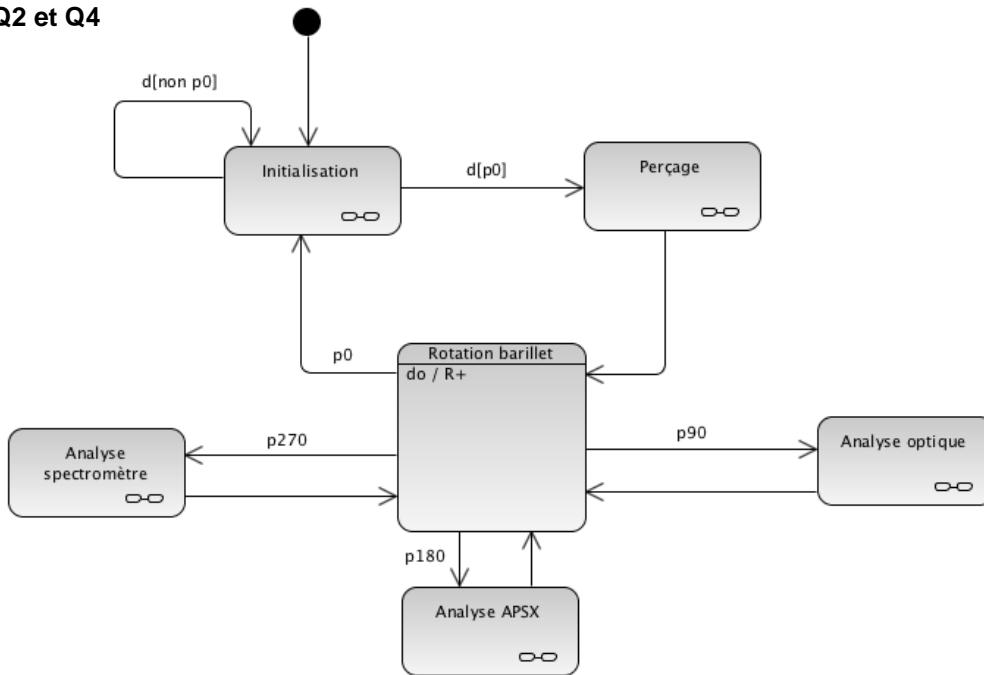
Poursuivre la modification du diagramme de prospection pour que, dans le cas d'un échec de l'analyse optique, la phase de perçage soit relancée.

Question 5 :

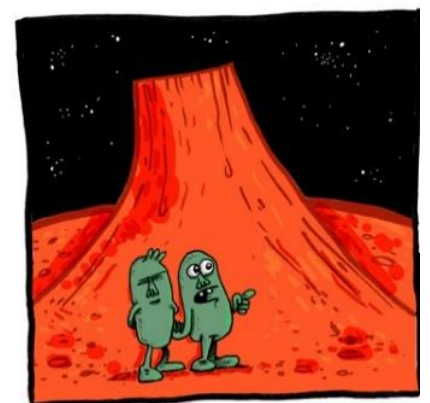
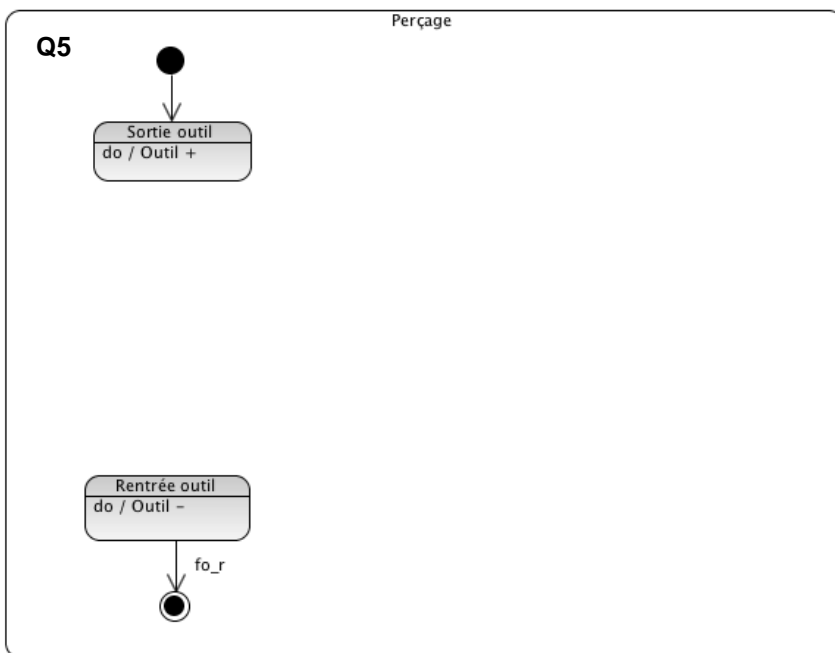
Modifier pour finir l'état composite de perçage de manière à ce que les conditions de forage correspondent à la façon dont cet état a été activé : perçage normal (vitesse min, effort max) ou perçage fin (vitesse max, effort min) s'il s'agit d'améliorer la surface.



Q2 et Q4



Q5



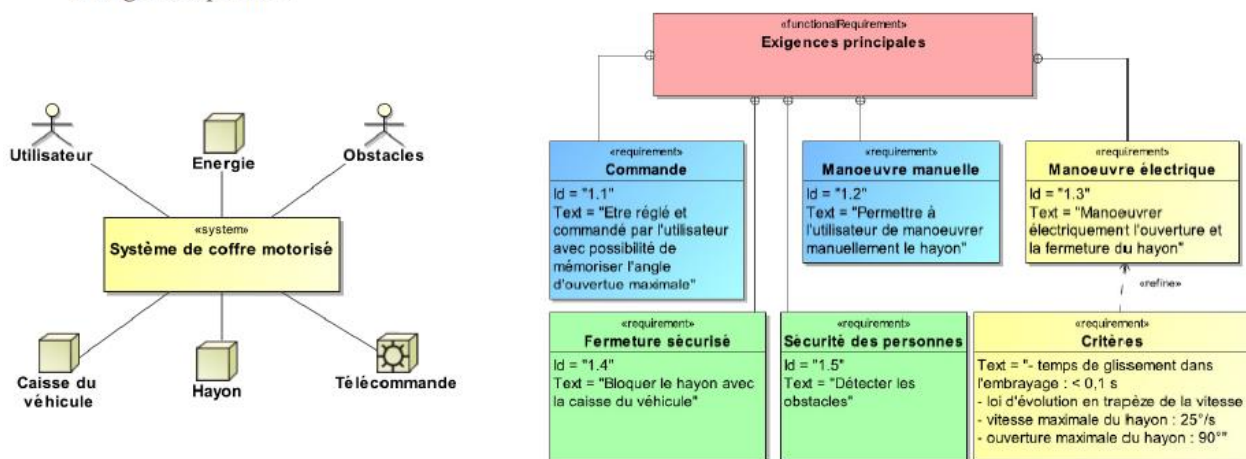
- Ils vont finir par nous trouver !

10 EXERCICE 10 : COFFRE MOTORISE AUDI

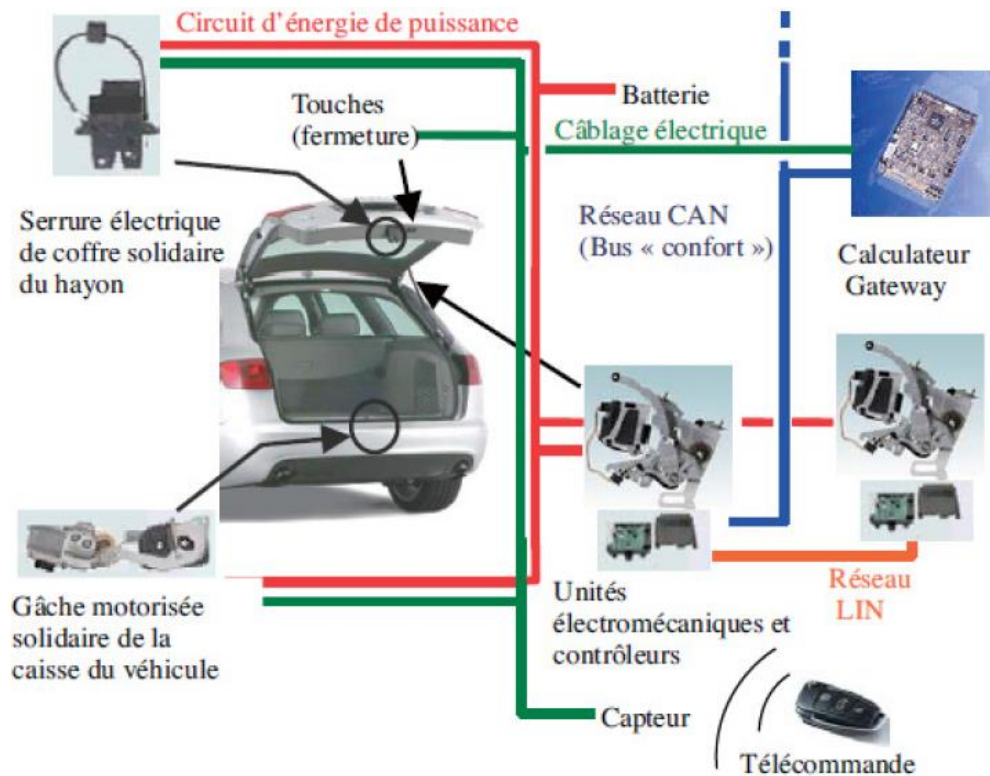
Un coffre motorisé est proposé en option sur l'Audi A6 (photographie 1). La motorisation du hayon permet l'ouverture ou la fermeture automatique du coffre. L'ouverture s'effectue soit à l'aide de la télécommande, soit par action sur une touche située à proximité du conducteur, soit par action sur une touche située sur la poignée du hayon. La fermeture s'effectue par action sur une touche située sur la face interne du hayon. L'utilisateur a la possibilité de programmer l'angle d'ouverture du hayon pour éviter par exemple qu'il ne heurte le plafond du garage. L'utilisateur conserve la possibilité de manœuvrer manuellement le hayon. Dans ce cas de manœuvre, les lampes d'éclairage de la plaque minéralogique s'allument afin d'éclairer la poignée, ce mode étant exceptionnel. Ce système dispose également de détecteurs d'obstacles. En position fermée, le système doit assurer le blocage du hayon avec la caisse du véhicule. Une expression partielle des besoins durant la phase d'utilisation est donnée par le diagramme d'exigences partiel :



Photographie 1 - Audi A6 Avant avec coffre motorisé (source Audi).

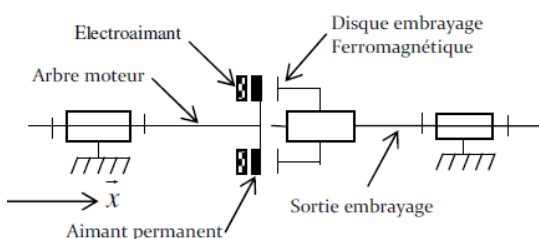


- De deux **unités électromécaniques** (une sur chaque face latérale du hayon) permettant de manœuvrer électriquement le hayon et renseignant les contrôleurs sur la position du hayon et sur la présence éventuelle d'obstacles ;
- De deux **contrôleurs** (un par unité électromécanique) pilotant les moteurs électriques des unités en fonction des lois de commande en vitesse. Les deux contrôleurs sont reliés entre eux par un réseau dit « LIN » et seul le contrôleur maître communique avec le calculateur Gateway par le bus « confort » ;
- D'un **calculateur Gateway** gérant l'ensemble des composants (contrôleur maître, serrure électrique, gâche motorisée) du système de coffre motorisé en fonction des consignes de l'utilisateur et de la situation de la partie opérative ;
- D'une **serrure électrique**, solidaire du hayon, permettant en position fermée de verrouiller le hayon avec la gâche ;
- D'une **gâche motorisée**, solidaire de la caisse du véhicule, permettant en position fermée de plaquer le hayon contre la caisse en tirant la serrure.



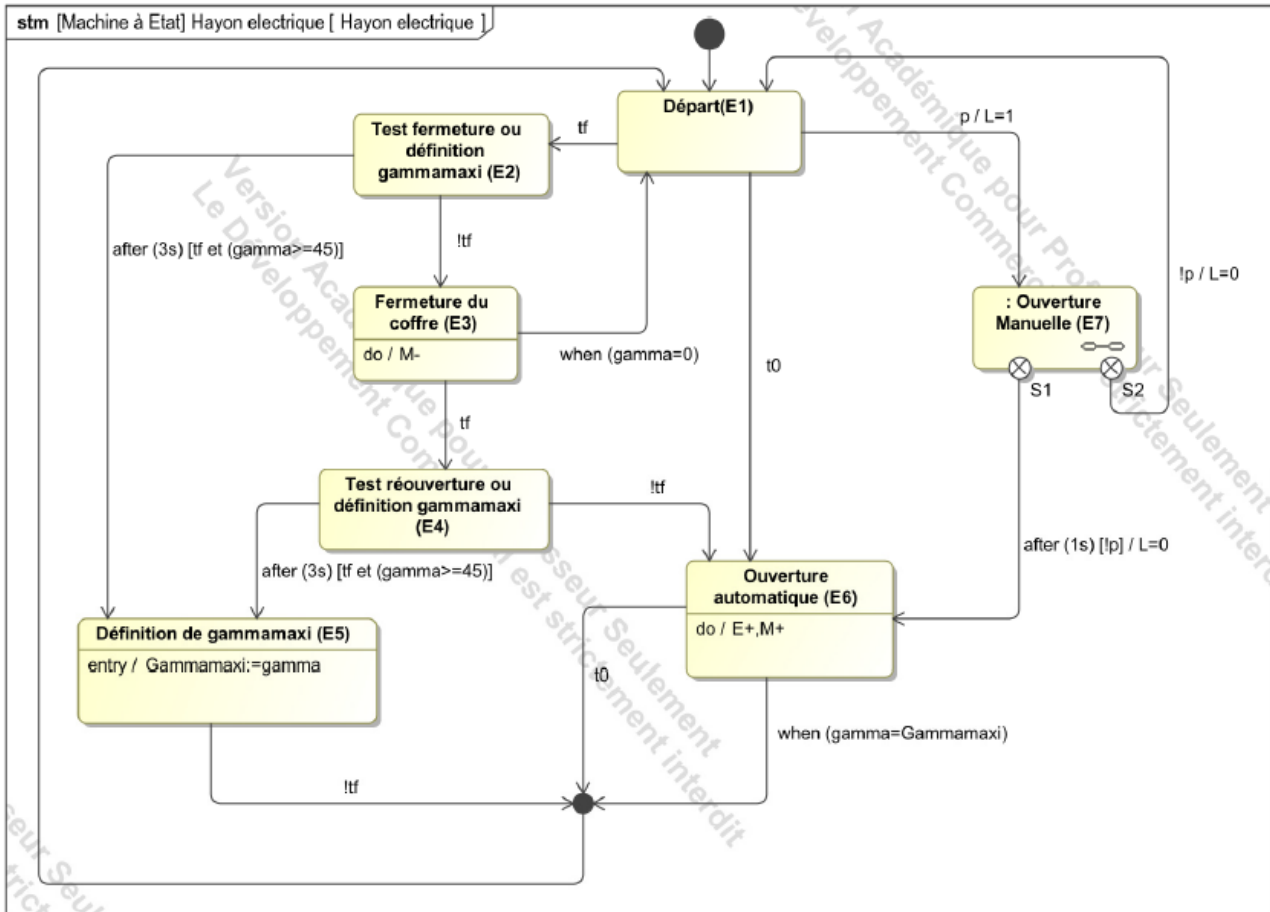
Le contrôleur commande le moteur et l’embrayage de l’unité électromécanique en fonction des informations provenant essentiellement du calculateur Gateway. Le diagramme d’états partiel qui décrit le fonctionnement normal est codé et implémenté dans le contrôleur maître.

Entrées	Commentaires
gamma	Position angulaire du hayon (gamma=0 en position coffre fermé et gamma=gamma_maxi en position coffre ouvert)
t0	t0=1 lorsqu’une pression est exercée sur l’une des touches d’ouverture automatique
tf	tf=1 lorsqu’une pression est exercée sur la touche de fermeture
p	p=1 si l’utilisateur agit directement sur la poignée du hayon
Sorties	Commentaires
M+	Ouvrir le hayon
M-	Fermer le hayon
E+	Actionner l’embrayage pour doubler le couple transmissible
E-	Actionner l’embrayage pour annuler le couple transmissible
L	Allumer les lampes d’éclairage de la plaque minéralogique (éclairage poignée)

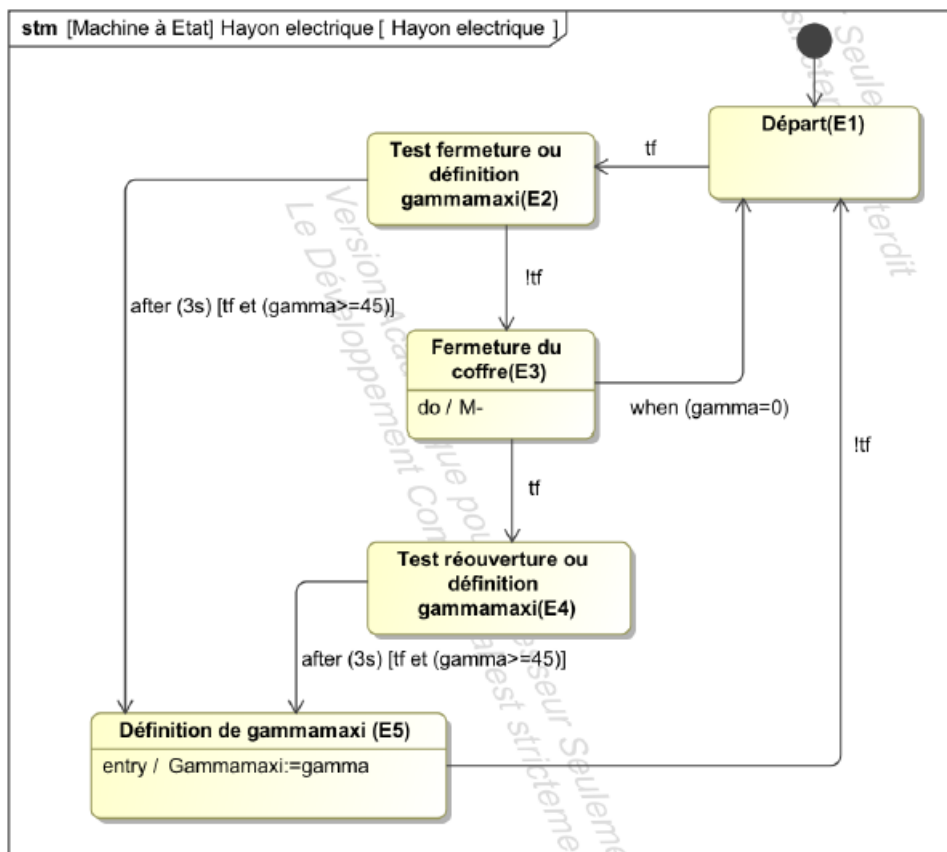


Phase	E+	E-	Force aimant permanent sur disque	Force electro-aimant sur disque	Effort normal disque/plateau	Couple transmissible
Fermeture automatique	0	0	$-F\vec{x}$	$\vec{0}$	F	C
Ouverture automatique	1	0	$-F\vec{x}$	$-F\vec{x}$	$2F$	$2C$
Manoeuvre Manuelle	0	1	$-F\vec{x}$	$F\vec{x}$	0	0

On suppose qu’en mode automatique la vitesse de 15°/s est en ouverture ou fermeture du hayon est atteinte instantanément.

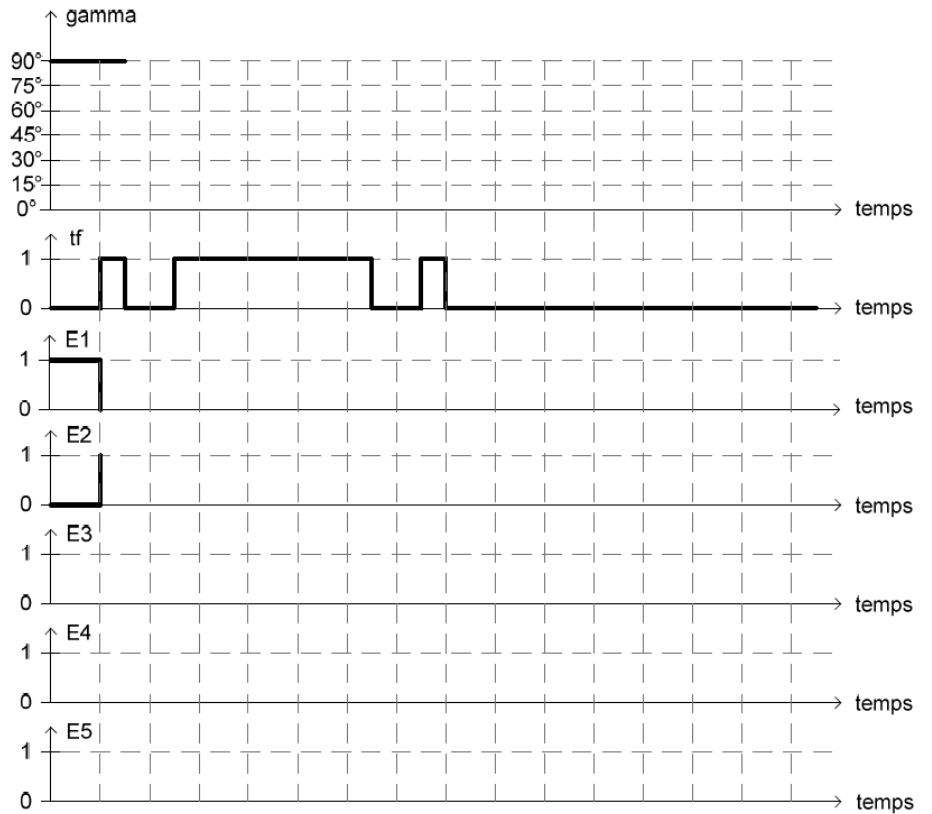


On s'intéresse à une partie simplifiée du graphe d'état du hayon donnée ci-dessous pour bien comprendre la syntaxe.

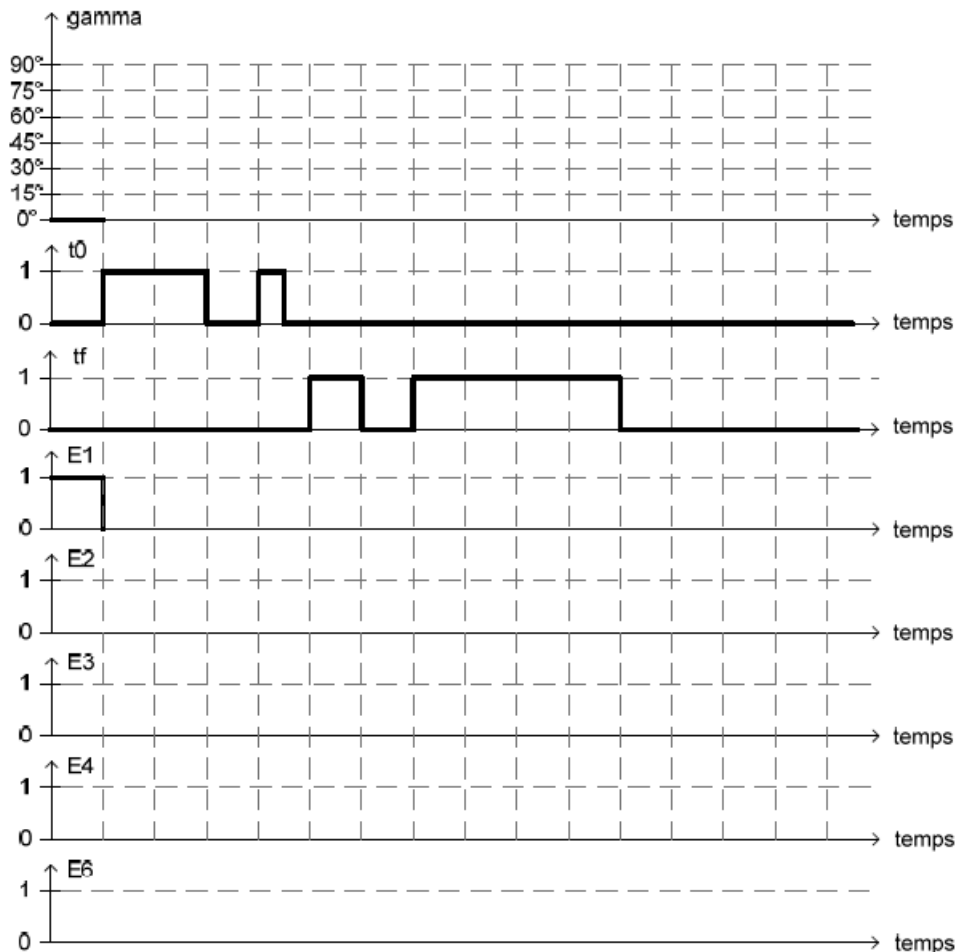


Indiquer alors la valeur de Gammamaxi à la fin de ce cycle
 Repérer l'instant précis auquel Gammamaxi est redéfini.

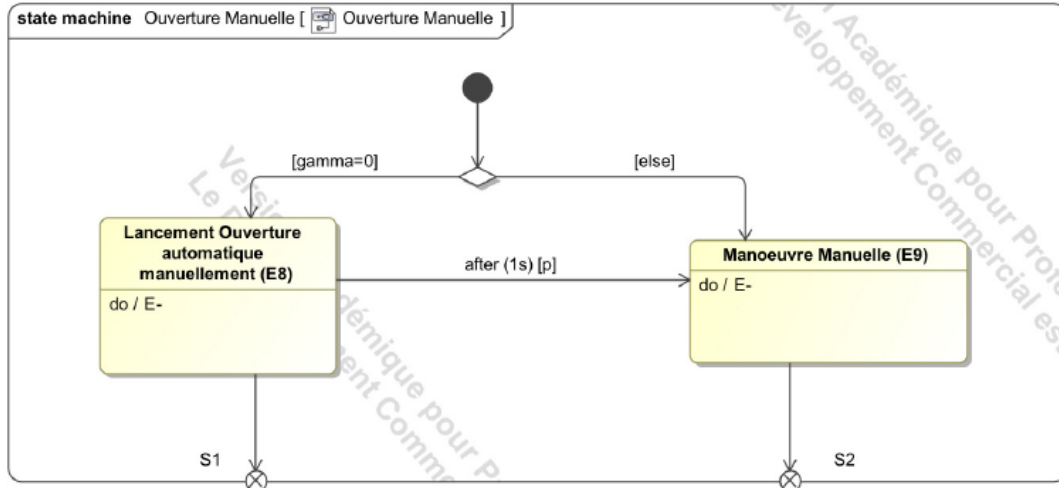
Chaque graduation vaut 1 seconde.



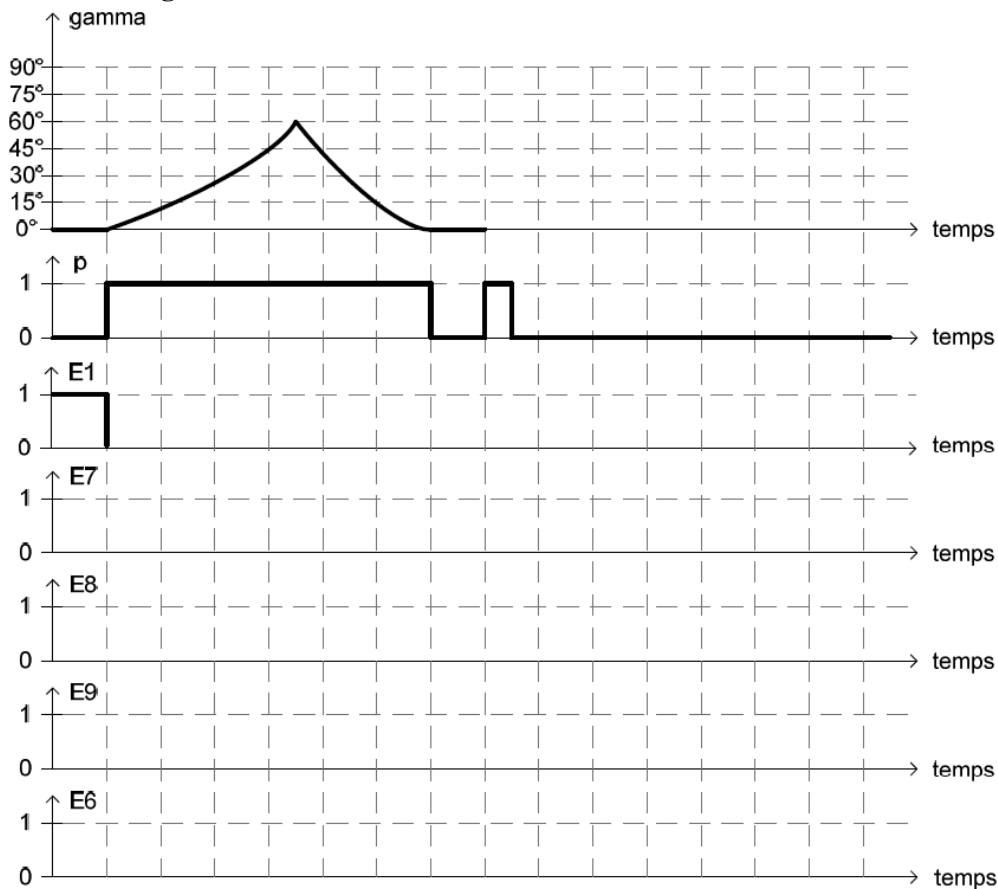
Après ce premier cycle, on revient au diagramme d'état initial, compléter alors le chronogramme suivant :



On propose ci-dessous l'état composite associé à l'Ouverture Manuelle du hayon électrique :



Remplir alors le chronogramme ci-dessous :



La gestion de la position « gamma » du coffre est réalisée par un capteur incrémental qui fonctionne de la manière suivante : il délivre un signal « top » correspondant à des impulsions et deux variables logiques « m » et « d » qui sont à un respectivement en montée et en descente. Chaque impulsion correspond au déplacement d'un degré.

Pour simplifier, on suppose qu'au démarrage (état initial), la position antérieure du coffre était stockée dans une variable notée Gamma0.

Le fonctionnement du système est alors décrit par les états orthogonaux ci-dessous (on parle de régions orthogonales).

Compléter dans ce cas le chronogramme étudiant la région orthogonale du bas.

