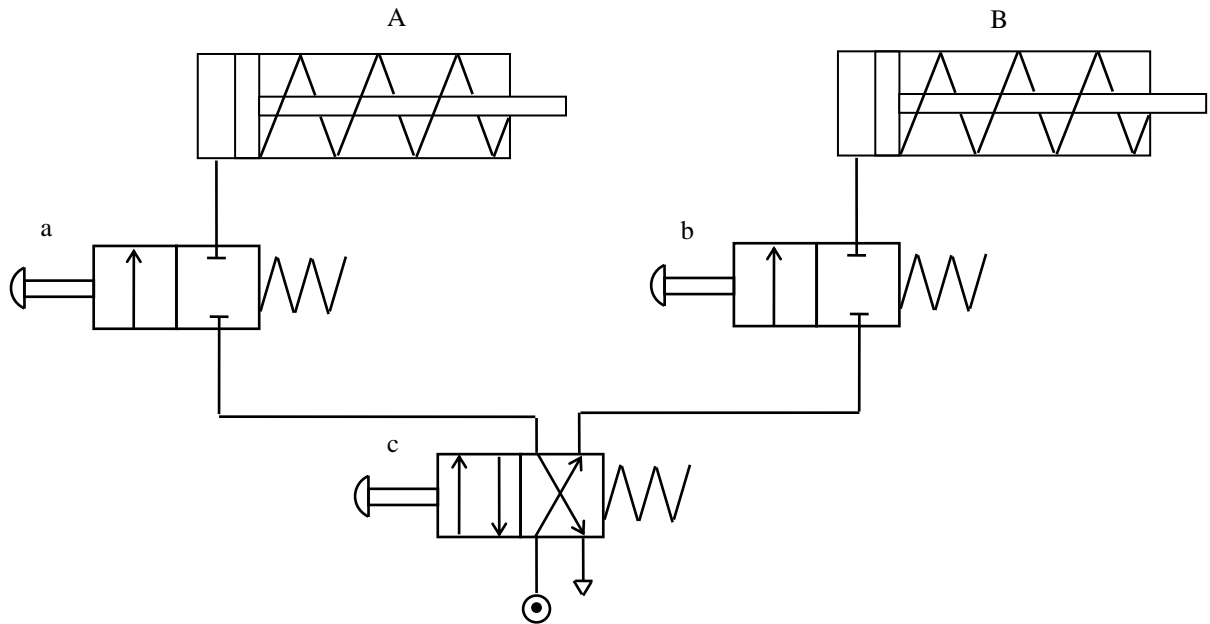


Exercice 1 : schéma pneumatique

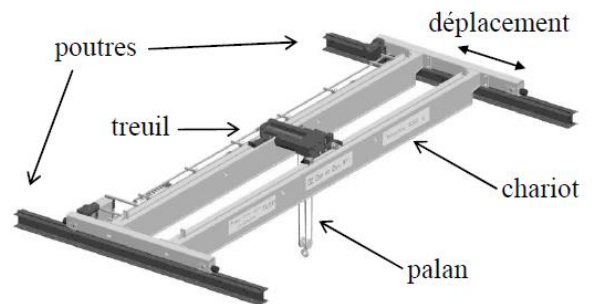


- 1 - Donner la désignation normalisée des différents composants de ce schéma pneumatique.
- 2 - Déterminer l'équation logique des sorties A et B en fonction des entrées a, b et c.

Exercice 2 : Production de bobines

Une entreprise produit des bobines cylindriques de câbles de trois types (petites, moyennes et grandes).

Elles sont déplacées à l'aide d'un chariot de pont-roulant posé sur deux poutres.



Variables de sorties : vecteur d'état (G, D)

- G = 0, D = 1 : déplacement vers la droite,
- G = 1, D = 0 : déplacement vers la gauche,
- G = 0, D = 0 : arrêt du chariot,
- G = 1, D = 1 : combinaison interdite.

Variables d'entrée : vecteur d'état (dcy, cg, cd)

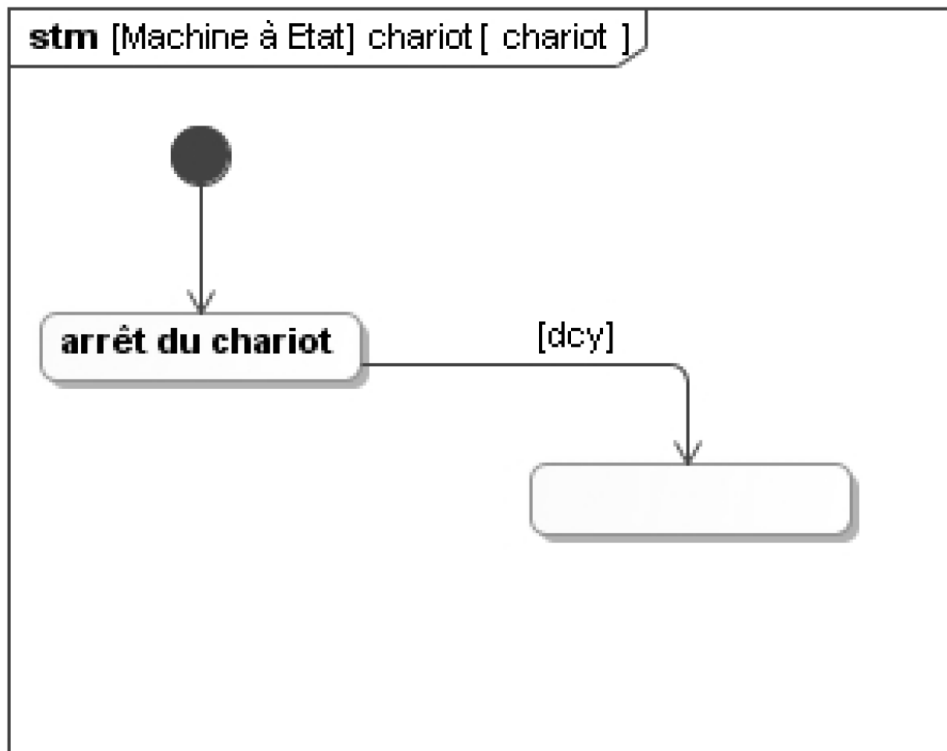
- dcy = 1 : départ de cycle,
- cg = 1 : chariot à gauche,
- cd = 1 : chariot à droite,

Initialement, le chariot est à gauche. L'appui sur départ cycle n'a d'effet que si le chariot est à gauche. Le cycle nominal comprend un déplacement à droite, puis un retour à gauche.

Q1- Compléter la table de vérité du système décrit ci-dessus, et justifier s'il est combinatoire ou séquentiel.

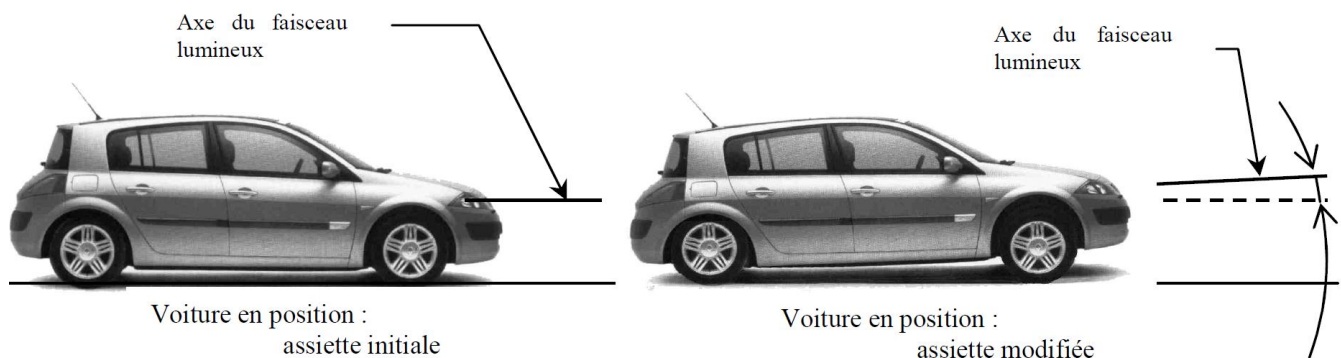
dcy	cg	cd	G	D
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

Q2- Indiquer le nombre d'états possibles du système et compléter le diagramme d'états ci-dessous.



Exercice 3 : Correcteur de phare

L'assiette d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée.



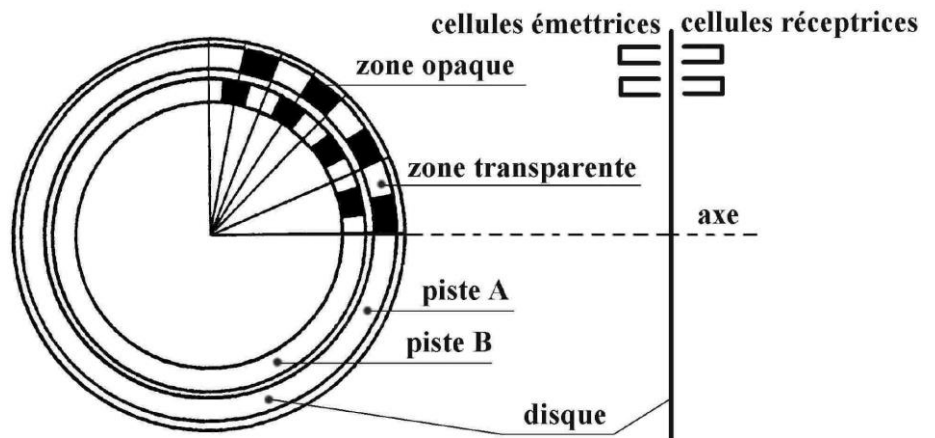
Certaines voitures, équipées d'un système de correction de la portée des phares, utilisent des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Le dispositif étudié est un correcteur de portée statique, qui ne corrige la portée que lorsque le véhicule est à l'arrêt. Il conserve cette correction lorsque le véhicule roule (le correcteur ne tient compte que de la variation d'assiette due à la charge).

Les capteurs d'assiette donnent des informations sur la variation d'inclinaison du châssis de la voiture.

Le calculateur détermine l'angle de correction de portée qui correspond à l'angle du véhicule.

Il s'agit de codeurs rotatifs optoélectroniques de type incrémentaux comportant :

- un **disque optique** mobile avec 2 pistes (A et B) comportant chacune une succession de parties opaques et transparentes,
- deux **cellules fixes**, pour chaque piste : une cellule émettrice de lumière d'un côté et une réceptrice de l'autre.



Lorsqu'une modification d'assiette se produit, les signaux « a » et « b » émis par le codeur présentent l'allure suivante. Ils sont en quadrature de phase (déphasés de 90 °).

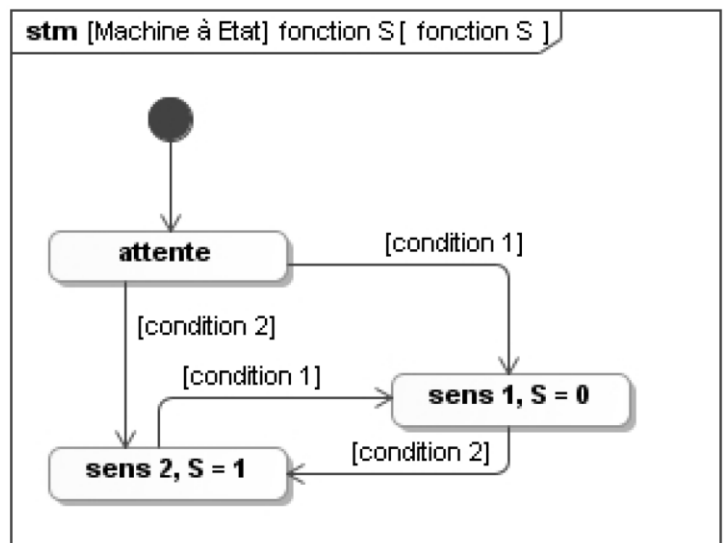
Il est donc possible de déterminer l'amplitude de la correction à apporter (nombre de changements d'état des variables « a » et « b ») et le sens (fonction logique « S », avance de phase ou retard de phase).

Q1- Compléter la table de vérité et justifier que ce système est séquentiel.

a	b	S
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Q2- Donner les expressions booléennes des «condition 1» et «condition 2» du diagramme d'états défini ci-contre. On pourra utiliser les notations de front montant et de front descendant.

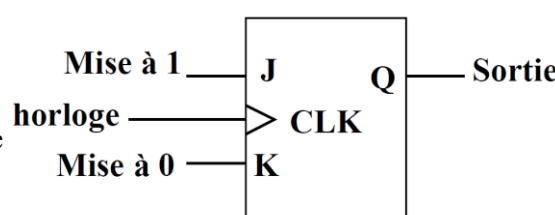
- Q3-** Modifier le diagramme d'états ci-contre pour que :
- le système retourne en état d'«attente» une seconde après avoir détecté le sens de rotation,
 - l'entrée dans un état caractérisant le sens de rotation ne peut se faire qu'à partir de l'état d'«attente».



Afin d'exploiter les informations émises par le capteur, une carte électronique permet de compter ou décompter les fronts montants ou descendants de la voie A ou de la voie B.

Nous allons nous intéresser à un compteur asynchrone réalisé par des constituants de type «bascule JK».

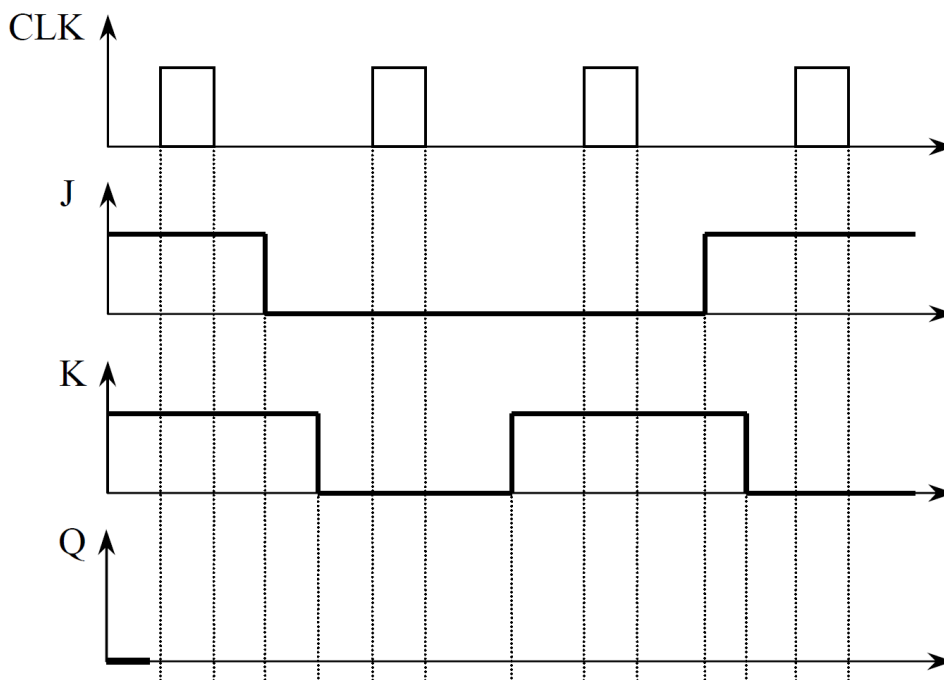
Le principe de fonctionnement d'une bascule JK est similaire à celui d'une bascule RS (vue en cours).



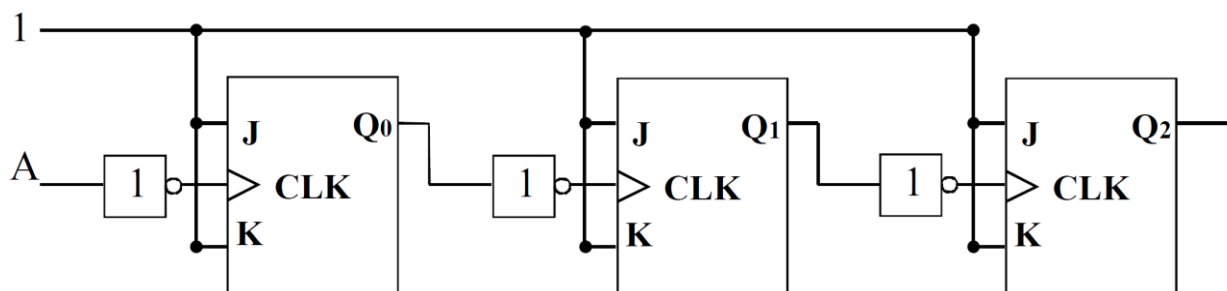
Entrées			État futur Q	Fonction réalisée
J	K	CLK		
0	0	↑ CLK	Q	Maintien
0	1	↑ CLK	0	Mise à 0
1	0	↑ CLK	1	Mise à 1
1	1	↑ CLK	\bar{Q}	Commutation

Sans front montant sur le signal d'horloge CLK (↑ CLK), la bascule conserve son état.

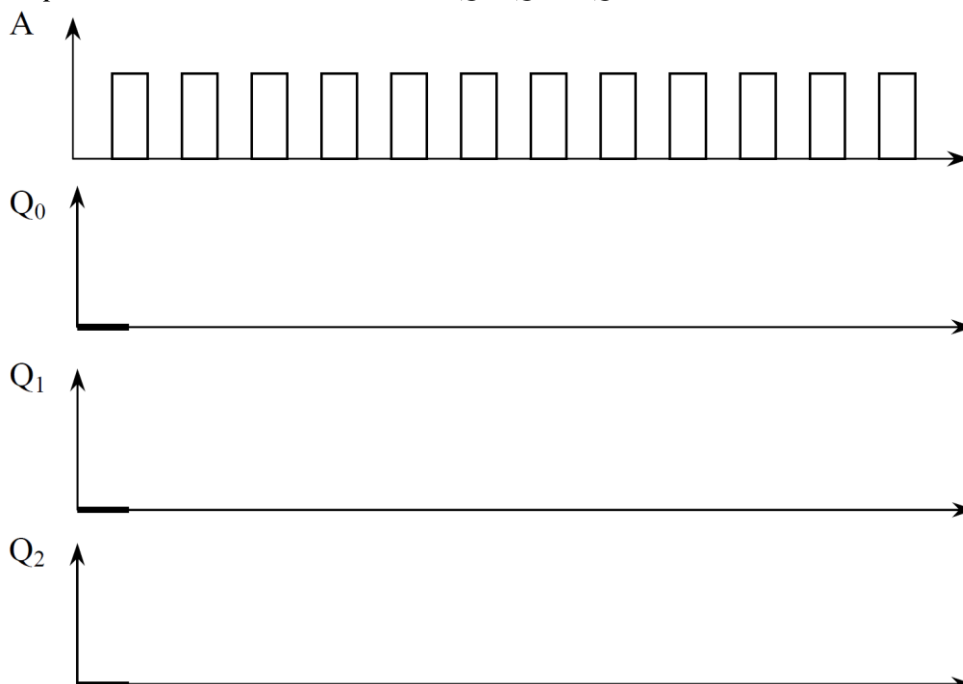
Q4- Compléter le chronogramme ci-dessous modélisant son fonctionnement.



Nous allons maintenant nous intéresser à un compteur sur 3 bits. Le câblage des bascules est donné ci-dessous.



Q5- Compléter le chronogramme ci-dessous (initialement les 3 variables Q_i sont à 0).
À quoi correspondent les variables binaires : Q_0 , Q_1 et Q_2 ?



Q6- Pour compter de 0 à 1023, expliquer quel est le nombre de bascules à utiliser pour répondre au cahier des charges

Exercice 4 : Exploration hémostase (extrait CCP MP 2015)

PRESENTATION

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

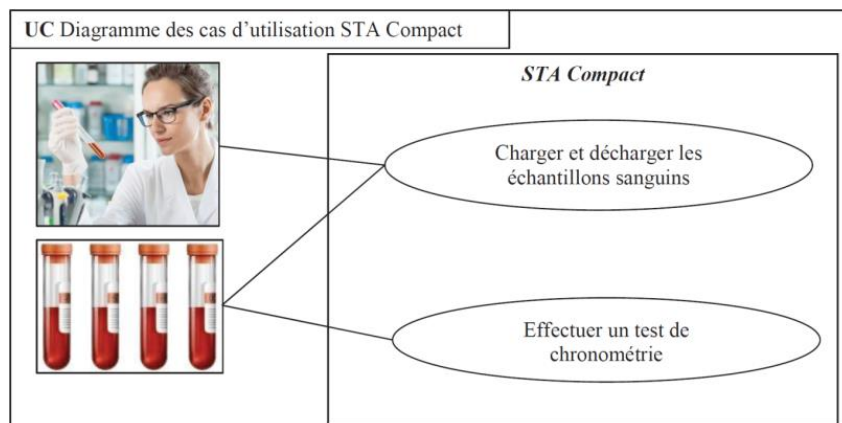


Figure 2 : Cas d'utilisation du STA Compact

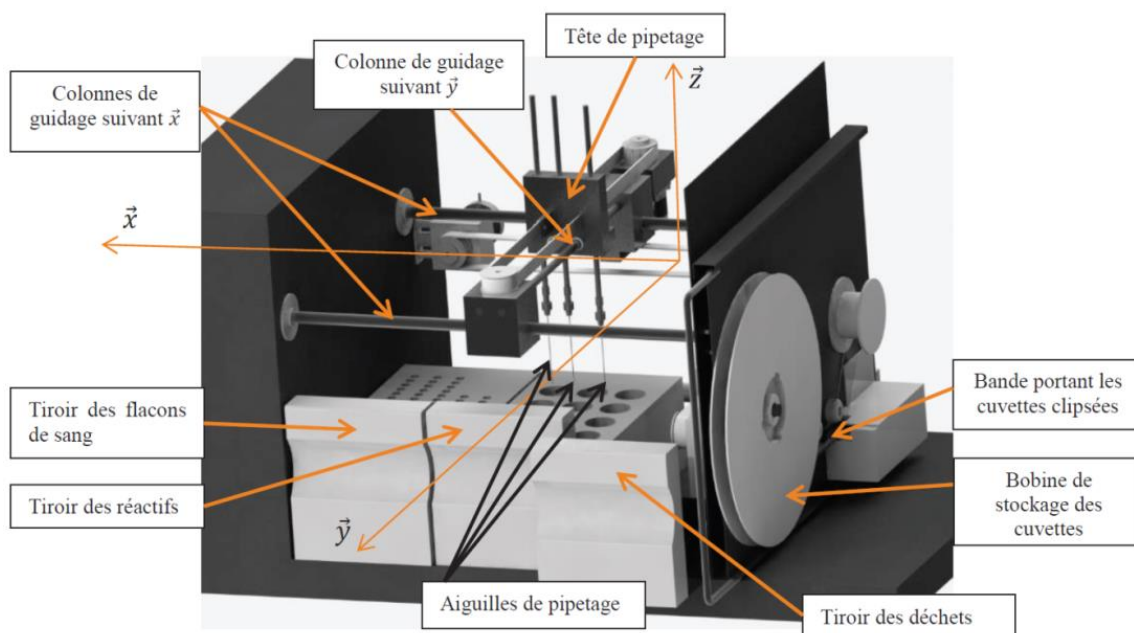


Figure 3 : Structure interne du STA Compact

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

PRECISION DU VOLUME PRELEVE

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).

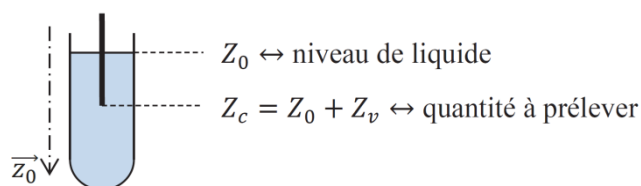


Figure 4 : Flacon et seringue

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 $k_r = \frac{\omega_r}{\omega_m} = \frac{1}{19,2}$ ou ω_m et ω_r sont les vitesses de rotation en sortie moteur et réducteur ;

système pignon-crémaillère, dont le rayon du pignon est $R_p = 10\text{ mm}$.

Q1. 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.

Q2. Compléter le chronogramme présent sur le document réponse, en prenant comme valeurs numériques : $Z_v = 10\text{ mm}$

Q3. 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.

Q4. 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 $D_f = 15 \text{ mm}$.

Q5. Calculer la nouvelle erreur maximale de position $\Delta Z'_{mes}$ avec l'application de cette nouvelle procédure. Donner l'erreur de volume correspondante.

DOCUMENT REPONSE

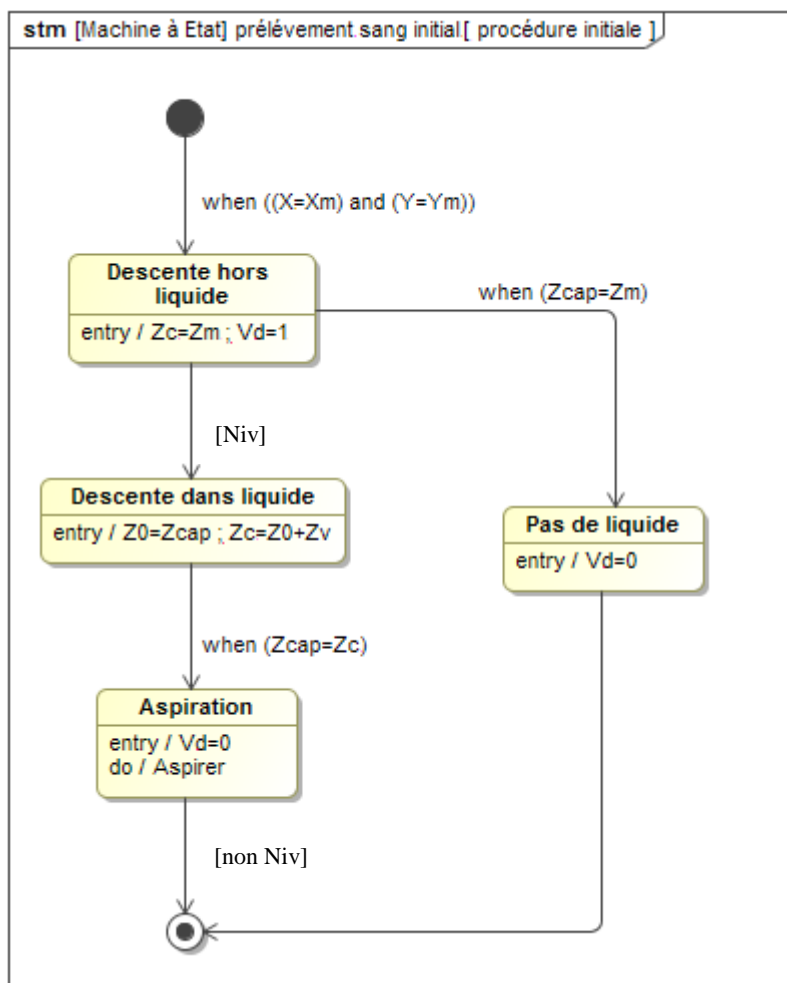
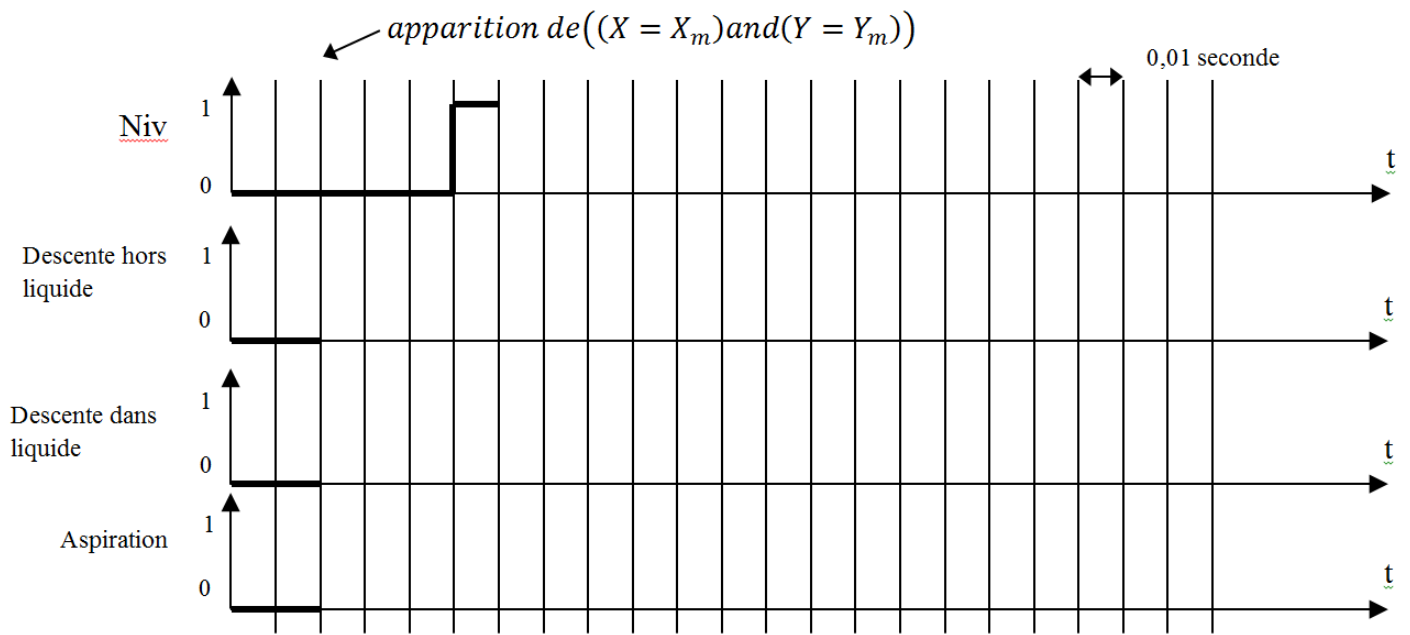


Figure 5 : Diagramme d'états (procédure initiale)

Question 2 :



Question 4 :

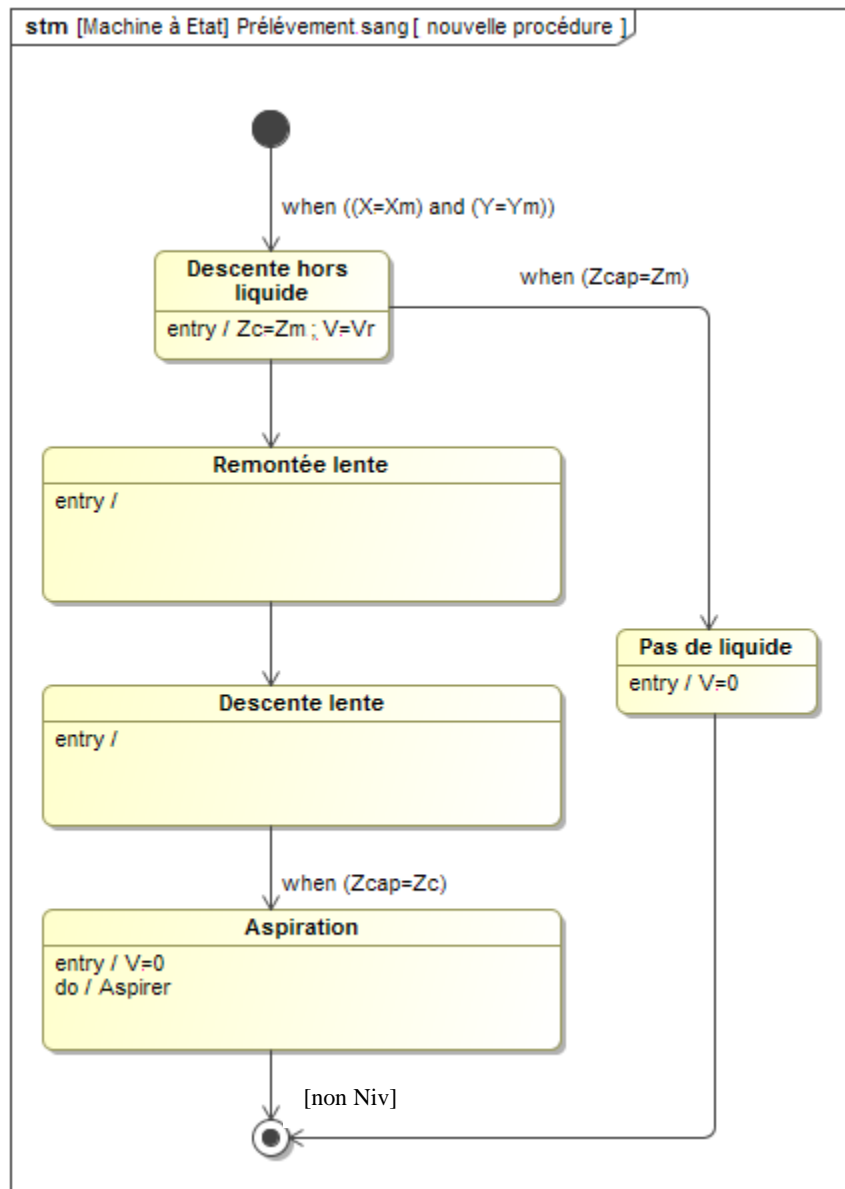


Figure 6 : Diagramme d'états (nouvelle procédure)

Exercice 5 : Robot Spirit (inspiré de XENS PSI 2005)

1 Mise en situation

1.1 Contexte

Le robot Spirit a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars et en particulier le rôle joué par l'eau dans l'histoire de la planète.

1.2 Présentation du système



FIGURE 1 – Représentation d'artiste du robot Spirit (à gauche) et prise de vue de la cible depuis la caméra panoramique implantée sur la tête périscopique (à droite)

Le robot est constitué des sous-ensembles suivants (voir aussi figure 2) :

- 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 ;

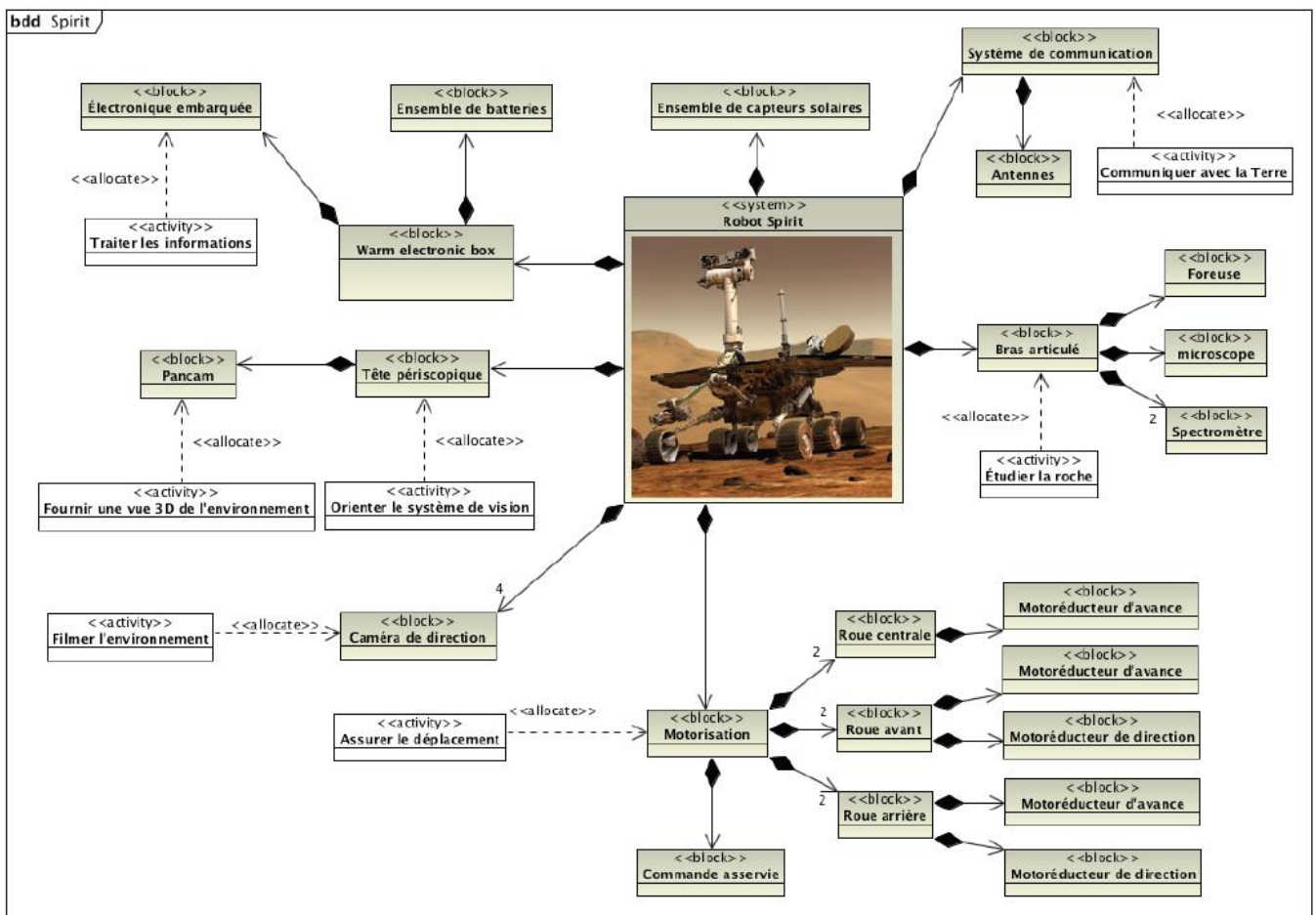


FIGURE 2 – Diagramme de définition des blocs

- une **tête périscopique** orientable dont la fonction est d'orienter le système appelé « Pancam » (Panoramic Camera) qui se trouve à 1,4 m de hauteur. Ce dernier fournit une vue en 3 dimensions de l'environnement. Le traitement des images acquises par les caméras du système 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** dont la fonction est d'amener quatre outils (une foreuse, un microscope, un spectromètre et un analyseur) à proximité d'une roche à étudier ;
- **six roues, animées chacune par un motoréducteur**, dont la fonction est d'assurer le déplacement de Spirit sur un sol caillouteux. Les roues avant et arrière possèdent de plus un moteur permettant au robot d'effectuer des changements de direction jusqu'à un demi-tour sur place ;
- un **système de communication et des antennes hautes et basses fréquences**, dont la fonction est de permettre à Spirit de communiquer avec la terre.

1.3 Performances attendues

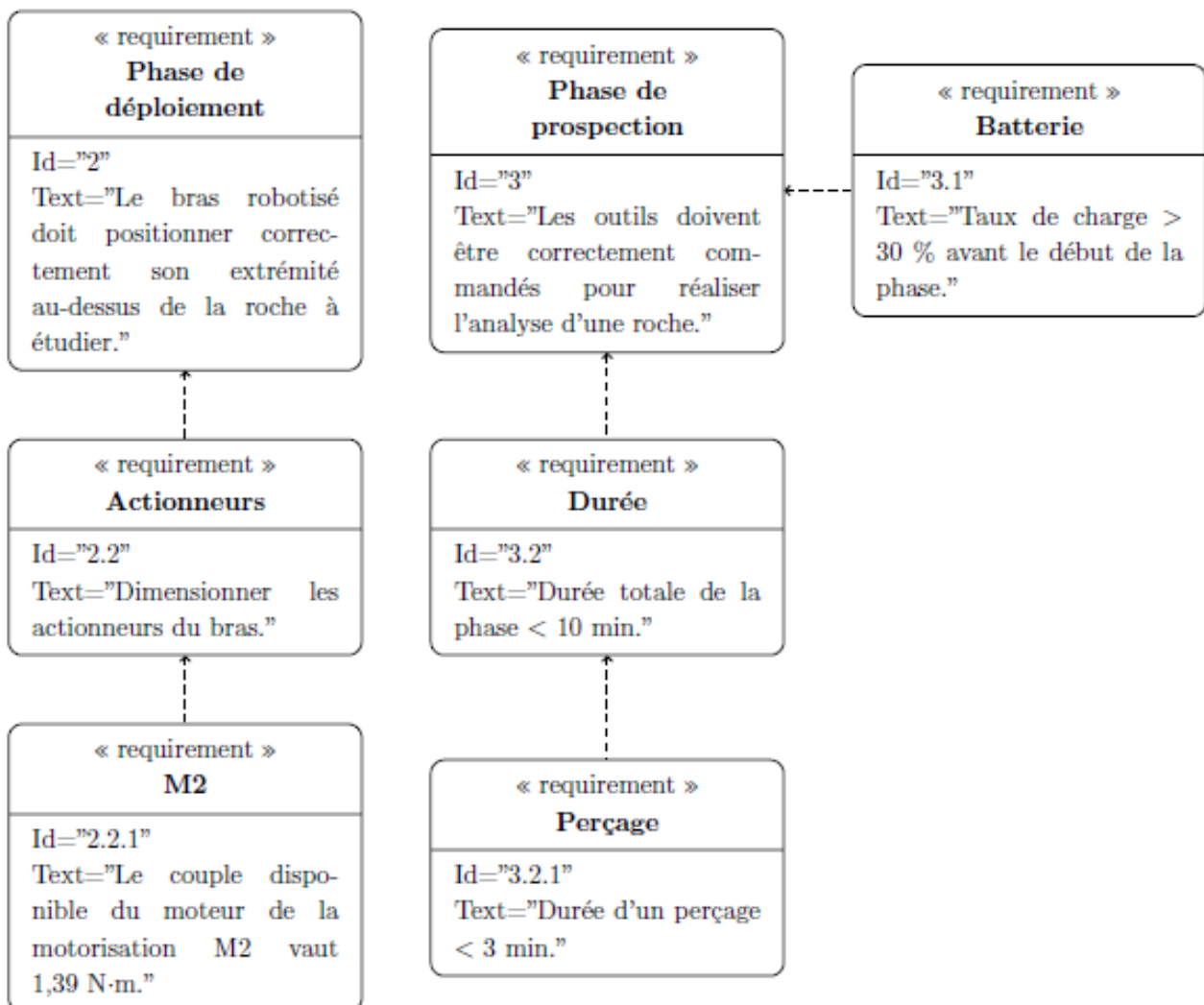


FIGURE 3 – Extrait du diagramme des exigences

2 Étude de la phase de prospection de la roche

L'analyse de la roche est réalisée grâce à quatre outils installés sur un barillet rotatif :

- la **foreuse à lame** : 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. 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** : 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** : il mène des analyses aux rayons X et α , de manière à déterminer la composition élémentaire de la roche ;
- le **spectromètre de Moessbauer** : il permet de détecter la présence de minéraux ferreux et de quantifier la teneur en Fe^{2+} et Fe^{3+} .

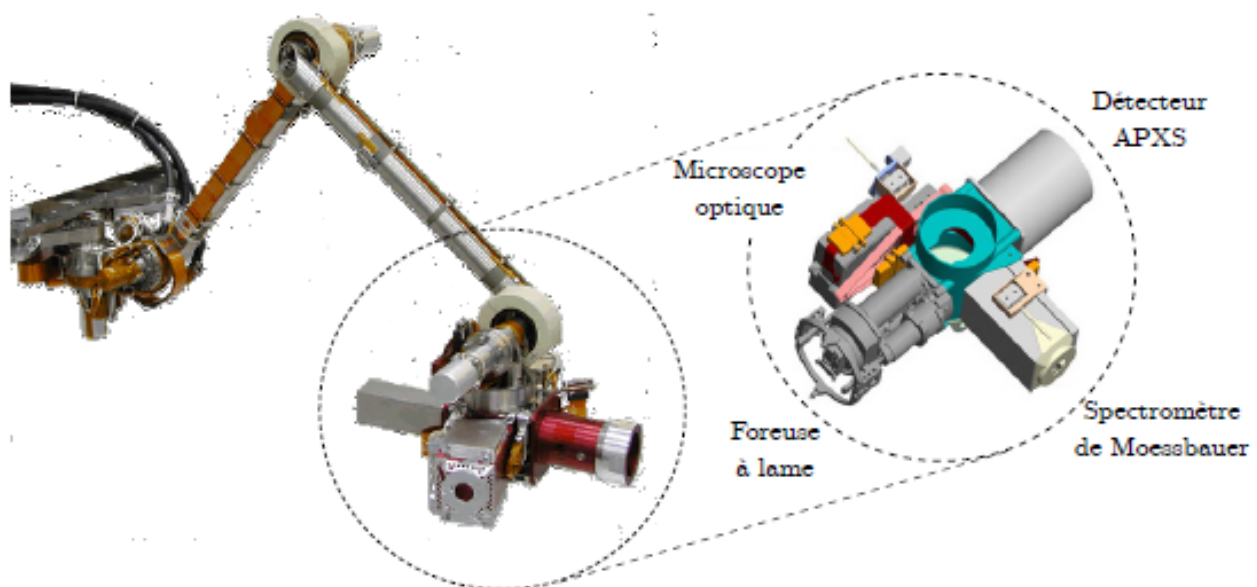


FIGURE 4 – Bras robotisé et outils de prospection

2.1 Validation du taux de charge de la batterie

Avant de débiter la phase de prospection, le robot vérifie que sa batterie possède suffisamment d'énergie. Le relevé d'une trame permet de lire la donnée associée au taux de charge : `0x2F`.

Objectif

Vérifier que cette valeur est suffisante pour respecter l'exigence 3.1.

Q1. Dans quelle base (binaire, décimale ou hexadécimale) cette donnée est-elle écrite ?

Q2. Sur combien de bits s'écrit le mot binaire associé ? Comment nomme-t-on un mot binaire de cette longueur ? Écrire ce mot binaire.

Q3. Déterminer la valeur du taux de charge et conclure.

2.2 Analyse du déroulement séquentiel d'une phase de prospection

Le déroulement d'une phase de prospection est spécifié par le diagramme d'états de la figure 5. Deux états composites de ce diagramme sont détaillés figure 6. Les phases d'analyses ASPX et spectromètre ne sont pas étudiées; les états composites correspondants ne sont pas fournis. La table 1 précise la description des variables logiques utiles à sa lecture.

Objectif

Valider l'exigence 3.2.1.

On considère que :

- toutes les transitions possèdent une durée nulle;
- à l'instant initial, la foreuse se trouve face à la surface à étudier : p_0 est vraie;
- la rotation du barillet, quelque soit son sens, s'effectue à vitesse constante (phases d'accélération et décélération négligées). Cette vitesse est de $2,25 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$;
- la durée t_{max} définie sur la figure 6 (à gauche) vaut 80 s.

Q4. Compléter les chronogrammes de la figure 15 du document réponses. Chaque intervalle de temps vaut 20 s.

Q5. Quel est l'angle du barillet à l'instant final du chronogramme : 0° , 90° , 180° ou 270° ?

Q6. Évaluer la durée d'un perçage normal. Comparer avec celle d'un perçage échoué. Conclure sur l'exigence 3.2.1.

Entrées		Sorties	
d	demande de départ	R+	rotation du barillet dans le sens positif
fo_s	foreuse sortie	R-	rotation du barillet dans le sens négatif
fo_r	foreuse rentrée	P	perçage
pt	perçage terminé	F+	sortie de la foreuse
mi_s	microscope sorti	F-	rentrée de la foreuse
mi_r	microscope rentré	O+	sortie de l'objectif du microscope
fin_a	fin de l'analyse optique	O-	rentrée de l'objectif du microscope
S_imp	surface impropre à l'analyse optique	A	analyse de la surface de roche
p0	barillet positionné à 0°		
p90	barillet positionné à 90°	Variables internes (mémoire)	
p180	barillet positionné à 180°		
p270	barillet positionné à 270°		

TABLE 1 – Description des variables logiques

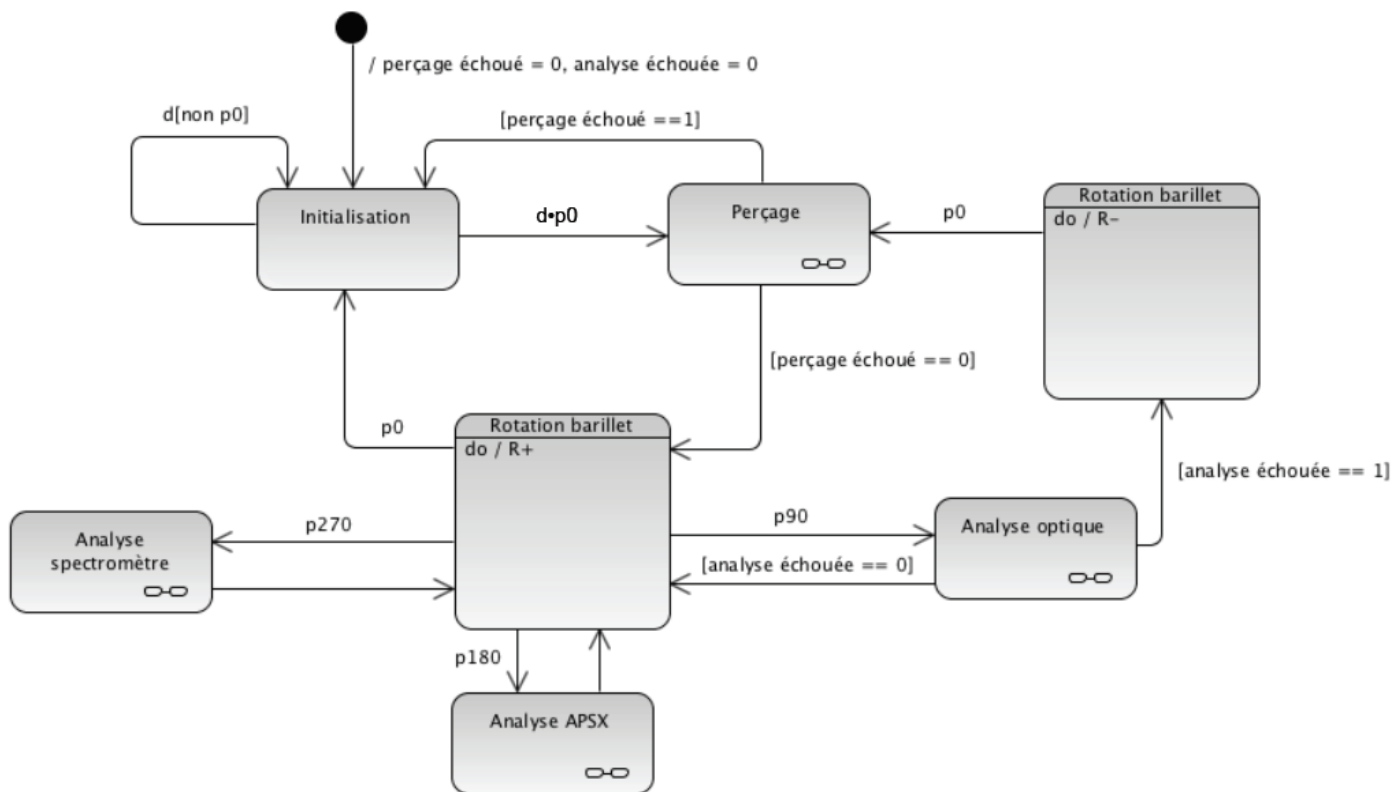


FIGURE 5 – Diagramme d'états décrivant le comportement du porte-outils

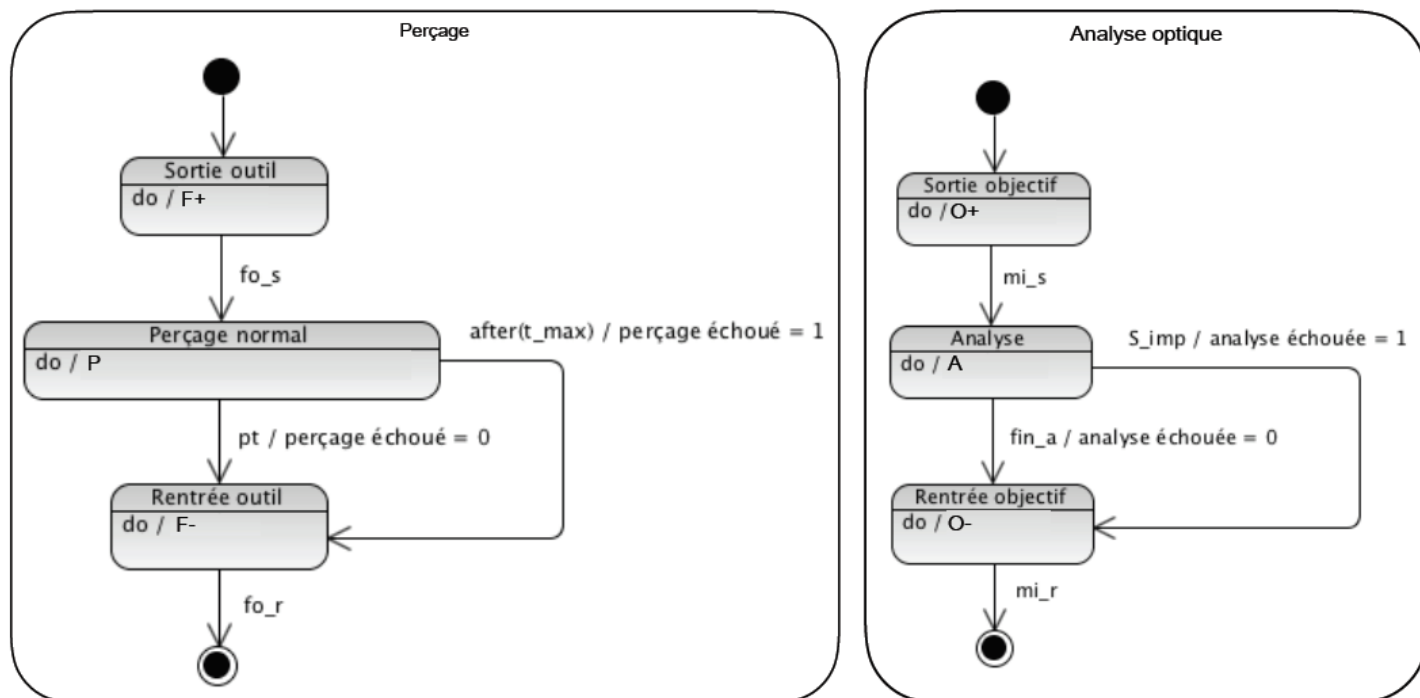
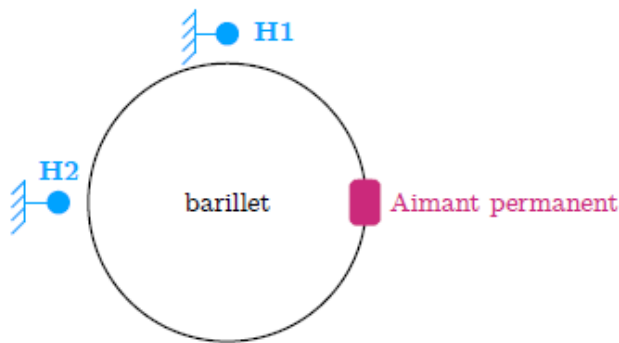


FIGURE 6 – États composites liés au diagramme de la figure 5

2.3 Validation du capteur d'angle du barillet



La position angulaire du barillet est déterminée par un capteur (voir figure 7) constitué de :

- un aimant permanent positionné sur le barillet ;
- deux détecteurs à effet Hall placés à 90° sur la partie fixe.

La position représentée sur la figure 7 est la position initiale (0° soit p_0 vraie).

FIGURE 7 – Schéma de principe du capteur d'angle du barillet

Objectif

Valider cette technologie et sa mise en œuvre vis-à-vis du besoin de connaître les positions angulaires 0° , 90° , 180° et 270° .

Après mise en forme des signaux issus des deux détecteurs, on obtient les signaux logiques h_1 et h_2 . La figure 8 représente leurs évolutions temporelles lors d'une rotation complète du barillet sur un tour à partir de la position initiale, effectuée à vitesse constante dans le sens positif. On note t_0 , t_{90} , t_{180} et t_{270} les instants correspondant au passage de l'aimant devant les positions angulaires 0° , 90° , 180° et 270° (respectivement).



FIGURE 8 – Évolution temporelle des variables associées aux détecteurs à effet Hall lors d'une rotation complète du barillet sur un tour, effectuée à vitesse constante dans le sens positif

Q7. Compléter les chronogrammes de la figure 16 du document réponses lors d'une rotation complète du barillet sur un tour, effectuée à vitesse constante dans le sens **négalif**. Faire apparaître les instants t_0 , t_{90} , t_{180} et t_{270} .

Q8. On peut alors écrire $p_0 = (a + b) \cdot \overline{h_2}$, $p_{90} = (c + d) \cdot h_1$, $p_{180} = (a + b) \cdot h_2$ et $p_{270} = (c + d) \cdot \overline{h_1}$ avec a , b , c , d des inconnues. Identifier a , b , c et d aux fronts montants $\uparrow h_1$, $\uparrow h_2$ ou descendants $\downarrow h_1$, $\downarrow h_2$.

On donne figure 9 le logigramme représentant l'une des positions angulaires du barillet (p_0 , p_{90} , p_{180} ou p_{270}). La figure 10 détaille la porte NON-ET utilisée dans la figure 9.

Q9. En s'appuyant sur la figure 10, exprimer la sortie S en fonction de $\overline{e_1}$ et $\overline{e_2}$. Citer le théorème utilisé.

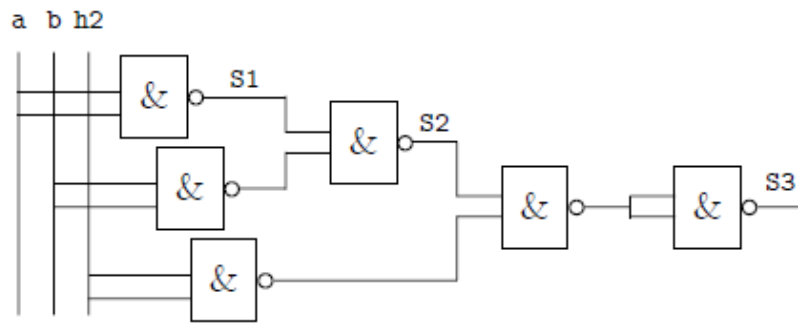


FIGURE 9 – Logigramme

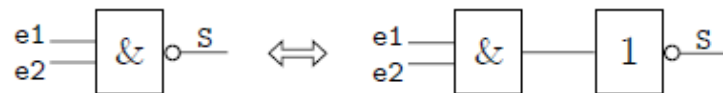


FIGURE 10 – Porte NON-ET (à gauche) et son équivalent (à droite) constitué d'une porte ET suivie d'une porte NON

Q10. En déduire l'expression de S_1 , variable définie sur la figure 9. Écrire alors S_2 en fonction de a et b .

Q11. Exprimer enfin S_3 en fonction de a , b , h_2 ou leurs complémentaires. Quelle position angulaire représente le schéma de la figure 9 ?

Documents réponses

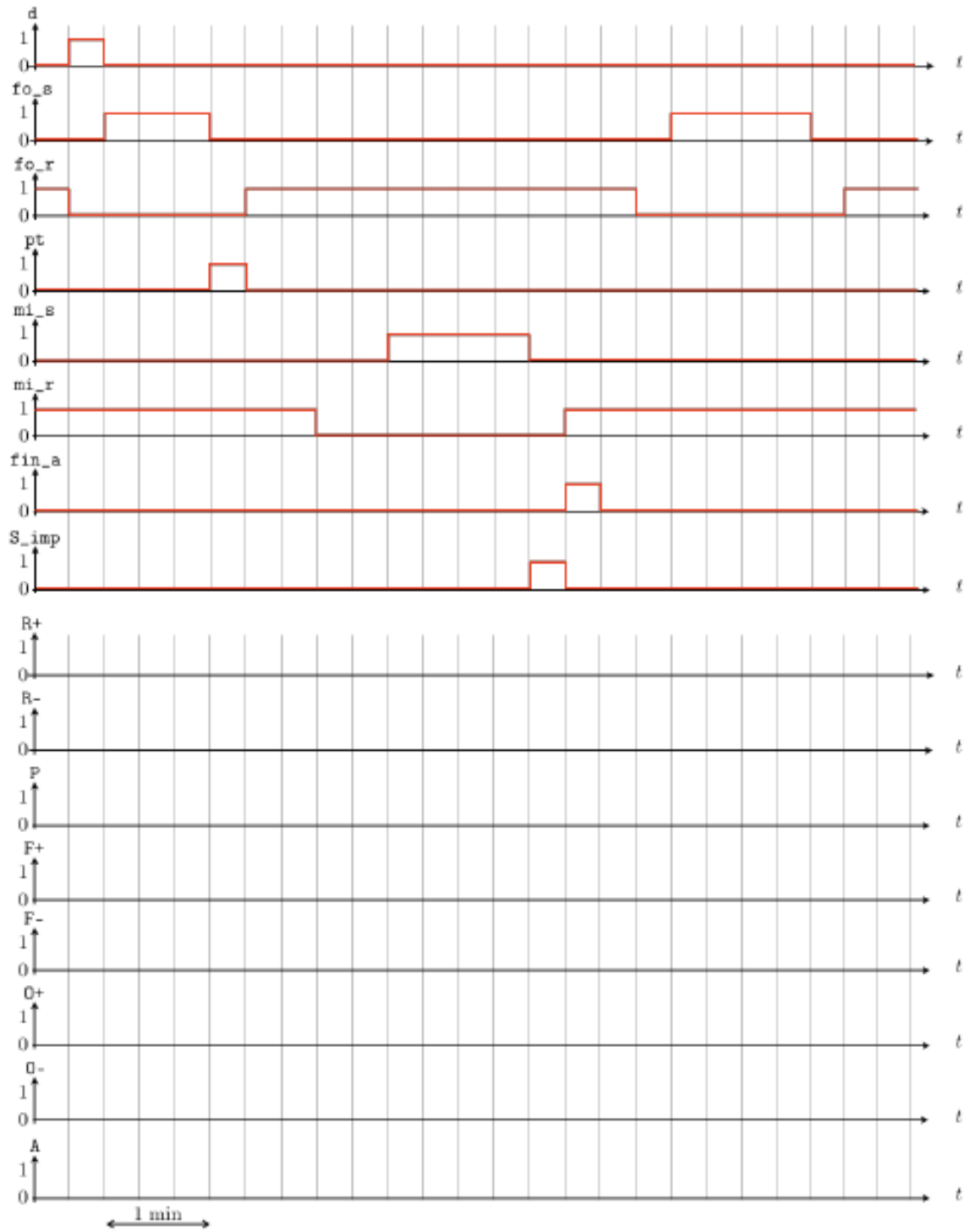


FIGURE 15 – Chronogrammes à compléter

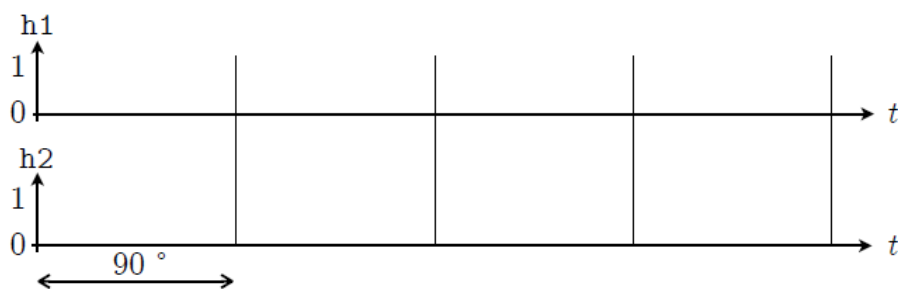


FIGURE 16 – Sens négatif