

# 6 Exercices S.E.D.

A3 Appréhender les analyses fonctionnelle et structurelle	Savoir-faire
Systèmes à événements discrets : <ul style="list-style-type: none"> <li>• diagramme d'états</li> <li>• Chronogramme</li> </ul>	Interpréter tout ou partie de l'évolution temporelle d'un système Représenter tout ou partie de l'évolution temporelle
B2 Proposer un modèle de connaissance et de comportement	Savoir-faire
Systèmes à événements discrets : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chronogramme</li> </ul>	Représenter tout ou partie de l'évolution temporelle

## Table des matières

6.1 Réveil matin : .....	2
6.2 Montre à affichage numérique : .....	2
6.3 Correcteur de phare Présentation : .....	3
6.4 Chariot de pont roulant .....	5
6.5 coffre motorisé : .....	6
6.6 Station d'épuration : .....	8
6.7 Robot martien Spirit : Commande de la prospection (D'après X-ENS PSI 2005).....	10
Document réponse : .....	15
Exercice 6.5 : .....	15
Exercice 6.6 : .....	15
Exercice 6.7 : .....	16

## 6.1 Réveil matin :

Considérons un réveil-matin simplifié :

- on peut mettre l'alarme « on » ou « off » ;
- quand l'heure courante devient égale à l'heure d'alarme, le réveil sonne sans s'arrêter ;
- on peut interrompre la sonnerie.

**Q1.**Déterminer le nombre d'états possibles pris par le réveil.

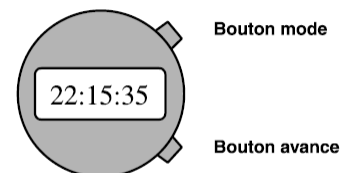
**Q2.** Quels sont les événements qui produisent un changement d'état ?

**Q3.** Tracer le diagramme d'états correspondant.

**Q4.** Complétez le diagramme d'états précédent pour prendre en compte le fait que la sonnerie du réveil s'arrête d'elle-même au bout d'un certain temps.

## 6.2 Montre à affichage numérique :

- Le mode courant est le mode «Affichage».
- Quand on appuie une fois sur le bouton mode, la montre passe en «modification heure». Chaque pression sur le bouton avance incrémente l'heure d'une unité.
- Quand on appuie une nouvelle fois sur le bouton mode, la montre passe en «modification minute». Chaque pression sur le bouton avance incrémente les minutes d'une unité.
- Quand on appuie une nouvelle fois sur le bouton mode, la montre repasse en mode «Affichage».



**Q1.** Tracer le diagramme d'états correspondant.

**Q2.** Ajoutez le comportement suivant : quand on appuie sur le bouton avance plus de deux secondes, les heures (ou les minutes) s'incrémentent rapidement jusqu'à ce qu'il se produise un relâchement dans la pression du bouton.

On ajoute maintenant à cette dernière deux autres boutons :

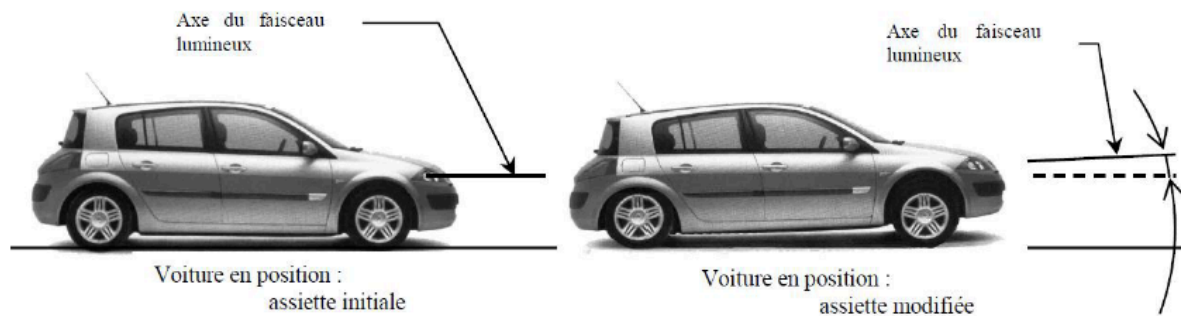
- un bouton éclairage ; en le pressant on éclaire le cadran de la montre, jusqu'à ce qu'on le relâche ;
- un bouton alarme, qui ajoute à la montre digitale une fonctionnalité classique d'alarme, comme cela a été décrit lors du premier exercice .



**Q3.** Redessinez le diagramme d'états complet incluant tous les comportements de la montre.

### 6.3 Correcteur de phare :

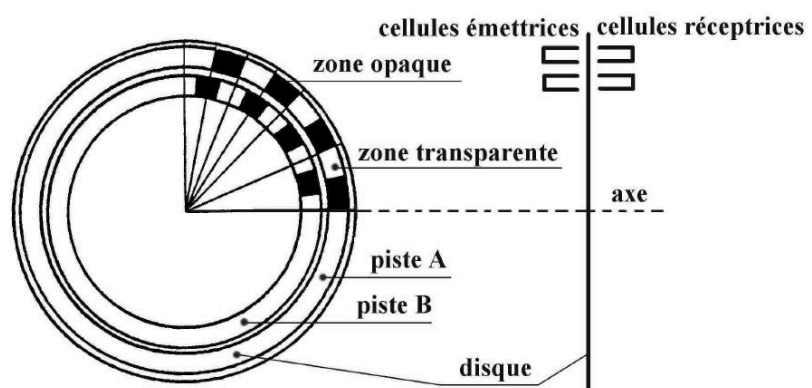
L'assiette d'un véhicule se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres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



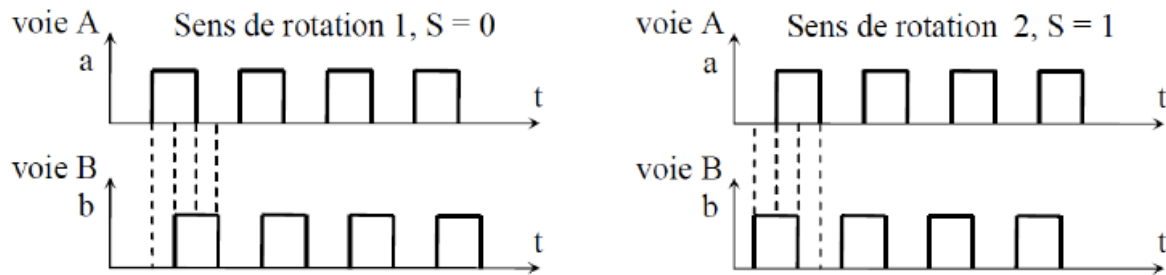
Certaines voitures, équipées d'un système de correction de la portée des phares, utilisent des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Le dispositif étudié est un correcteur de portée statique, qui ne corrige la portée que lorsque le véhicule est à l'arrêt. Il conserve cette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



Il est donc possible pour le calculateur de connaître non seulement l'amplitude de la correction à apporter (nombre de changements d'état des variables « a » et « b ») mais aussi dans quel sens (fonction logique « S », avance de phase ou retard de phase).

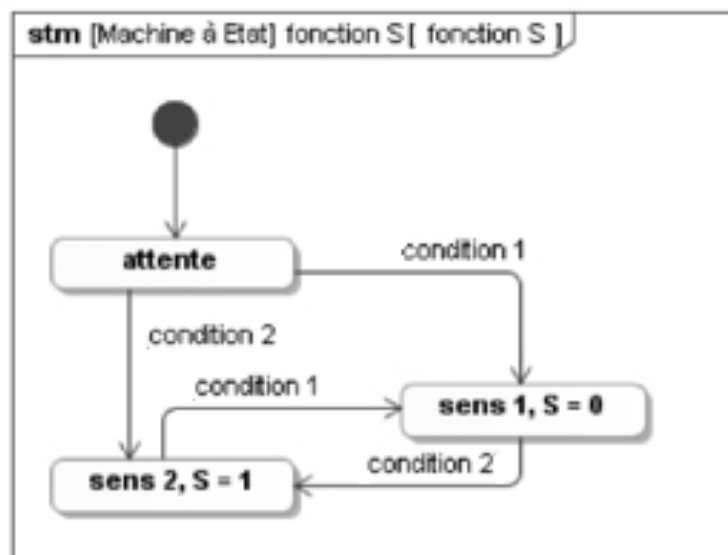
**Travail demandé :**

**Q1.** Donner les « condition 1 » et « condition 2 » du diagramme d'état défini ci-dessous. On pourra utiliser les notations de front montant ( $\uparrow$ ) et de front descendant ( $\downarrow$ ).

**Q2.** Modifier le diagramme d'état 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.



## 6.4 Chariot de pont roulant

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

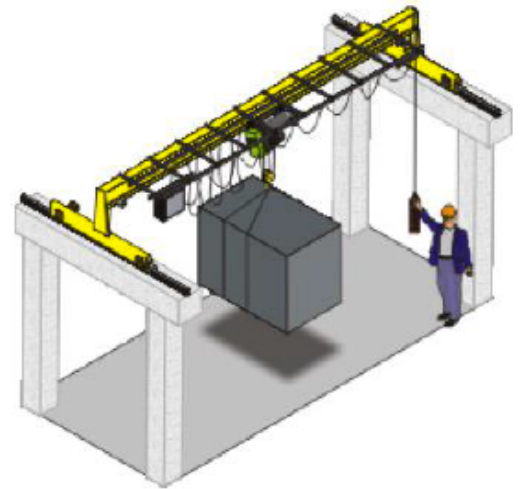
Elles sont déplacées à l'aide d'un chariot de pont roulant posé sur deux poutres.

Variables d'entrées :  $d_{cy}$ ,  $cg$ ,  $cd$

- $d_{cy}=1$  : départ de cycle ;
- $cg=1$  : chariot à gauche ;
- $cd=1$  : chariot à droite.

Variables de sorties :  $G, D$

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



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.

### Travail demandé

**Q1.** Dresser la table de vérité du système décrit ci-dessus. Le système est-il séquentiel ou combinatoire ?

**Q2.** Indiquer le nombre d'états possibles du système. Décrire ces états.

**Q3.** Réaliser le diagramme d'état du système.

## 6.5 coffre motorisé :

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.



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

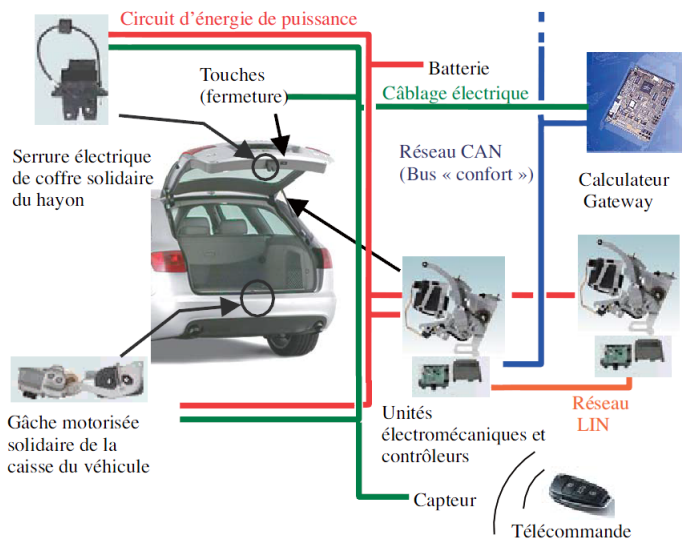


Figure 1 - Schéma d'implantation.

Le contrôleur commande le moteur et l'embrayage de l'unité électromécanique en fonction des informations provenant essentiellement du calculateur. Le graphe d'états partiel décrivant le fonctionnement et implémenté dans le contrôleur maître est donné page suivante.

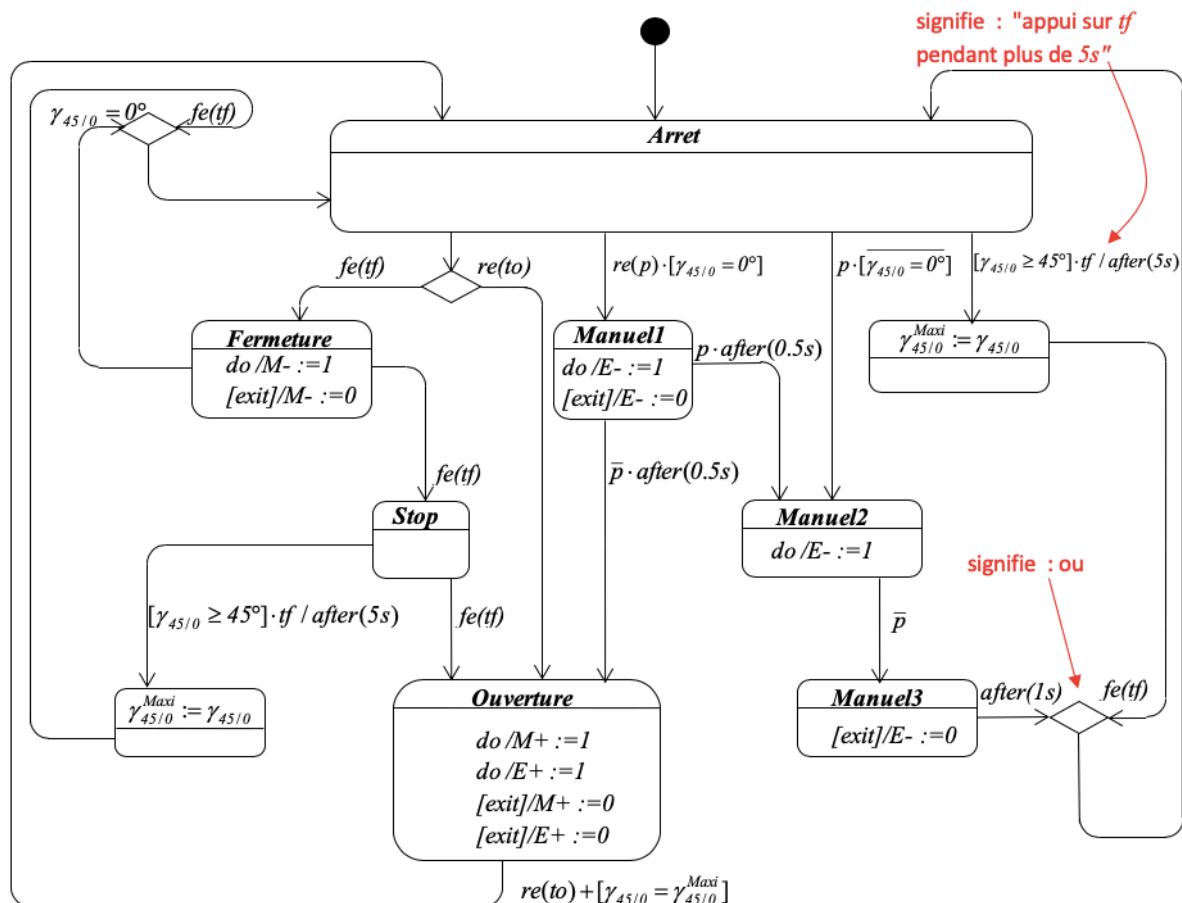
Description des entrées du graphe d'états :

- Des capteurs angulaires à effet Hall permettent de mesurer la position angulaire  $\gamma_{45/0}$  du hayon. Les positions limites basse et haute du hayon valent respectivement  $\gamma_{45/0} = 0$  (coffre fermé) et  $\gamma_{45/0}^{\max i}$  (coffre ouvert). On suppose qu'en mode automatique la vitesse de  $20^\circ/s$  en ouverture ou en fermeture du hayon est atteinte instantanément.
- Le calculateur délivre les informations binaires :
  - $to = 1$  si une pression est exercée sur l'une des touches d'ouverture automatique ;
  - $tf = 1$  si une pression est exercée sur la touche de fermeture située sur la face interne du hayon ;
  - $p = 1$  si l'utilisateur agit directement sur la poignée du hayon.

Description des sorties du graphe d'états :

- L'ouverture et la fermeture automatique du hayon sont réalisées par un moteur électrique à courant continu et à aimants permanents alimenté par un hacheur quatre quadrants ( $M+$ : ouvrir le hayon,  $M-$ : fermer le hayon).

- La modulation du couple transmissible par l'embrayage s'obtient en modifiant la pression de contact sur la garniture du disque d'embrayage. Cette pression est fonction de l'intensité du champ magnétique résultant d'un aimant permanent et d'un électroaimant ( $E$ ). En phase d'ouverture automatique, le champ magnétique de l'électroaimant ( $E+$ ) vient s'ajouter à celui de l'aimant permanent, alors qu'en phase de fermeture automatique, l'électroaimant n'est pas alimenté. Dans le cas d'une manœuvre manuelle du hayon, le moteur est désaccouplé grâce au champ magnétique de l'électroaimant ( $E-$ ) qui s'oppose à celui de l'aimant permanent.



**Q1.** Compléter, feuille réponse, le chronogramme d'évolution du graphe sachant qu'à l'instant initial, le coffre est fermé et que la valeur préprogrammée de  $\gamma_{45/0}^{maxi}$  est de  $90^\circ$

**Nota :**

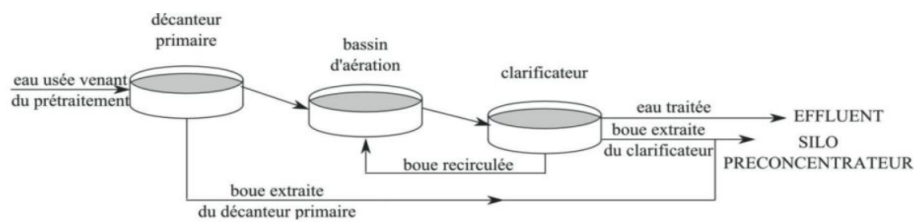
- $fe(var) = 1$  quand var passe de 1 à 0 (falling edge = front descendant) ;
- $re(var) = 1$  quand var passe de 0 à 1 (raising edge = front montant).

Ce chronogramme laisse apparaître que l'utilisateur a modifié la valeur de  $\gamma_{45/0}^{maxi}$

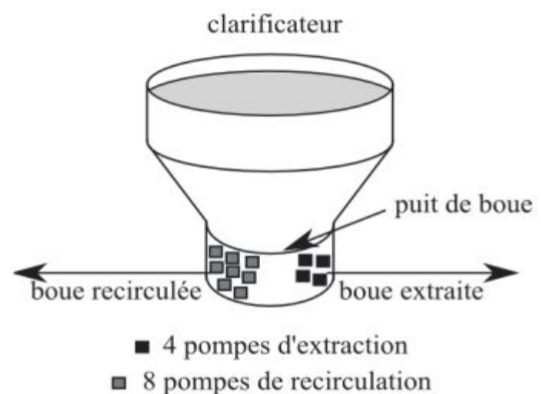
**Q2.** Quelle est la nouvelle valeur de  $\gamma_{45/0}^{maxi}$  ? Comment l'utilisateur doit-il procéder afin d'augmenter

$\gamma_{45/0}^{maxi}$

## 6.6 Station d'épuration :



Après le passage dans le bassin de décantation primaire, les eaux passent dans le bassin d'aération où de l'air sous pression est injecté. L'oxygène de l'air permet aux bactéries contenues dans les boues de se développer en se nourrissant des matières organiques dissoutes. Le produit séjourne ensuite dans le clarificateur. Les bactéries tombent au fond du bassin et forment des boues. Un racleur (non représenté sur la figure) achemine ces boues vers le centre du clarificateur qui dispose d'un creux appelé « puits de boue ».



Ce « puits de boue » est équipé de 8 pompes immergées (dont 2 de secours) destinées à la recirculation des boues vers le bassin d'aération. Il est également équipé de 4 pompes immergées (dont 2 de secours) pour l'extraction des boues en excès vers le silo pré-concentrateur.

- Les pompes destinées à la recirculation ont un débit de  $214 \text{ m}^3/\text{h}$  chacune,
- les pompes destinées à l'extraction ont un débit de  $34 \text{ m}^3/\text{h}$  chacune.

On supposera que dans la phase de vie «fonctionnement journalier sans intempérie exceptionnelle», les pompes de secours ne fonctionnent pas.

Le cahier des charges impose :

- un débit de recirculation moyen horaire  $320 \text{ m}^3/\text{h} \pm 10 \%$
- un débit d'extraction moyen horaire  $11 \text{ m}^3/\text{h} \pm 10 \%$ .

### Gestion de l'extraction du clarificateur :

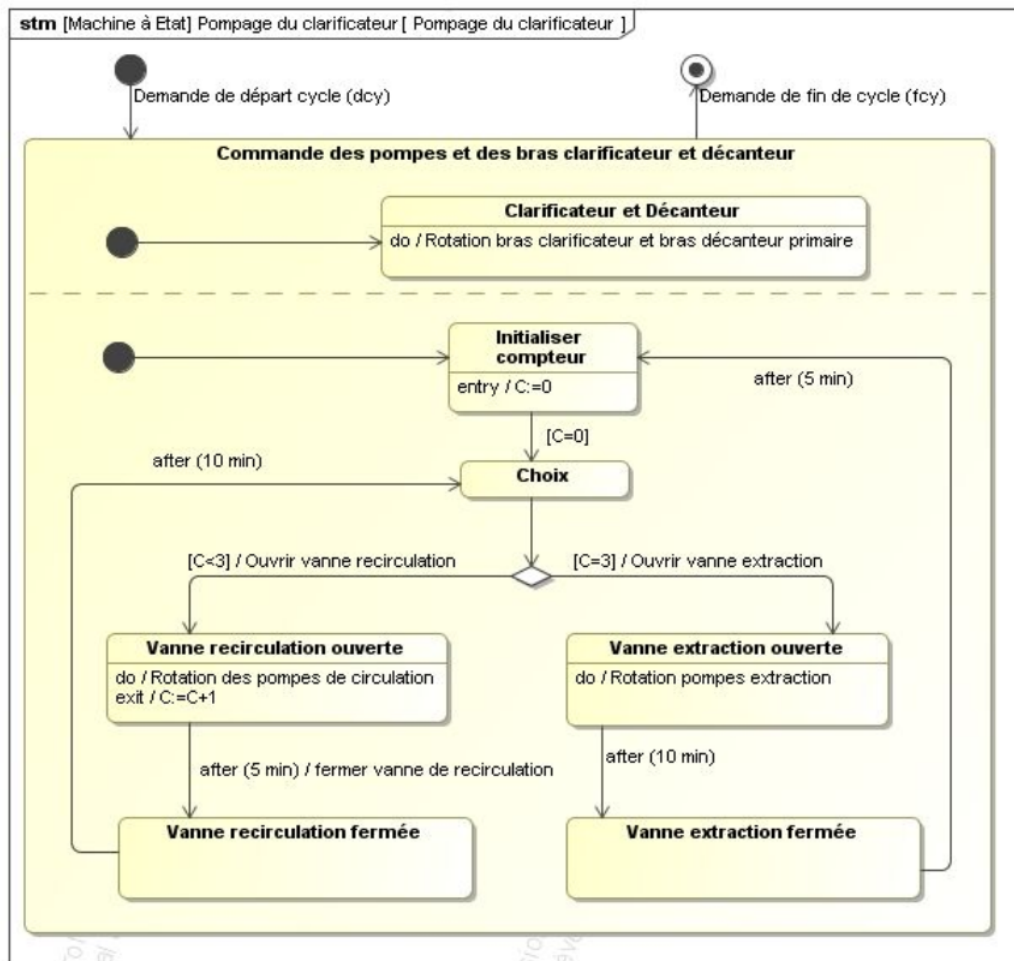
Pour pouvoir valider le débit des pompes, il faut en connaître la durée de fonctionnement moyenne horaire. Pour cela, il faudra calculer le temps de fonctionnement sur un cycle de « recirculation-extraction ».

Le cycle de « recirculation – extraction » commence dès la mise en fonctionnement du système ( $dcy$ ) et peut être interrompu avec la demande de fin de cycle ( $fcy$ ). Les durées des actions d'ouverture et de fermeture des vannes et de mises en rotation des différents éléments sont négligeables devant les temporisations.

**Q1.** Compléter le chronogramme du document réponse pour la durée d'un cycle « recirculation – extraction » et indiquer cette durée.

**Q2.** Dédurre des chronogrammes la durée horaire moyenne de fonctionnement des pompes de recirculation et d'extraction. Connaissant le nombre et le débit des pompes, en déduire le débit moyen de recirculation et d'extraction et vérifier le cahier des charges.



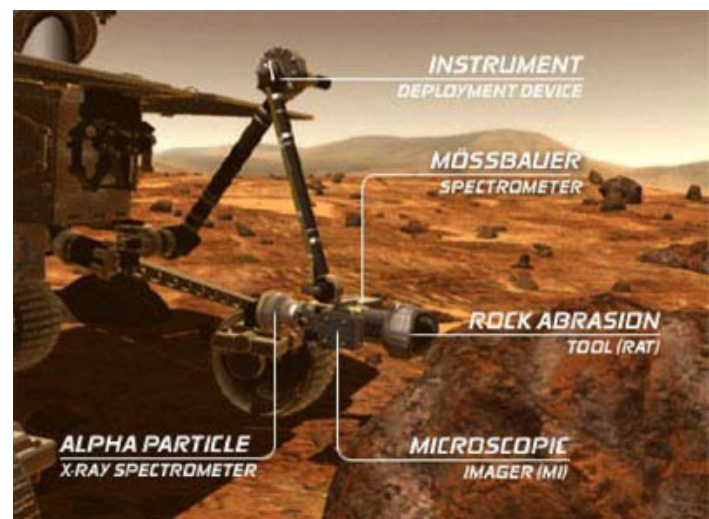


## 6.7 Robot martien Spirit<sup>1</sup> : Commande de la prospection (D'après X-ENS PSI 2005)



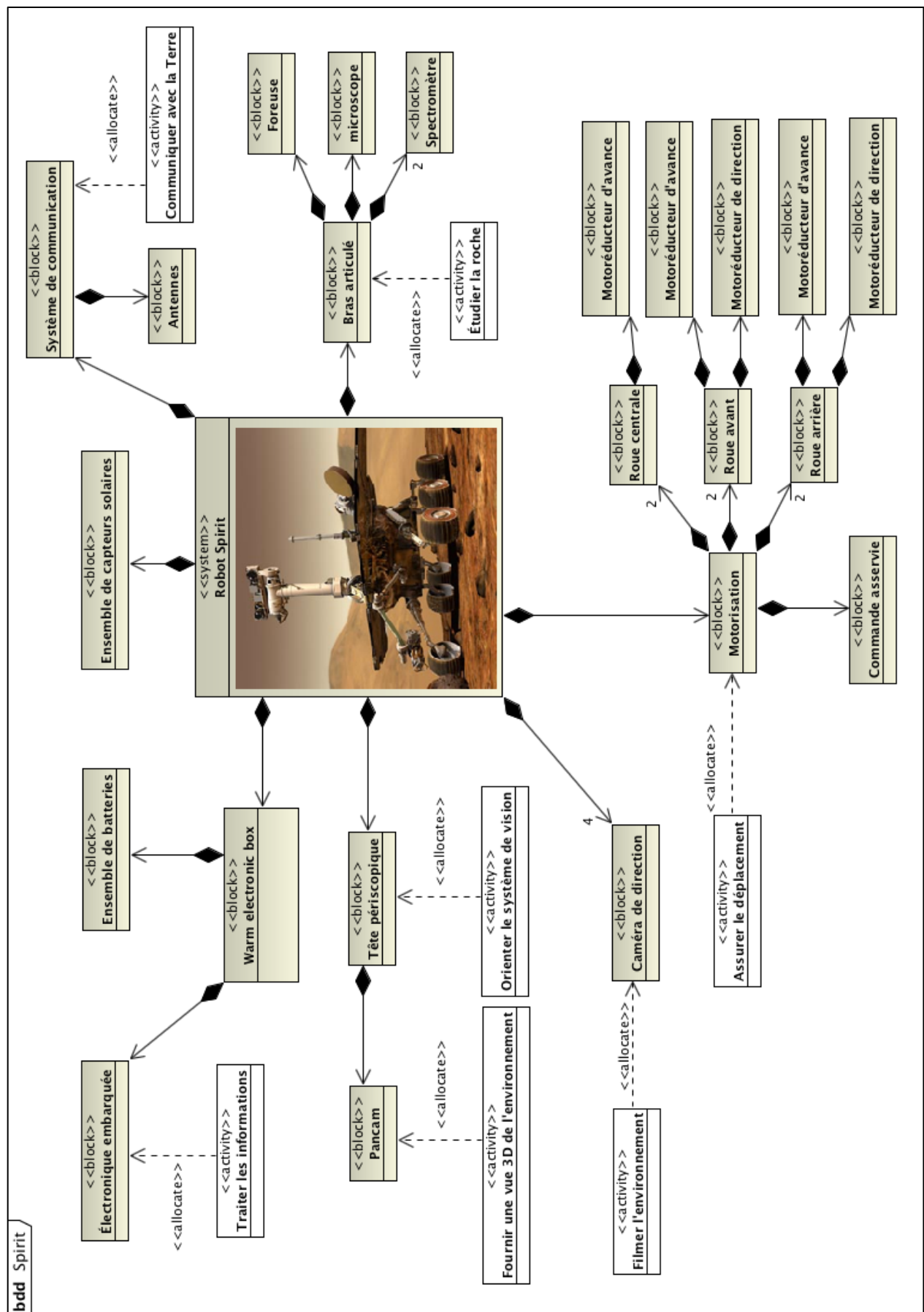
Le robot SPIRIT a été conçu par la NASA pour étudier la composition chimique de la surface de la planète Mars. Les principaux composants de ce robot sont :

- 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.



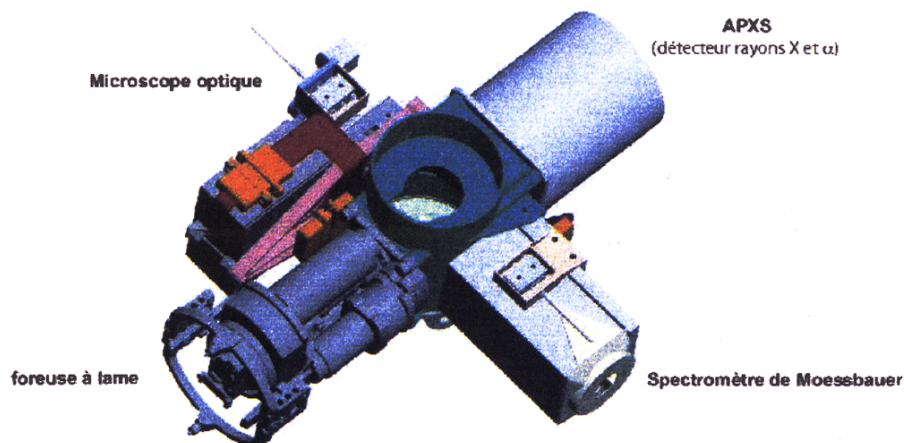
<sup>1</sup> D'après un TD d'Olivier Le Gallo

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 APXS (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  $Fe^{3+}$ .



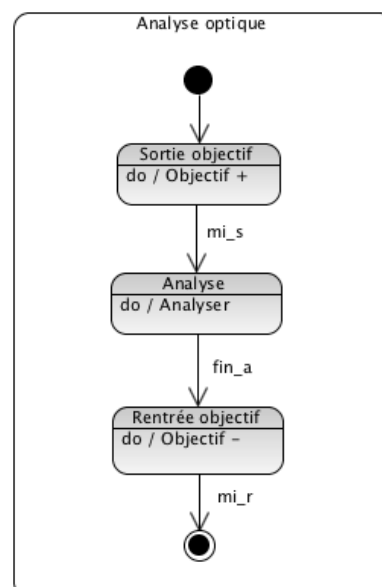
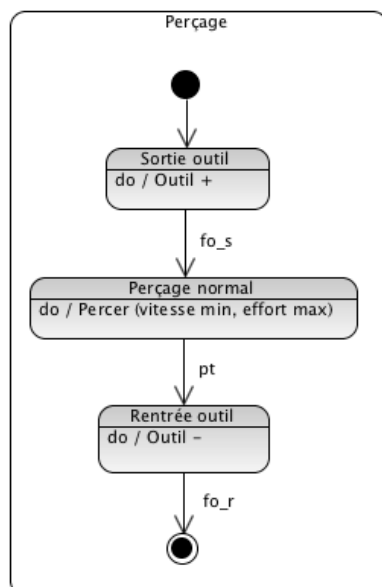
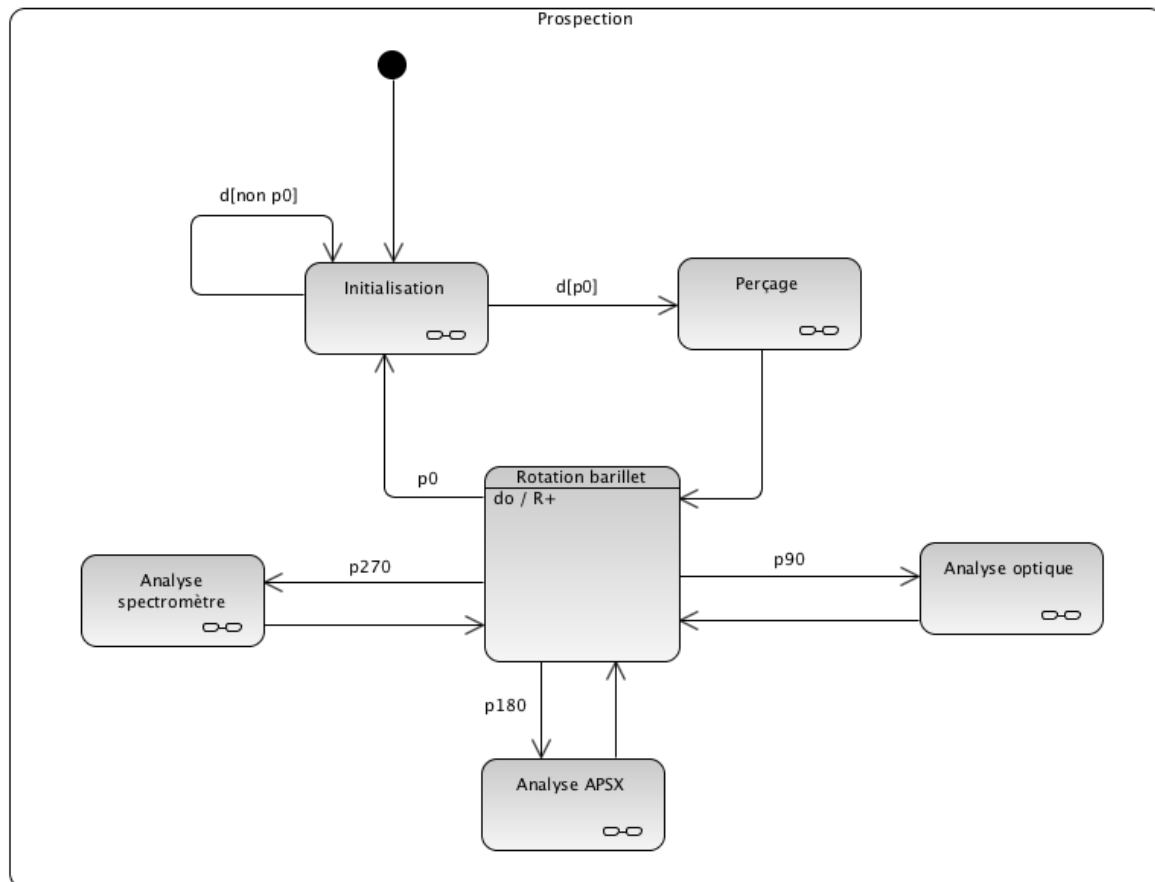
Initialement, la foreuse se trouve face à la surface à étudier (la position du barillet est mesurée par un capteur angulaire). Le déroulement normal d'une phase de prospection est spécifié par le diagramme d'états page suivante.

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, APXS 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 APXS 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.

Les réponses sont à apporter sur le document-réponses en fin de document :

**Q1.** 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.

**Q2.** Modifier le diagramme de prospection en conséquence pour que, dans le cas d'un échec du perçage, le système revienne en situation initiale.

**Q3.** 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 :

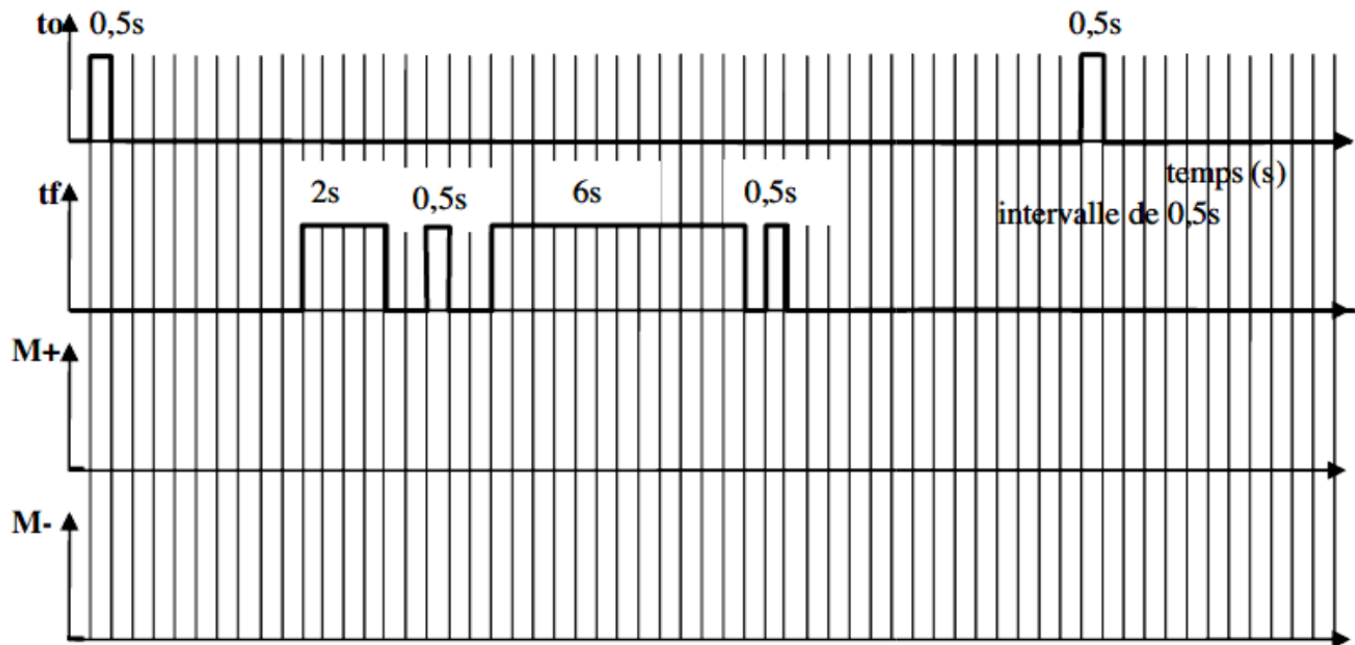
- renoncer à l'analyse optique si l'information *S\_imp* est reçue ;
- créer une variable « *analyse échouée* » telle que :
  - *analyse échouée* = 0 si l'analyse est réussie
  - *analyse échouée* = 1 en cas d'échec.

**Q4.** 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.

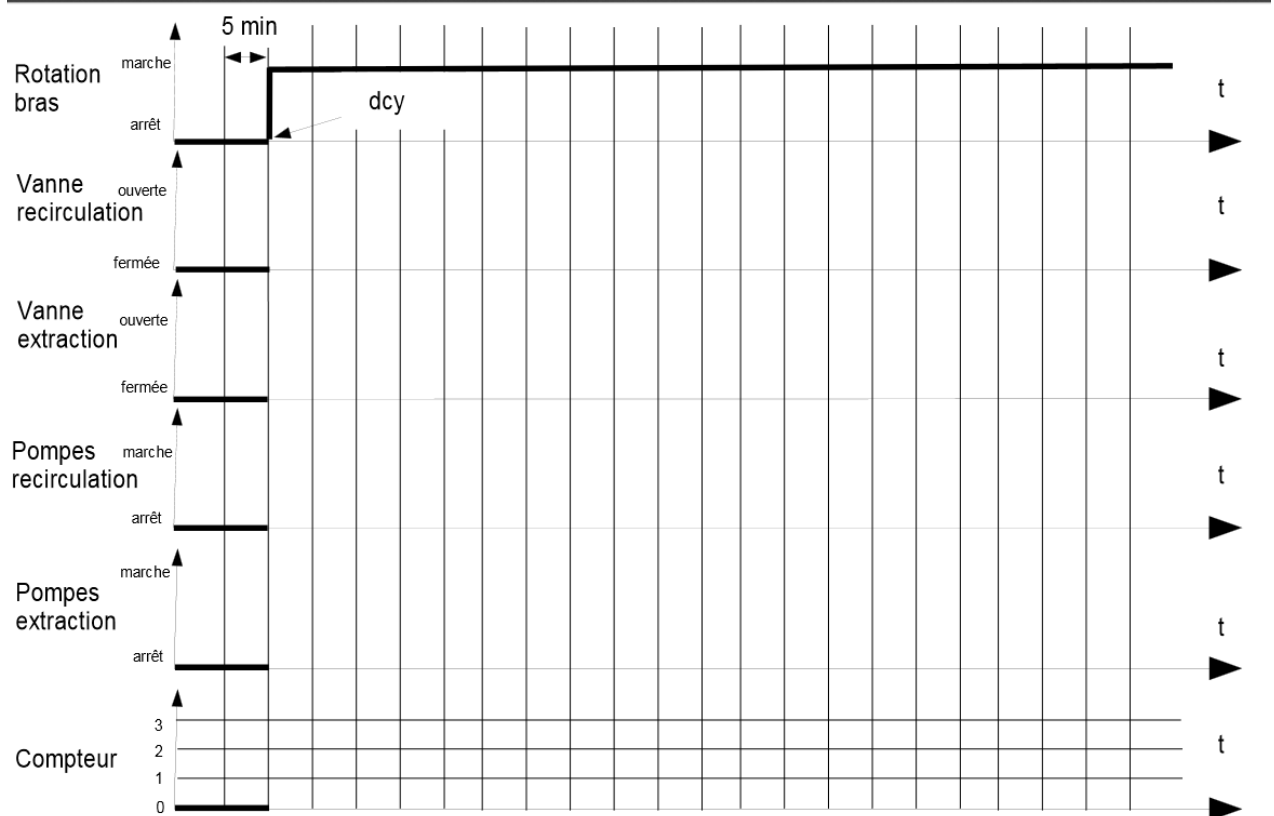
**Q5.** Modifier pour finir l'état composite de perçage de manière à ce que les conditions de forage correspondent à la façon dont cet état a été activé : *perçage normal* (*vitesse min*, *effort max*) ou *perçage fin* (*vitesse max*, *effort min*) s'il s'agit d'améliorer la surface.

## Document réponse :

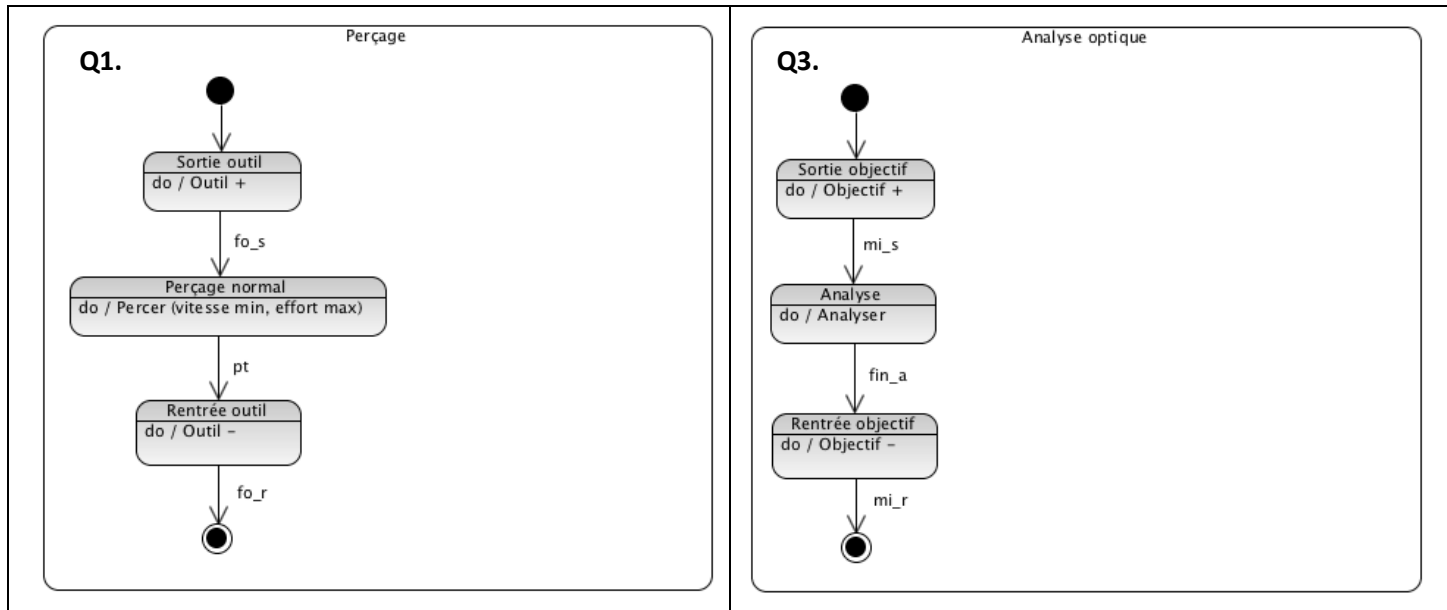
### Exercice 6.5 :



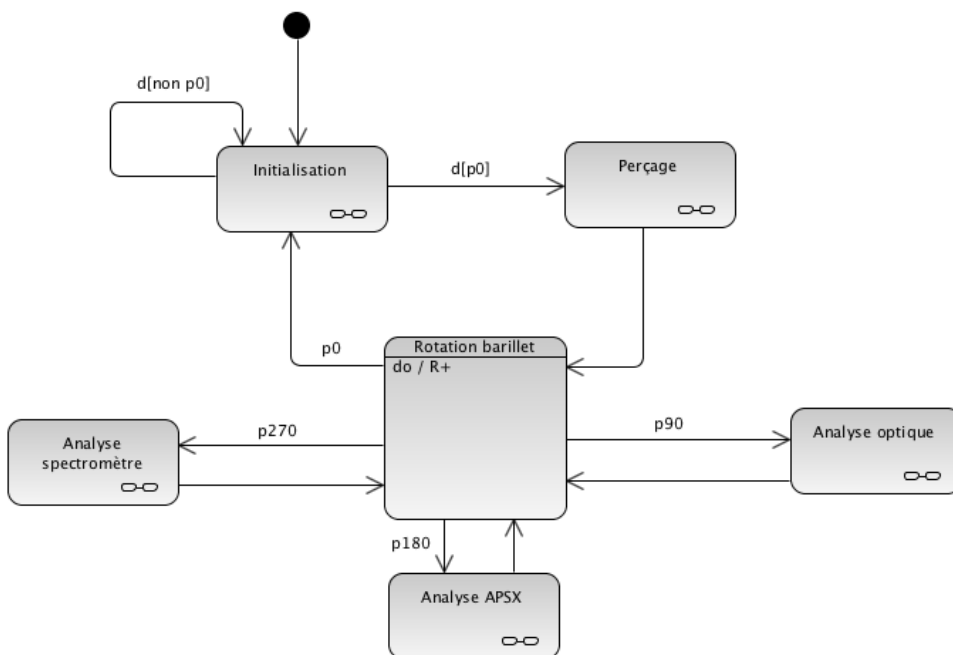
### Exercice 6.6 :



## Exercice 6.7 :



## Q2 et Q4





## Perçage

