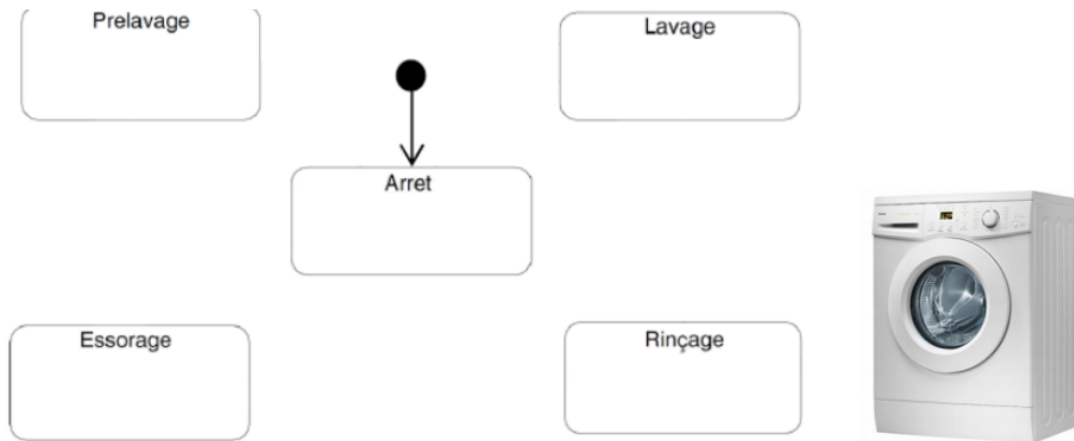




# EXERCICES

## 1 Machine à laver le linge

On donne ci-dessous le diagramme d'états incomplet d'une machine à laver le linge.



Les variables d'entrée sont ici les informations suivantes :

- $m$  : bouton marche/arrêt du lave-linge ;  $m = 1$  indique marche.
- $p$  : bouton qui indique si le programme du lavage sélectionné par l'utilisateur comporte ou non une phase de pré-lavage.

Les durées des différentes étapes du lavage sont fixées par le constructeur : pré-lavage : 10 minutes ; lavage : 30 minutes ; rinçage : 10 minutes ; essorage : 5 minutes.

**Q1** Compléter le graphe des états avec les transitions et les événements déclencheurs.

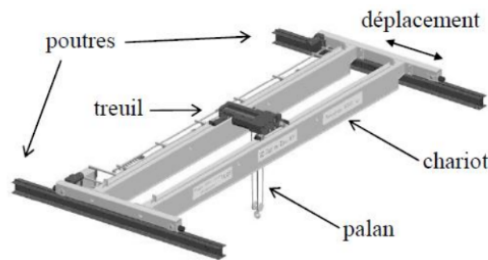
Il reste ensuite à définir les variables de sorties, pour lancer les actions :

- $Cmd\_m$  égale à 1 si le moteur doit tourner, sinon 0 ; La commande électrique du moteur est réalisée par un interrupteur bistable.
- Vitesse : égale à 0 à l'arrêt ; 1000tr/min en pré-lavage, en lavage et en rinçage ; 1400tr/min en essorage. Une fois le réglage imposé, celui-ci reste en place jusqu'à nouvel ordre.

**Q2** Compléter les états avec les actions à lancer.

**Q3** Compléter ce graphe d'états afin de pouvoir interrompre le cycle du lave-linge quel que soit l'état actif de celui-ci. La variable d'entrée associée à la demande d'arrêt est la variable binaire stop.

## 2 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 de sorties : vecteur d'état  $(G, D)$

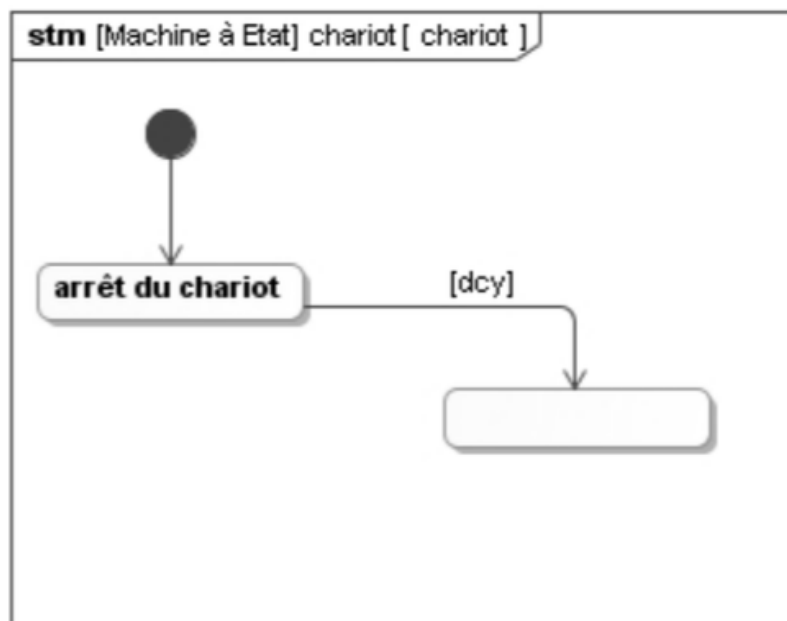
- $G = 0, D = 1$  : déplacement de gauche vers droite,
- $G = 1, D = 0$  : déplacement de droite vers gauche,
- $G = 0, D = 0$  : arrêt du chariot,
- $G = 1, D = 1$  : combinaison interdite.

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

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

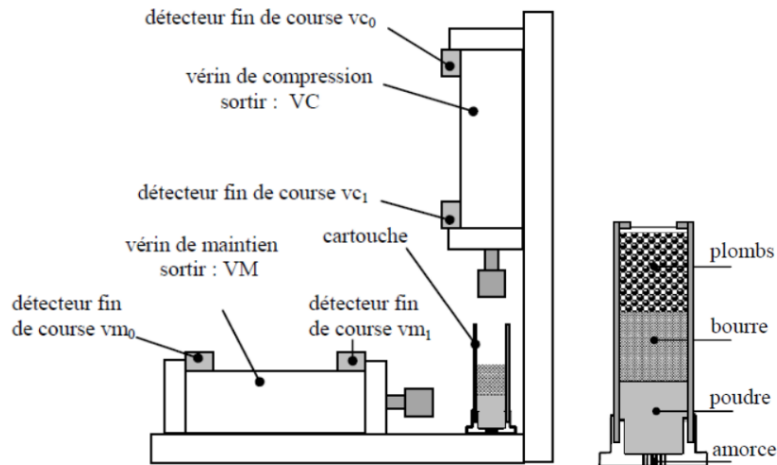
Initialement, le chariot est à gauche. L'appui sur départ cycle n'a d'effet que si le chariot est à gauche. Le cycle nominal comprend un déplacement à droite, puis un retour à gauche.

- Q4 Dresser la table de vérité du système décrit ci-dessus.
- Q5 Le système est-il séquentiel ou combinatoire ?
- Q6 Indiquer le nombre d'états possibles du système.
- Q7 Compléter le diagramme d'états du système ci-dessous.



### 3 Poste de compression de cartouches de chasse

On s'intéresse à un cycle de fonctionnement à deux vérins caractérisant le comportement d'un poste de compression de cartouches de chasse.



Le système étudié doit permettre par l'intermédiaire de deux vérins, les opérations de maintien et de compression d'une cartouche de chasse.

L'opération de compression consiste à enfoncer une bourre dans le fond de la cartouche au dessus de la poudre.

Les bourres d'une part et les cartouches d'autre part sont amenées par un système de transfert dont cette étude ne fait pas l'objet.

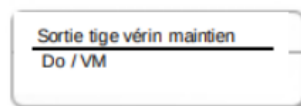
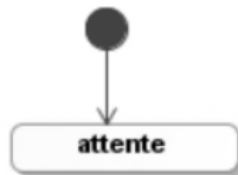
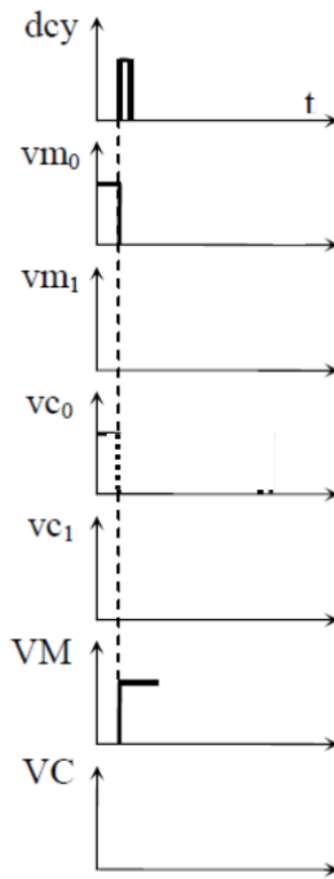
Cycle de fonctionnement : Dès que le départ cycle est donné, le vérin de maintien vient plaquer la cartouche contre un appui afin de la maintenir.

Le vérin de compression enfonce alors les bourres dans le fond de l'étui de la cartouche. Il se retire et simultanément, le vérin de maintien libère la cartouche afin qu'elle soit évacuée. On utilise :

- un bouton poussoir de départ cycle «dcy»,
- un vérin simple effet comme vérin de maintien (préactionneur monostable : ordre de sortie «VM»), et détecteurs fin de course «vm0»(tige rentrée) et «vm1»(tige sortie) ;
- un vérin simple effet comme vérin de compression (préactionneur monostable : ordre de sortie « VC "), et détecteurs fin de course «vc0" (tige rentrée) et «vc1" (tige sortie).

**Q8** Compléter le chronogramme (page suivante) décrivant un cycle de fonctionnement normal.

**Q9** Compléter le diagramme d'états du système page suivante.



## 4 Automate d'exploration de l'hémostase

### 4.1 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

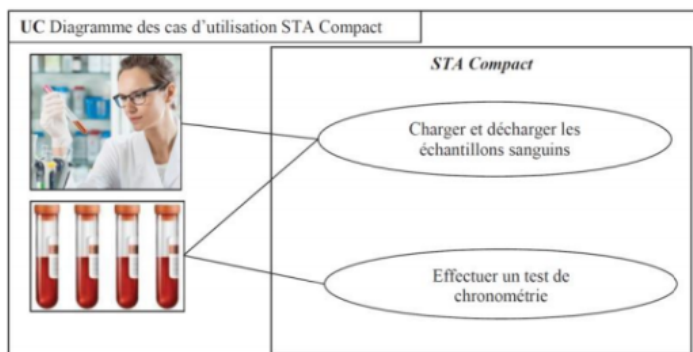


Figure 2 : Cas d'utilisation du STA Compact

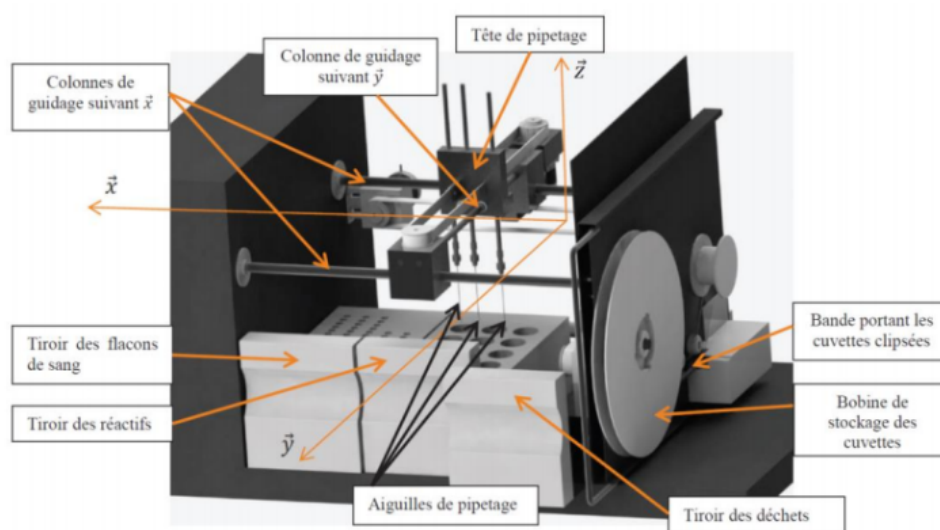


Figure 3 : Structure interne du STA Compact

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.

### Objectif

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

## 4.2 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).

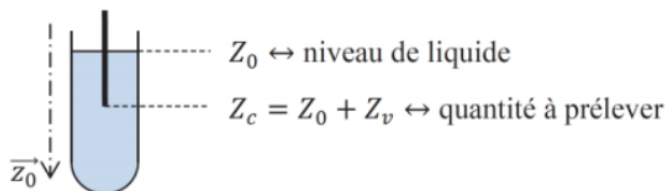


Figure 4 : Flacon et seringue

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  $N_{iv}$ ). Lorsque l'aiguille est en contact avec le liquide,  $N_{iv} = 1$  et lorsque l'aiguille est en contact avec l'air  $N_{iv} = 0$ . Le niveau est donc détecté lors des changements d'état de la variable  $N_{iv}$ .

Un codeur incrémental, donnant 2000 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  $T_e = 10$  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 ci-dessous. Le mouvement vertical de la seringue est obtenu par :

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

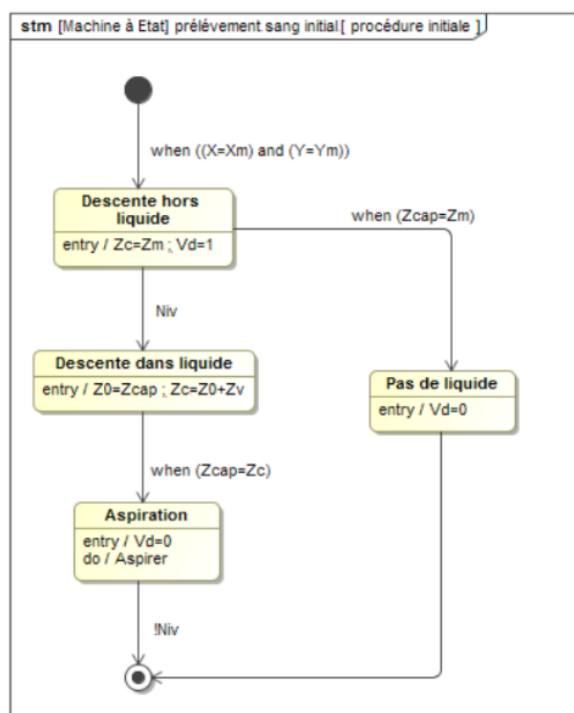


Figure 5 : Diagramme d'états (procédure initiale)

**Q10** 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.

**Q11** Compléter le chronogramme présent sur le document réponse, en prenant comme valeurs numériques  $Z_v = 10$  mm.

**Q12** 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  $\Delta Z_{mes}$ . 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 ( $-V_i$  en montée,  $+V_i$  en descente) et une vitesse rapide ( $-V_r$  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  $\Delta Z_{mes}$  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.

**Q13** 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  $N_{lent} = 1500\text{tr}/\text{min}$ . Le diamètre du flacon est  $D_f = 15$  mm

**Q14** Calculer la nouvelle erreur maximale de position  $\Delta Z'_{mes}$  l'application de cette nouvelle procédure. Donner l'erreur de volume correspondante.

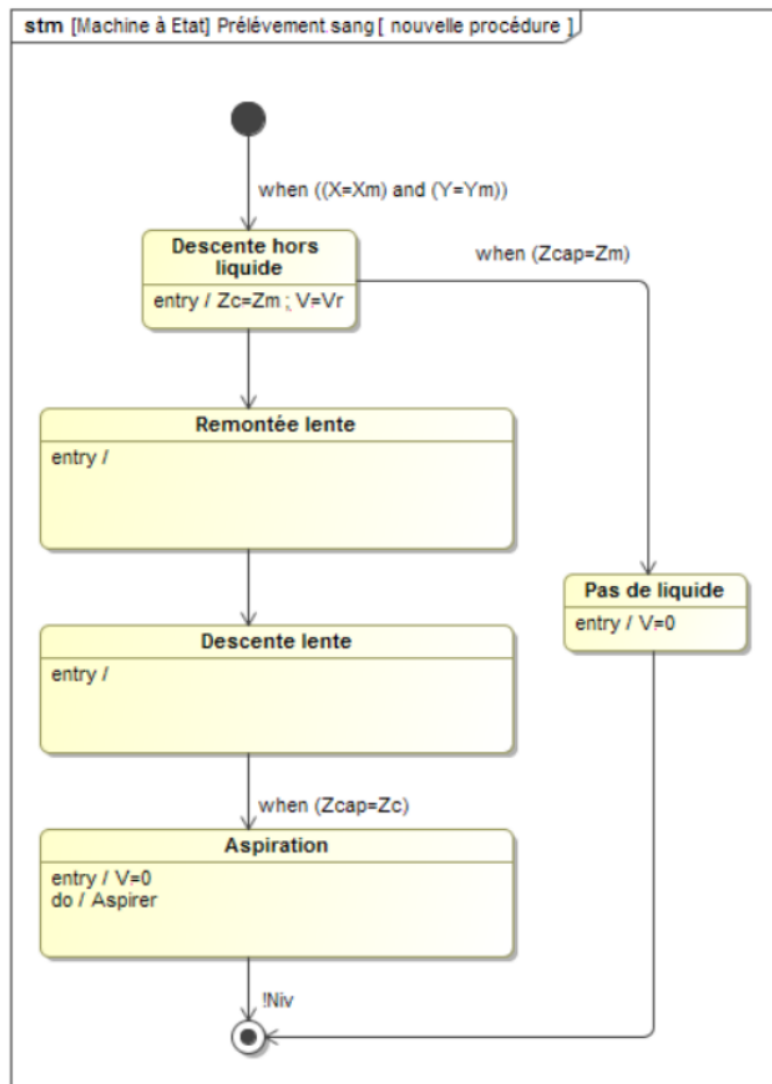
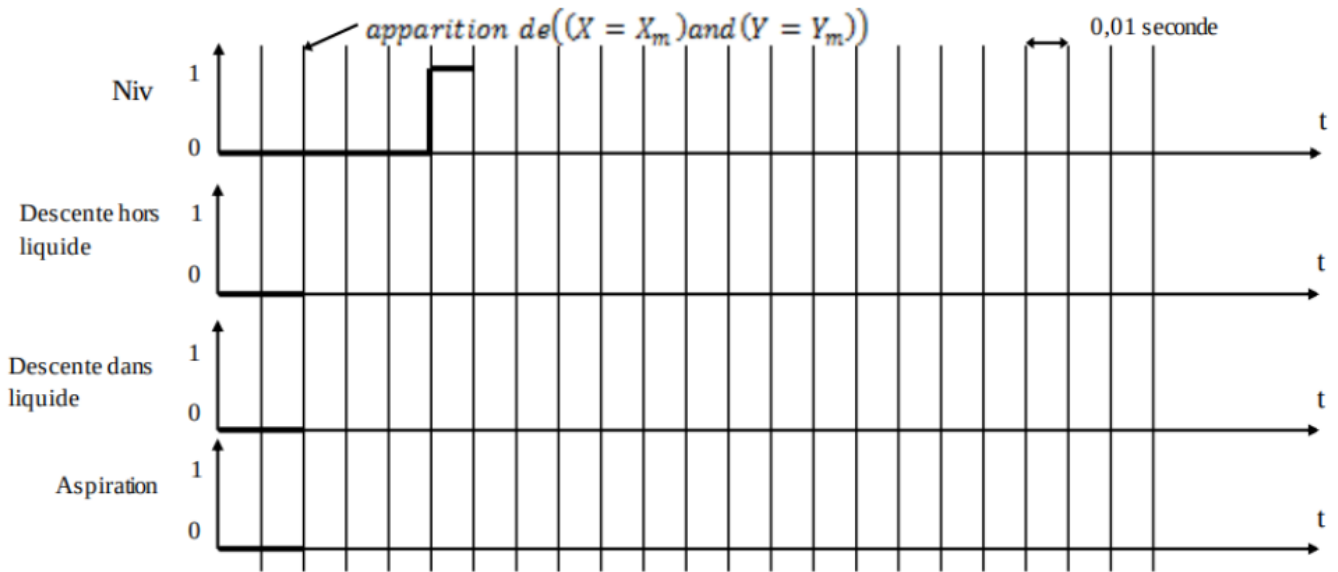


Figure 6 : Diagramme d'états (nouvelle procédure)