

Chaîne de pesage de l'Hémomixer



Présentation de l'épreuve et consignes

Cette épreuve, d'une durée totale de quatre heures, **n'est pas une épreuve écrite** : il n'est donc pas demandé de rédiger un compte-rendu.

Pendant toute la durée de l'épreuve, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème technique.

Cette épreuve s'articule en **quatre parties** clairement identifiées dans le texte.

Consignes générales

Lors de cette épreuve, la qualité de la prestation orale est évaluée :

- Pour illustrer la présentation, des dessins, schémas et graphes, élaborés avec soin pourront être utilisés.
- Aucun compte rendu n'est demandé.
- Il est conseillé de faire, au fur et à mesure de l'avancement, des copies d'écran des mesures obtenues pour les insérer dans un document numérique à sauvegarder régulièrement. Pour ce faire, les suites LibreOffice et/ou Microsoft Office sont disponibles.

Démarche d'ingénieur

Durant cette épreuve, le candidat sera amené à s'inscrire dans la démarche de l'ingénieur d'analyse et de résolution de problèmes sur un système complexe industriel telle qu'explicitée dans le programme officiel et qui comporte :

- trois domaines d'étude
 - o domaine du *commanditaire* avec des *performances souhaitées* ;
 - o domaine du *laboratoire* avec des *performances mesurées* ;
 - o domaine de la *simulation* avec des *performances estimées*.
- et trois écarts entre ces différents domaines.

Le candidat devra être capable de situer le domaine sur lequel l'étude en cours est menée.

Présentation du poste de travail

Pour l'ensemble des études, le matériel suivant est mis à disposition du candidat :

- L'Hémomixer et le boitier de pilotage de la pompe et du système via un arduino,
- Un poste de travail informatique comprenant :
 - L'interface PC Hémomixer  permettant de piloter l'Hémomixer, d'affecter les valeurs des paramètres du système et de visualiser certaines grandeurs physiques mesurables,
 - Un ensemble de logiciels permettant d'effectuer des simulations de modèles dynamiques (Scilab, Pyzo, etc...),
 - Des environnements de programmation Python et SCILAB.
- Un ensemble de documents techniques et ressources au format PDF disponibles sur le poste de travail et sur l'Environnement Multimédia Pédagogique (EMP) de l'Hémomixer.

Listes des annexes numériques

- Annexe 1.** Cahier des charges général
- Annexe 2.** Utilisation de l'interface Hemo-Mixer
- Annexe 3.** Diagramme de séquences du premier prélèvement
- Annexe 4.** Dimensions caractéristiques du système d'agitation
- Annexe 5.** Utilisation de Scilab/Xcos
- Annexe 6** Graphe d'états du cycle de prélèvement

Plan du sujet

1. PRISE EN MAIN ET MISE EN EVIDENCE DE LA PROBLEMATIQUE	4
1.1. ANALYSE D'UN PRELEVEMENT	4
1.2. ANALYSE STRUCTURELLE DU SYSTEME	5
1.3. MISE EN EVIDENCE DE LA PROBLEMATIQUE	6
2. RECALAGE D'UN MODELE DYNAMIQUE DE COMPORTEMENT DU SYSTEME D'AGITATION	8
2.1. DETERMINATION DES PARAMETRES DU MOUVEMENT DU PLATEAU.....	8
2.2. DETERMINATION ET IDENTIFICATION D'UN MODELE DYNAMIQUE DU SYSTEME D'AGITATION	9
3. UTILISATION DU MODELE POUR L'ANALYSE DES VARIATIONS DU SIGNAL DE PESEE	11
3.1. ANALYSE ET JUSTIFICATION DES SIGNAUX MOTEUR.....	11
3.2. ANALYSE DU FILTRAGE DU SIGNAL S1 VERS LE SIGNAL S2	12
3.3. ANALYSE DES FLUCTUATIONS DU SIGNAL DE PESEE FILTRE S2	12
4. ANALYSE ET VALIDATION DE L'ALGORITHME DE TRAITEMENT DU SIGNAL S2.....	13
4.1. ANALYSE DU TRAITEMENT DU SIGNAL S2 LORS D'UN PRELEVEMENT.....	13
4.2. IMPLANTATION DE LA REGRESSION LINEAIRE DU SIGNAL S2	14
4.3. IMPLANTATION ET TEST DU CYCLE COMPLET DE PRELEVEMENT.....	15
5. VALIDATION DES PHASES DU CYCLE DE PRELEVEMENT AU REGARD DU DIAGRAMME D'ETATS ET DES EXIGENCES	17

Première partie

Consignes

La première partie, d'une durée de 30 à 45 minutes, a pour objectif de s'approprier le support objet de l'étude et la problématique posée.

Les activités de cette première partie permettent au candidat de présenter le support et de dégager la problématique posée.

Pendant le temps de préparation de cette première partie, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème (lors de l'utilisation du système, incompréhension des questions posées ou des manipulations proposées...).

La présentation prête, le signaler à l'examinateur et poursuivre, sans attendre, l'étude.

1. Prise en main et mise en évidence de la problématique

L'Hémomixer est un doseur et agitateur de prélèvement dédié aux collectes mobiles de sang. Il est utilisé lors des dons de sang d'une part pour mesurer et respecter la quantité de sang prélevé et d'autre part pour mélanger le sang prélevé avec un anticoagulant contenu préalablement dans la poche de prélèvement.

Les diagrammes de contexte et des exigences sont fournis dans l'annexe 1.

1.1. Analyse d'un prélèvement

Objectif : mettre en évidence les différences entre le système réel et le système didactique, analyser la chronologie d'un cycle de prélèvement.

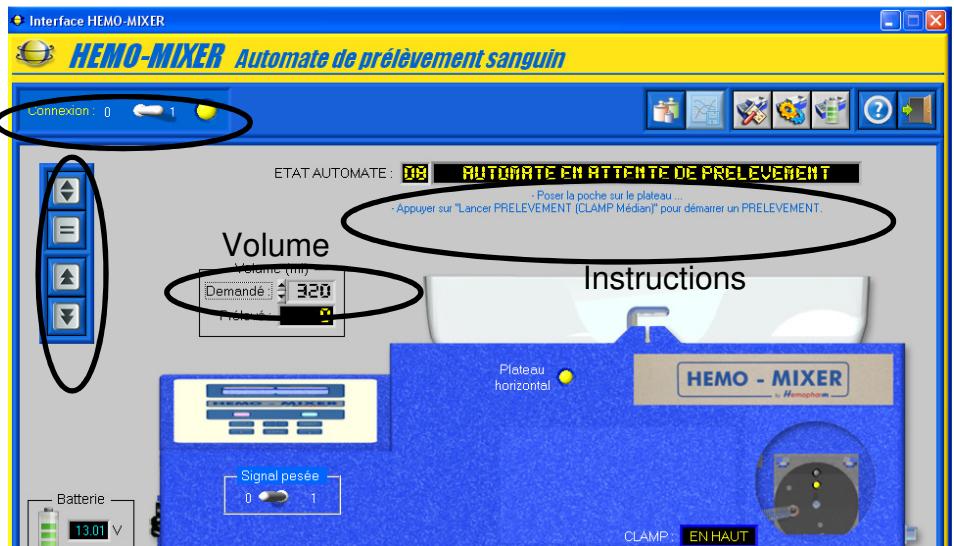
Activité 1: réalisation d'un premier prélèvement

- Mettre en marche l'Hémomixer (bouton ON) puis activer l'interface « Hemomixer »

- Lancer l'interface Pyzo et ouvrir le fichier Python Premier_prelevement.py
- Ouvrir l'annexe 3 qui décrit le diagramme de séquences de ce premier prélèvement.

On fera très attention au message numéroté 11. Il est nécessaire d'arrêter la pompe dès que l'Hémomixer actionne le mécanisme de clampage en fermeture et émet le « bip » final concernant la fin du prélèvement.

- Se connecter à l'automate  , choisir un volume demandé de 100 ml puis lancer la première étape du cycle de prélèvement en cliquant sur l'interface une seule fois sur le bouton « Lancer le Prélèvement » (ne pas utiliser le clavier de l'Hemomixer).



- Suivre ensuite les instructions dans l'ordre du diagramme de séquences de l'annexe 3
- Bien observer le fonctionnement de l'Hémomixer pendant ce premier prélèvement.

Dans toutes les activités, nous allons doser de l'eau, de masse volumique unitaire.

- Stopper le prélèvement dans l'interface en cliquant sur l'icône .
- a) Par rapport au prélèvement en situation réelle, quel est le rôle de la pompe péristaltique ? Est-elle présente lors d'un prélèvement sanguin réel ? Quelles sont aussi les autres différences ?
- b) L'agitation de la poche a-t-elle lieu tout au long du prélèvement ?
- c) Quelle est la position du plateau qui porte la poche de prélèvement au début et à la fin du prélèvement ?

1.2. Analyse structurelle du système

Objectif : identifier les différents constituants des chaînes fonctionnelles de pesage et d'agitation.

Activité 2: chaînes fonctionnelles de pesage et d'agitation

- Utiliser l'EMP afin de prendre connaissance du contexte, du produit (système) présent face à vous et des différents constituants, et plus particulièrement les menus « Le produit » / « Fonctions » et « Le produit » / « Description ».
- Stopper le prélèvement  si ce n'est pas fait, puis activer le mode usine  (« tester actionneurs »).
- Lancer puis stopper l'agitation en cliquant sur l'icône  dans la fenêtre de l'interface.
- L'Hémomixer mis à votre disposition pour ce TP comporte un fond transparent pour permettre d'en observer les constituants. Pour cela, il suffit de retirer le plateau (magnétique) puis de retourner le système en faisant attention à la connectique.

- Proposer, à l'aide d'un outil de description structurelle, une organisation des différents constituants de la chaîne fonctionnelle d'agitation (sans la mesure de la pesée). Pour le ou les capteurs, préciser les grandeurs mesurées, le type d'information et le principe de fonctionnement.
 - Repérer ensuite le capteur réalisant la mesure de la pesée et expliquer son principe de fonctionnement.
- Dans l'EMP utiliser le menu « Le Produit » et « chaîne d'information pesée ».
- Expliquer à quoi correspondent les courbes tracées « Signal S1 pesée brute» et « Signal S2 pesée filtrée» de l'activité 1. À l'aide d'un zoom sur ces courbes, déterminer les incertitudes de mesures des volumes brut et filtré.

1.3. Mise en évidence de la problématique

Objectif : analyser l'évolution temporelle du signal de pesée et les différents traitements effectués au regard du cahier des charges.

Activité 3: Analyse du signal de pesée

- Mettre en place le bac d'eau dans le plateau d'agitation. Ce bac contient 500 mL d'eau.
- Si ce n'est pas le cas, activer le mode usine (« tester actionneurs »).
- Désactiver puis réactiver le capteur de pesée afin qu'il affiche 700 grammes environ. (Ce volume correspond à la pesée de l'eau et du bac).
- Les mesures utiles sont accessibles à partir du bouton « acquisition » ;
- En cliquant sur l'icône (Paramétriser Affiche et visualisation mesures), définir pour le signal de pesée **S1, avant RC**, un intervalle pour la fenêtre graphique entre 2 V et 3 V à affiner ensuite, pour la **tension d'agitation** un intervalle entre 7 et 8 V et pour l'**intensité d'agitation** entre 0 et 0,05 A. Sortir ensuite de ce paramétrage (icône).
- Lancer le cycle d'agitation en cliquant dans la fenêtre de l'interface sur l'icône . Lorsque l'acquisition s'est déroulée pendant la durée de la fenêtre graphique, stopper l'acquisition en cliquant sur l'icône « Acquérir mesures courantes » et stopper l'agitation .
- Grâce à des zooms, visualiser les signaux de pesée S1, S2 et S3 (à sélectionner) du signal de pesée. On retrouve, dans cet essai, les signaux brut et filtré de l'activité 1 dans le cas d'une masse constante d'eau dans la poche.



Pesée		Style	Epais	Min.	Max.
		Moteurs			
Agitation (V) :		Continu		7.0	8.0
Agitation (A) :		Continu		0.00	0.05

- a) Déterminer la période des oscillations du signal S2 et comparer cette période à celle du cahier des charges vis-à-vis de l'agitation. Analyser et interpréter cette différence.
- b) Déterminer l'amplitude de la variation du signal de pesée S2 en grammes sur cet exemple et évaluer l'incertitude de mesure de la masse prélevée si on utilise directement le signal S2. Conclure vis-à-vis du cahier des charges.
- c) À partir de ces mesures et des informations disponibles dans l'EMP  , menu « Le Produit », « chaîne d'information pesée », quelle est la solution utilisée pour générer le signal S3 au cours du prélèvement ? Quel est l'intérêt de cette solution ?

Fin de la 1ère partie – Merci de préparer l'intervention orale

La synthèse associée à cette partie ne devra pas dépasser 5 minutes.

Deuxième partie

Consignes

La deuxième partie, d'une durée maximale d'une heure, est réalisée en autonomie « encadrée ».

Les activités proposées ne sont pas totalement guidées et doivent être partiellement développées à l'initiative du candidat. Elles s'inscrivent dans la continuité de celles de la première partie.

L'examineur suit la progression et peut réorienter les choix effectués. Au cours de cette partie les attendus concernent plus précisément les capacités à prendre des initiatives, faire des analyses pertinentes sur les modèles développés et faire des propositions sur les solutions à apporter aux problèmes rencontrés afin d'aboutir à une démarche pouvant mener à une solution.

À l'issue de cette partie, un exposé d'une durée maximale de 5 minutes est demandé. Un échange avec l'examineur suivra l'exposé et un choix de modélisation sera retenu.

2. Recalage d'un modèle dynamique de comportement du système d'agitation

Il s'agit dans cette partie de proposer les paramètres d'un modèle de la chaîne d'agitation et de recaler un modèle de comportement dynamique du système mécanique d'agitation du fluide à partir de la mesure de la pesée enregistrée par le capteur de pesée.

2.1. Détermination des paramètres du mouvement du plateau

Objectif : proposer un modèle d'évolution temporelle de l'angle de rotation du plateau

On note $\theta(t)$ l'angle de rotation du plateau d'agitation **4** en fonction du temps.

On note **2** la manivelle en sortie du motoréducteur, **3** la bielle de renvoi, **4** le plateau d'agitation (voir l'annexe 4 et l'Environnement Multimédia Pédagogique).

Activité 4: Proposition d'une loi temporelle pour $\theta(t)$

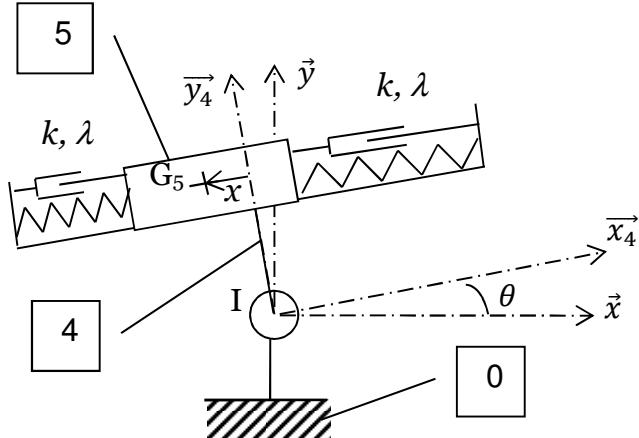
Il est demandé de proposer une expression numérique de la loi $\theta(t)$. Pour cela il vous est conseillé :

- d'établir un schéma cinématique du système d'agitation à partir des informations disponibles dans l'EMP  , menu « Le Produit », puis « Description » et « Dispositif de pesage et d'agitation »,
- de déterminer, à partir de ce schéma et des distances qui figurent dans l'annexe 4, l'amplitude angulaire du mouvement du plateau (une règle, un compas, un rapporteur à votre disposition pourront éventuellement être utilisés),
- connaissant la période des oscillations, de formuler des hypothèses et de proposer une expression simplifiée de la loi $\theta(t)$.

2.2. Détermination et identification d'un modèle dynamique du système d'agitation

Objectifs : justifier un modèle de la chaîne d'énergie d'agitation et rechercher ses paramètres permettant de prévoir l'évolution de la pesée et du couple d'entraînement du plateau, dans le cadre de la masse d'eau constante se déplaçant dans la boîte.

Un modèle simplifié de déplacement de la masse d'eau (constante), sans le dispositif d'agitation, est le suivant :



- 0 l'ensemble {bâti capteur de pesée}, 5 la poche de sang modélisée par une masse mobile, considérée comme ponctuelle en G_5 de masse m_5 et 4 le plateau de pesée dont la masse est m_4 et le centre de gravité en I, centre de la rotation de 4/0.
- On note l'ensemble $S=[4,5, \text{ressorts, amortisseurs}]$
- (I, \vec{x}, \vec{y}) le repère lié au bâti ;
- $(I, \vec{x}_4, \vec{y}_4)$ le repère lié au plateau 4 ;
- $\theta = (\vec{x}, \vec{x}_4) = (\vec{y}, \vec{y}_4)$ l'angle de rotation de 4 par rapport au bâti ;
- $x(t)$ l'abscisse du centre de masse de 5 G_5 par rapport au plateau 4 :
$$\overrightarrow{IG_5} = x(t)\vec{x}_4 + h\vec{y}_4 ;$$
- k la raideur de chaque ressort, qui est la grandeur recherchée et qui va être recalée, et λ le coefficient de frottement visqueux de chaque amortisseur (supposé connu),
- $C_{plateau}$ le couple exercé par le système d'agitation sur l'axe de rotation du plateau,
- C_{red} le couple exercé par le réducteur sur la manivelle 2,
- Y_{0S} l'effort résultant vertical mesuré par le capteur de pesée.
- Ouvrir le fichier Scilab/xcos Agitation.zcos qui est le fichier de simulation utilisé pour prévoir l'évolution temporelle de la mesure de la pesée, toutes les grandeurs étant en unités du Système International.

Activité 5: Proposition d'une loi temporelle pour le couple C_{red} en sortie du réducteur

Il est demandé :

- de justifier ce modèle,
- de l'utiliser pour déterminer une valeur pertinente de la raideur des ressorts permettant de caractériser le mouvement de la masse d'eau et les variations du signal de pesée.

Pour cela, il est conseillé :

a) de justifier les démarches qui ont permis d'obtenir les 3 équations ci-dessous :

- **Équation 1**

$$m_5(\ddot{x} - h\ddot{\theta} - x\dot{\theta}^2) = -2kx - 2\lambda\dot{x} - m_5g \sin \theta$$

- **Équation 2**

$$Y_{0 \rightarrow S} = (m_4 + m_5)g + m_5((\ddot{x} - h\ddot{\theta} - x\dot{\theta}^2) \sin \theta + (2\dot{x}\dot{\theta} + x\ddot{\theta} - h\dot{\theta}^2) \cos \theta)$$

- **Équation 3**

$$C_{plateau} = m_5g(x\cos\theta - h\sin\theta) + m_5((x^2 + h^2)\ddot{\theta} + 2x\dot{x}\dot{\theta} - h\ddot{x})$$

b) d'analyser le modèle de simulation fourni et de comprendre sa structure en tenant compte de ces trois équations,

c) de renseigner les paramètres « w » et « A » tels que $\theta(t) = A\sin(wt)$ en unités SI du modèle en modifiant le contexte de Scilab/xcos (bouton droit de la souris sur la fenêtre de travail, « modifier le contexte »),

d) de rechercher par itérations la meilleure valeur de la raideur des ressorts ($\approx 5 \text{ N.m}^{-1}$ près). On choisira dans tous les cas $k \in [1;100]$ en N.m^{-1} ,

- Le fichier de simulation Agitation.zcos permet aussi de tracer le couple $C_{plateau}$ et le couple C_{red} en sortie du réducteur.
- e) de justifier le modèle permettant de déterminer $C_{red}(t)$ à partir de $C_{plateau}(t)$,
- f) de proposer une expression simplifiée de $C_{red}(t)$ utile pour la suite.

Fin de la 2^{ème} partie – Merci de préparer l'intervention orale

La synthèse associée à cette partie ne devra pas dépasser 5 à 10 minutes.

Troisième partie

Consignes

Pendant la troisième partie, les activités proposées permettront de :

- vérifier les performances attendues ;
- construire et de valider, à partir d'essais, des modélisations du système ;
- et de prévoir les performances du système en vue d'imaginer et choisir des solutions d'évolution répondant à un besoin exprimé.

Durant cette partie, il est demandé de préparer les réponses aux activités proposées en suivant l'ordre imposé et les indications du texte.

Durant cette étude, l'examinateur passera régulièrement pour des échanges en vue de valider la progression dans les activités proposées.

3. Utilisation du modèle pour l'analyse des variations du signal de pesée

3.1. Analyse et justification des signaux moteur

Objectif : rechercher et planter les paramètres des différents constituants de la chaîne d'énergie d'agitation dans le modèle acausal sous Scilab/xcos pour le valider par rapport aux mesures.

La partie précédente a permis de déterminer l'expression temporelle du couple en sortie du réducteur, uniquement dû au mouvement de l'eau lors de l'agitation. Aucun frottement n'a été pris en compte. Ce couple est noté C_{red} .

- La documentation du moteur et du réducteur associé est disponible dans l'EMP , menu « Les Constituants ».

On rappelle que l'équation électrique simplifiée dans un moteur à courant continu est donnée par :

$$U(t) = Ri(t) + K\omega(t)$$

où R est la résistance de l'induit du moteur, K la constante de force électromotrice, U la tension aux bornes de l'induit, i l'intensité du courant qui traverse le bobinage de l'induit et enfin ω sa vitesse de rotation.

On rappelle aussi que le couplage électromécanique permet d'annoncer que le couple délivré par un moteur à courant continu est lié à l'intensité i qui traverse son bobinage par la relation $C_m(t) = Ki(t)$.

Activité 6: Analyse et simulation d'un modèle acausal de la motorisation

- Ouvrir le fichier Scilab/xcos Motorisation-acausal.zcos comportant le modèle acausal pour la simulation de la chaîne de motorisation jusqu'à la sortie du motoréducteur (voir annexe 5 pour l'utilisation du fichier de simulation acausal). Les paramètres des différents constituants de ce fichier sont à renseigner, en dehors de C_{red} qui a été déterminé dans la partie précédente.

- Prendre connaissance des différents blocs du modèle acausal sous Scilab/xcos.
- En s'inspirant de l'essai effectué dans l'activité 3, et des rappels ci-dessus, proposer et mettre en œuvre une démarche expérimentale permettant d'identifier le couple de frottement sec ramené sur l'arbre moteur (on néglige le frottement visqueux qui sera supposé nul).
- Proposer et renseigner dans le modèle acausal Scilab/xcos l'ensemble des paramètres nécessaires à partir du dossier ressources et des mesures effectuées. On ouvrira pour cela chacun des blocs du fichier de simulation.
- À partir des courbes mesurées de la tension et de l'intensité dans le moteur d'agitation lors du mouvement, et des lois du moteur à courant continu, justifier la vitesse de rotation moyenne simulée de la sortie de l'arbre du réducteur.
- Comparer cette valeur à la période de l'agitation du cahier des charges.

3.2. Analyse du filtrage du signal S1 vers le signal S2

Objectif : analyser le passage du signal S1 brut au signal S2

Activité 7: Filtre choisi par le constructeur et performances

- En consultant le menu « Le Produit » puis « Chaîne d'Information Pesée », puis dans un second temps, en revenant au « Menu Général » puis en consultant le Menu « En Savoir Plus » et « Conditionnement Signal Pesée », déterminer quel est le type de filtre utilisé par le constructeur en sortie de l'amplificateur de tension dans la chaîne de pesée. Donner alors ses paramètres caractéristiques.
- En posant la masse calibrée de 500 grammes sur le plateau tout en enregistrant l'évolution temporelle des signaux S1 et S2 sans agitation, justifier expérimentalement par une mesure les paramètres proposés précédemment.
- Justifier à l'aide des paramètres précédents qu'il n'est pas possible de filtrer les oscillations dues à la dynamique du mouvement du fluide à l'aide de ce filtre, mises en évidence dans l'activité 6.

3.3. Analyse des fluctuations du signal de pesée filtré S2

Objectif : justifier le rôle de la régression linéaire glissante générant le signal S3.

Activité 8: Modèle du signal de pesée au cours d'un prélèvement

- Ouvrir le fichier Scilab/xos Agitation_prelevement.zcos qui est le fichier de simulation du signal de pesée, conforme à celui de la deuxième partie, mais dans lequel la masse d'eau dans la poche varie linéairement au cours du mouvement, de 0 à 500 grammes. Ce fichier de simulation est complètement renseigné et ne doit pas être modifié.
 - Lancer la simulation.
 - Que peut-on observer sur la courbe de pesée à la fin du prélèvement ?
 - Ce phénomène permet-il de satisfaire l'exigence de précision de mesure lors de l'arrêt du prélèvement ?

4. Analyse et validation de l'algorithme de traitement du signal S2

4.1. Analyse du traitement du signal S2 lors d'un prélèvement

Objectif : comprendre les différents états d'un prélèvement et le traitement opéré sur le signal S2

On nomme par l'évènement « dcy » le lancement d'un prélèvement à partir du moment où le donneur est piqué. On note T_{agit} la période d'agitation.

Après les 5 premiers mL de prélèvement et conformément à la documentation qui figure dans l'EMP, Menu « Le Produit » et « Chaîne d'Information pesée », le constructeur traite le signal filtré de pesée en opérant une régression linéaire à fenêtre glissante sur le signal S2 afin de générer le signal S3 selon les exigences ci-dessous :

- Les 5 premières secondes, la valeur S3 affichée n'est pas linéarisée et correspond directement au signal S2,
- De 5 secondes à 30 secondes, le signal S3 correspond à la linéarisation progressive en fonction du temps du signal S2,
- De 30 secondes jusqu'à la phase d'arrêt de l'agitation, le signal S3 correspond à la linéarisation sur les 30 dernières secondes du temps courant du signal S2.

Dans cette dernière phase, il est alors possible d'estimer le débit (*Debit*) en mL/s et le volume restant ($Vol_{restant}$) à prélever à chaque instant. Dans ce cas, le constructeur décide,

pour plus de précision dans le prélèvement, d'arrêter l'agitation lorsque $\frac{Vol_{restant}}{Débit} < T_{agit} + 9s$

La dernière phase est alors la phase d'arrêt dans laquelle la linéarisation a lieu sur une fenêtre glissante de 9 secondes pour récupérer une valeur plus précise de la pesée et clamer le tube dès que le volume demandé est atteint.

Activité 9: Analyse du cycle de prélèvement

- Le graphe d'états du système pendant le cycle de prélèvement figure en annexe 6.
 - a) En analysant ce graphe d'états et les informations, et en refaisant éventuellement un prélèvement identique à celui de l'activité 1, proposer des expressions pour les transitions nommées **Transition 1**, **Transition 2**, **Transition 3**, **Transition 4**, **Transition 5** et **Transition 6**.
 - b) Proposer de même une expression de l'activité notée **A1** et figurant dans l'état **Initialisation plateau – E5**.
 - c) Justifier la condition choisie par le constructeur pour arrêter l'agitation.

4.2. Implantation de la régression linéaire du signal S2

Objectif : déterminer la fonction permettant de réaliser la régression linéaire d'un signal échantillonné sur une certaine durée

Hypothèses :

- La période d'échantillonnage des mesures est notée T_e , et chaque instant se note $t_i = iT_e$ avec $i \in \mathbb{Z}$,
- On suppose connue jusqu'à l'instant $t_i = iT_e$ la liste des temps, liste notée *tps*,
- À chaque instant, on stocke dans la liste *vol* la valeur du signal S2 (volume mesuré en mL),
- On fabrique alors à chaque instant la liste notée *vol_lin* correspondant au signal S3 du constructeur.

Activité 10: Programmation de la régression linéaire glissante

■ Cahier des charges de la fonction souhaitée

La régression linéaire du signal S2 n'a pas toujours lieu sur la même durée au cours du cycle. Cette linéarisation est réalisée sur les dernières valeurs enregistrées du signal S2 pendant la durée dt multiple de la période d'échantillonnage T_e . On construit une fonction sous Python, notée *linearisation(T, S2, dt, Te)* qui réalise la linéarisation du signal S2 (connu jusqu'à l'instant $t_i = iT_e$), entre les instants $(i-N)T_e$ et iT_e , N étant défini par $N = \text{int}(dt/Te)$ où *int* désigne la partie entière.

Dans cette fonction, les différents instants sont stockés dans la liste argument *T* jusqu'à l'instant $T[i] = t_i = iT_e$.

Cette fonction doit alors calculer les valeurs des deux coefficients a_i et b_i tels que la fonction $S3(t) = a_i t + b_i$ minimise l'écart quadratique avec le signal S2 sur l'intervalle de temps dt . Cette fonction doit retourner uniquement la valeur de $S3(t_i) = a_i t_i + b_i$.

■ Utilisation de la méthode des moindres carrés

La méthode des moindres carrés consiste à écrire l'écart quadratique entre chaque échantillon mesuré $S2[k]$ et $S3(T[k])$ pour $k \in \llbracket (i-N), i \rrbracket$ pour former une fonction quadratique à minimiser :

$$R(a_i, b_i) = \sum_{k=i-N}^{k=i} (S2[k] - S3(T[k]))^2$$

En écrivant la stationnarité de $R(a_i, b_i)$ par rapport à chacune des variables (c'est-à-dire que la dérivée partielle de $R(a_i, b_i)$ par rapport à chaque variable est nulle), on obtient un système d'équations linéaires à résoudre. La résolution permettra de trouver les paramètres recherchés.

- Déterminer le système d'équations à résoudre et le mettre sous la forme d'un système matriciel de type : $Px = Q$ avec $x = \begin{bmatrix} a_i \\ b_i \end{bmatrix}$, P une matrice et Q un vecteur à déterminer.

Un fichier de mesures déjà acquis du signal S2, avec une période d'échantillonnage T_e de 10 ms , va permettre de tester la fonction. On souhaite dans ce programme générer le signal S3 tel que :

- S3 soit identique à S2 pendant les 30 premières secondes du prélèvement,
 - À partir de 30 secondes, S3 devra correspondre à la linéarisation du signal S2 sur les 30 secondes qui précèdent le temps courant.
- b) Ouvrir le fichier « Regression.py » avec PyZo/IEP, puis compléter la fonction à programmer *linearisation* en calculant la matrice P et le vecteur Q . On pourra utiliser la fonction de la bibliothèque Numpy, déjà chargée, « sum » à condition de transformer les listes en tableaux numpy au préalable. En utilisant ensuite la fonction Numpy « solve », résoudre le système afin de déterminer le couple $[a_i, b_i]$ et retourner la valeur de $S3[i]$. Pour exécuter le script : menu exécuter puis démarrer le script (dans PyZo/IEP).
- c) Programmer les tracés, sur une même figure, des courbes de *vol* et de *vol_lin* en fonction du temps *tps* en utilisant la bibliothèque matplotlib, (importée comme *plt* au début du programme).

4.3. Implantation et test du cycle complet de prélèvement

Objectif : planter les fonctionnalités et modèles déterminés précédemment dans Python pour gérer le cycle de prélèvement.

Activité 11: Programmation d'un cycle de prélèvement sous Python

- Remettre la poche dans le bac de l'Hémomixer et la tubulure en place dans le clamp (on pourra manœuvrer le clamp à l'aide des touches « Clamp haut » et « Clamp bas » du clavier de l'Hémomixer).
- Quitter complètement l'interface de pilotage de l'Hémomixer et ouvrir sous PyZo/IEP le fichier Python Test_prelevement.py qui correspond à la programmation complète d'un cycle de prélèvement. Ce fichier permet le pilotage direct de l'Hémomixer, via Python et la liaison série, grâce à des procédures déjà écrites.
- Ce fichier comporte une boucle globale sur chaque période d'échantillonnage, période pendant laquelle une phase du cycle de prélèvement est active.
- La fonction *linearisation(T,S2,dt,Te)* est écrite en utilisant une fonction interne à Scipy et réalise le même traitement que celle mise au point à l'activité 10, mais retourne deux valeurs :
 - la valeur de $S3(t_i)$ ainsi que
 - le coefficient directeur a_i de la régression linéaire en cours
- La fonction *empiler(tps,vol,vol_lin,phase,Te,i,val1,val2,val3)* permet d'ajouter aux listes *tps*, *vol*, *vol_lin* et *phase* respectivement les valeurs *iTe*, *val1*, *val2* et *val3*.

■ Chaque *phase* du prélèvement numérotée *j* possède une variable interne *etapej* qui peut prendre trois valeurs :

- *etapej=0* est l'étape de la *phase j* qui a lieu pendant la première période d'échantillonnage de la *phase j*,
- *etapej=1* est l'étape de la *phase j* qui a lieu pendant toute la durée de la *phase j* après la première période d'échantillonnage dans cette phase,
- *etapej=2* permet de traduire que la *phase j* est terminée.

- a) En utilisant les fonctions *empiler* et *linearisation*, proposer l'expression de la procédure *empiler3()* à la ligne 100 et utilisée dans la phase 3.
- b) En utilisant les fonctions *empiler* et *linearisation*, proposer l'expression de la procédure de la fonction *empiler4()* à la ligne 104 et utilisée dans la phase 4.
- c) À partir des réponses à l'activité 9, écrire la condition figurant dans le programme aux lignes 206 et 215, dépendant de la variable *vol_restant* et de la fonction *linearisation*, et permettant de mettre à l'état « True » la « condition » d'arrêt de l'agitation.

■ **Placer le sélecteur du boitier sur la position « Marche pompe » et lancer le programme sous PyZo/IEP.**

■ S'il y a un souci (essentiellement le clamp se ferme alors que la pompe débite), il faut aussitôt placer le sélecteur sur la position « Arrêt pompe » ce qui met fin au programme le plus proprement possible. Il se peut aussi que le programme détecte une erreur et que la pompe et/ou le clamp restent dans un état inappropriate, il faut alors taper la procédure *au()* dans l'invite de commande, ce qui arrête là aussi proprement le programme. Sinon, il n'y a pas lieu de placer le sélecteur sur la position « Arrêt pompe » et le programme doit s'arrêter seul.

- d) Valider le fonctionnement attendu.

Quatrième partie

Consignes

Dans cette partie d'une durée de 30 minutes, les activités proposées permettent de construire une synthèse finale quel que soit le nombre d'activités abordées dans les parties précédentes.

Une présentation des activités est faite devant l'examinateur en conclusion de cette partie.

5. Validation des phases du cycle de prélèvement au regard du diagramme d'états et des exigences

Objectif : lancer un cycle de prélèvement grâce à Python et relier les différentes étapes sous Python aux états du graphe d'états.

On nomme par l'évènement « dcy » le lancement de l'exécution du programme Python (lancement du prélèvement de 100 mL). On note T_{agit} la période d'agitation.

Après les 5 premiers mL de prélèvement et conformément à la documentation qui figure dans l'EMP, Menu « Le Produit » et « Chaîne d'Information pesée », le constructeur traite le signal filtré de pesée en opérant une régression linéaire à fenêtre glissante sur le signal S2 afin de générer le signal S3 selon les exigences ci-dessous :

- Les 5 premières secondes, la valeur S3 affichée n'est pas linéarisée et correspond directement au signal S2,
- De 5 secondes à 30 secondes, le signal S3 correspond à la linéarisation progressive en fonction du temps du signal S2,
- De 30 secondes jusqu'à la phase d'arrêt de l'agitation, le signal S3 correspond à la linéarisation sur les 30 dernières secondes du temps courant du signal S2.

Dans cette dernière phase, il est alors possible d'estimer le débit (*Debit*) en mL/s et le volume restant ($Vol_{restant}$) à prélever à chaque instant. Dans ce cas, le constructeur décide,

pour plus de précision dans le prélèvement, d'arrêter l'agitation lorsque $\frac{Vol_{restant}}{Débit} < T_{agit} + 9s$

La dernière phase est alors la phase d'arrêt dans laquelle la linéarisation a lieu sur une fenêtre glissante de 9 secondes pour récupérer une valeur plus précise de la pesée et clamer le tube dès que le volume demandé est atteint.

- Si ce n'est déjà fait, remettre la poche dans le bac de l'Hémomixer et la tubulure en place dans le clamp (on pourra manœuvrer le clamp à l'aide des touches « Clamp haut » et « Clamp bas » du clavier de l'Hémomixer).
- Si ce n'est déjà fait, quitter l'Interface de pilotage de l'Hémomixer et ouvrir sous PyZo/IEP le fichier Python Prelevement_final.py qui correspond à la programmation complète d'un cycle de prélèvement.
- Ce fichier permet le pilotage direct de l'Hémomixer, via Python et la liaison série, grâce à des procédures déjà écrites.

- Placer le sélecteur du boîtier sur la position « Marche pompe » et lancer le programme sous PyZo/IEP.
- S'il y a un souci (essentiellement le clamp se ferme alors que la pompe débite), il faut aussitôt placer le sélecteur sur la position « Arrêt pompe » ce qui met fin au programme le plus proprement possible. Sinon, il n'y a pas lieu de placer le sélecteur sur la position « Arrêt pompe ».
- On rappelle que le graphe d'états du système en contexte de prélèvement figure en annexe 6, fournie par ailleurs à la fin de ce classeur.

Activité 12: Validation des différentes phases du cycle de prélèvement

- a) Lancer le programme Python, observer bien les messages qui apparaissent à l'écran au cours de l'exécution.
- b) Observer aussi le fonctionnement de l'Hémomixer.
 - En fin de prélèvement, deux figures apparaissent (figures des pesées et des différentes phases du prélèvement)
 - La phase 5 se décompose en fait en deux phases : la phase 51 pendant laquelle l'agitation est encore active, la phase 52 pendant laquelle l'agitation est stoppée.
 - On note enfin la phase 6 qui s'active lorsque le prélèvement est terminé.
- c) Lister les états actifs dans chacune des phases (1,2,3,4,51,52,6) du programme Python. Pour cela, on présentera la réponse sous la forme suivante :

PHASE	Numéros des états actifs
1
2	

- d) Commenter notamment en détails ce qui se passe en fin de prélèvement pendant la phase 5.

Consignes pour la synthèse globale

En fin d'épreuve 10 minutes sont consacrées à la préparation de la synthèse globale (3 minutes de présentation maximum). Elle doit permettre de :

- conclure quant à la problématique abordée dans le TP ;
- préciser la ou les démarche(s) adoptées pour répondre au problème posé ;
- et montrer la capacité à utiliser les résultats obtenus (simulés ou mesurés) pour décider et choisir une évolution technique en rapport avec un cahier des charges.

La synthèse sera présentée à un examinateur n'ayant pas suivi les activités proposées dans les quatre parties précédentes.

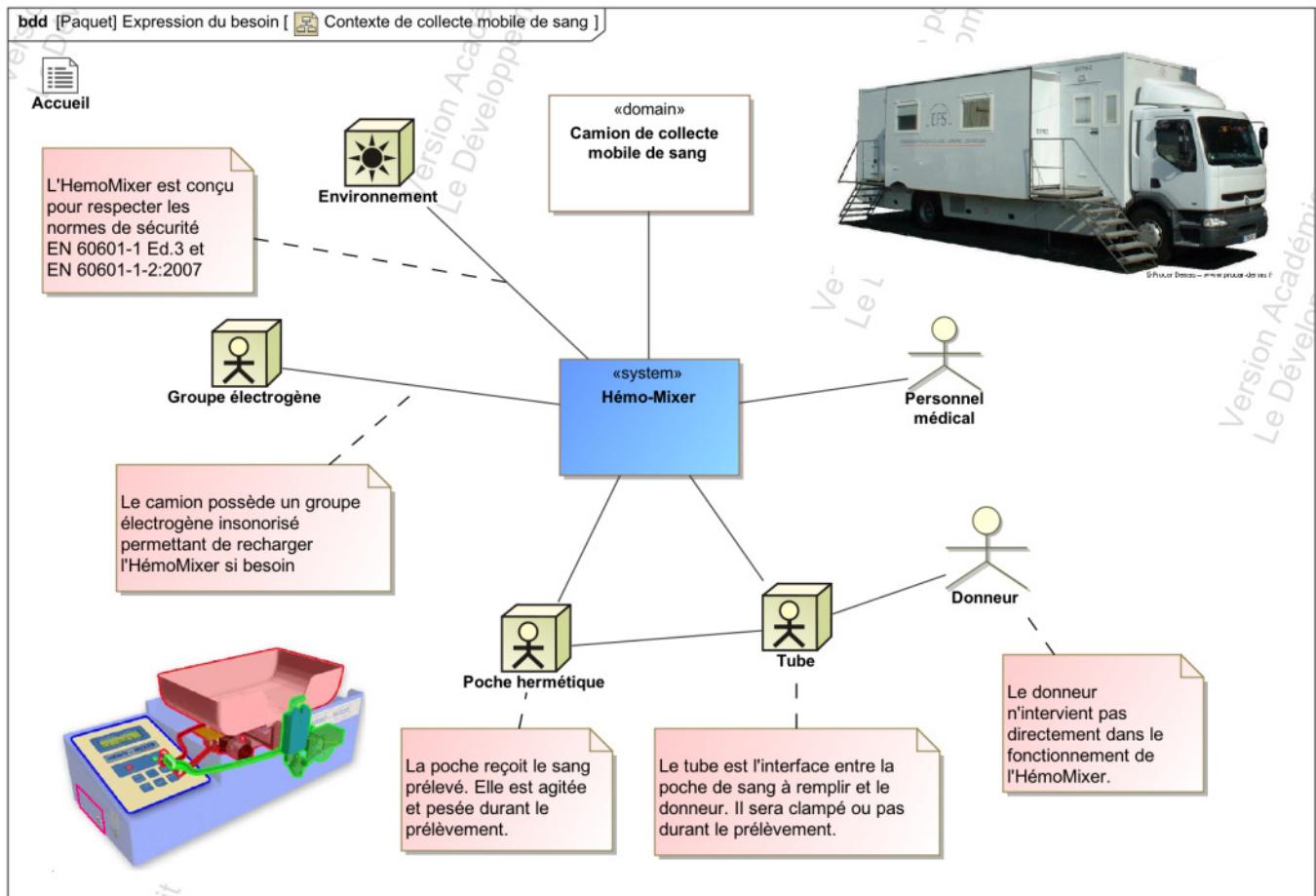
Chaîne de pesage de l'Hémomixer

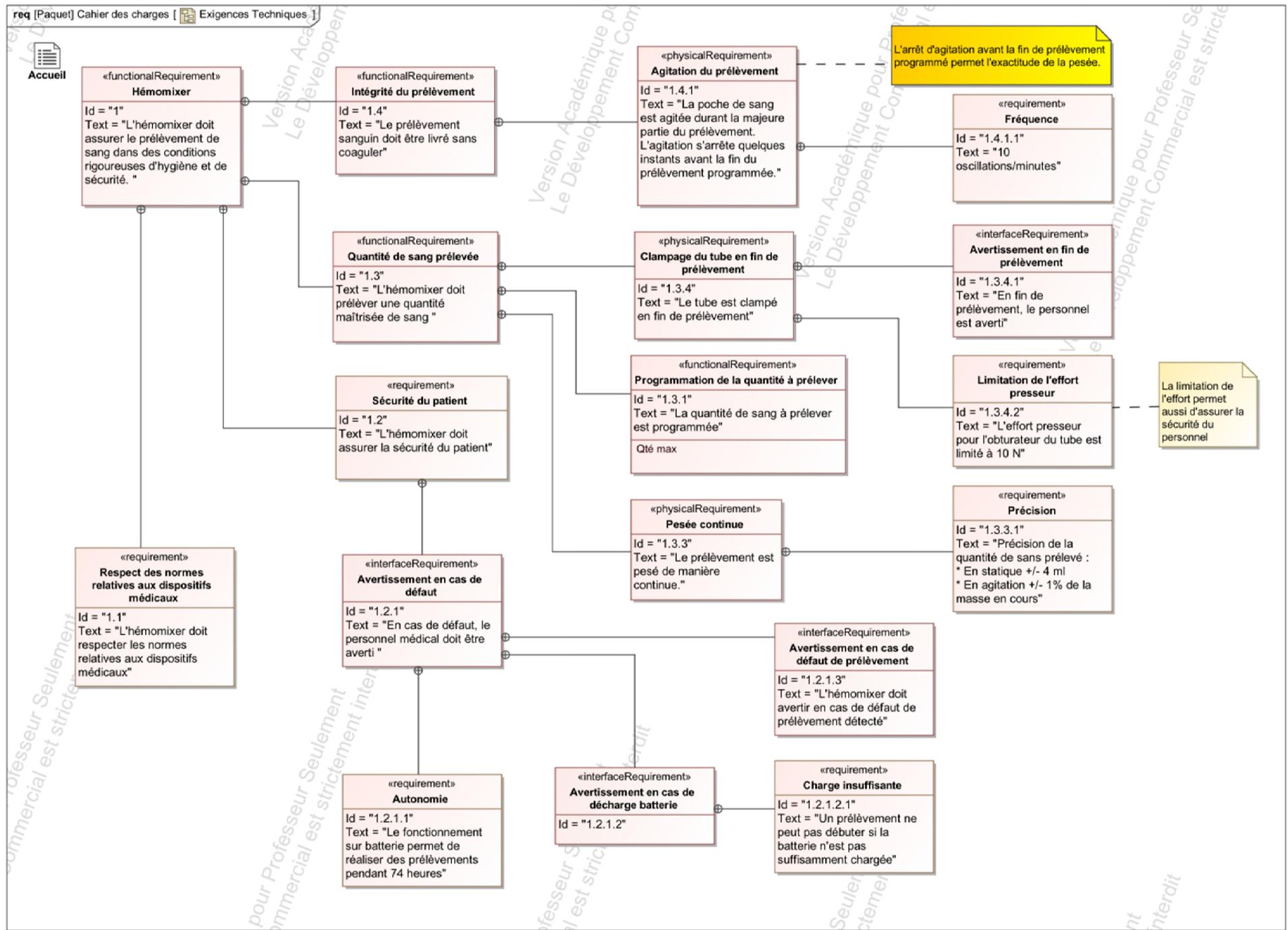
DOSSIER RESSOURCES



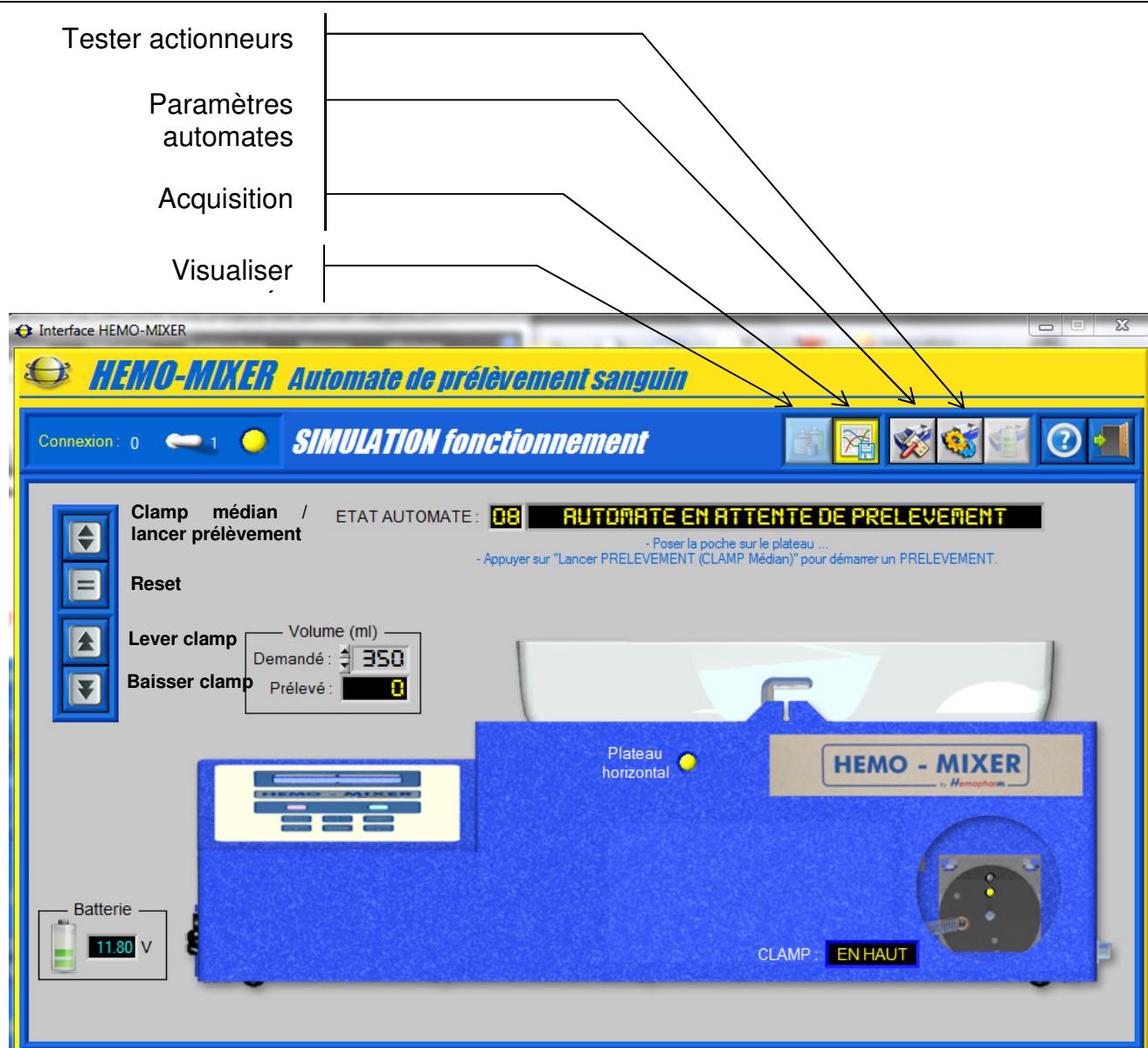
Annexe 1 : SysML Hemomixer

1.1. Diagramme de contexte de l'Hemomixer

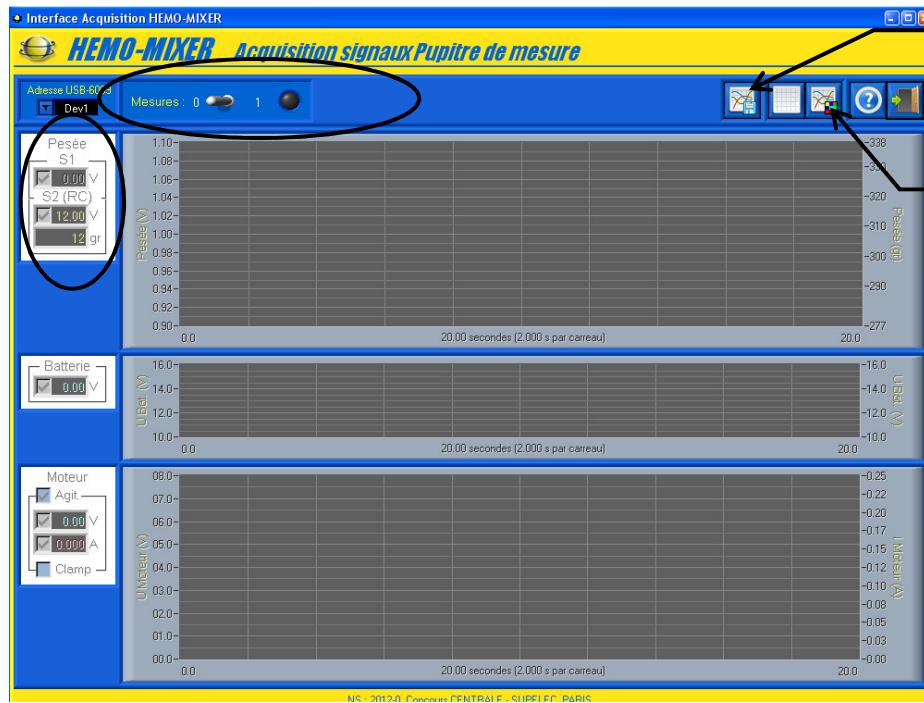




Annexe 2 : l'interface Hemo-Mixer



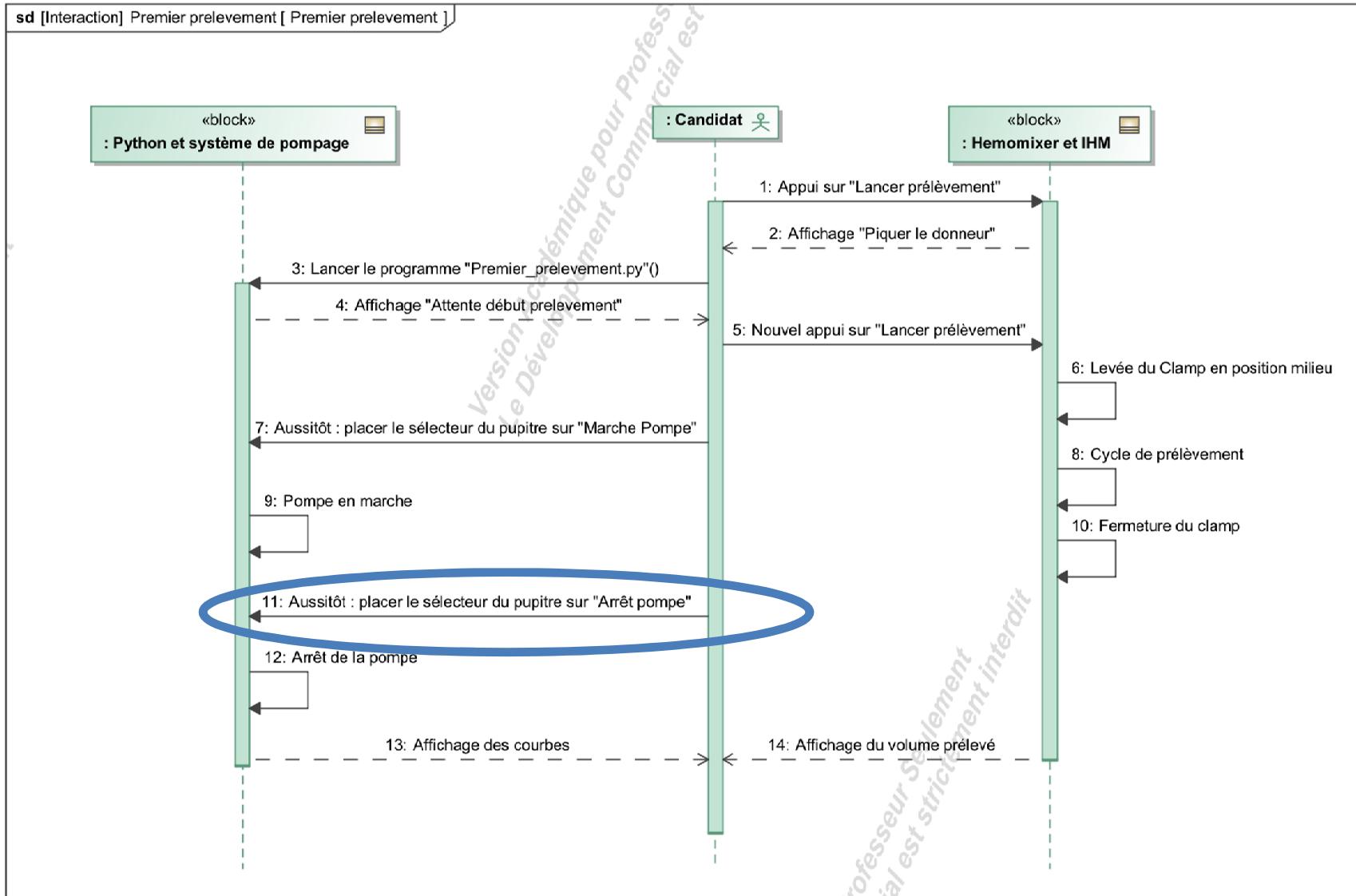
Visualiser pesée	visualiser et étalonner la Pesée
Acquisition	Permet d'acquérir les signaux issus du capteur de pesée, les tensions et intensités issues des moteurs à partir de la fenêtre « acquisition signaux sur pupitre de mesure »
Paramètres automates	accéder aux paramètres de prélèvement, agitation, alarmes, pesée et batterie de l'automate HEMO-MIXER
Tester actionneurs	piloter l'agitation et le clampeur pour les tests et mesures



Acquérir
mesures
courantes

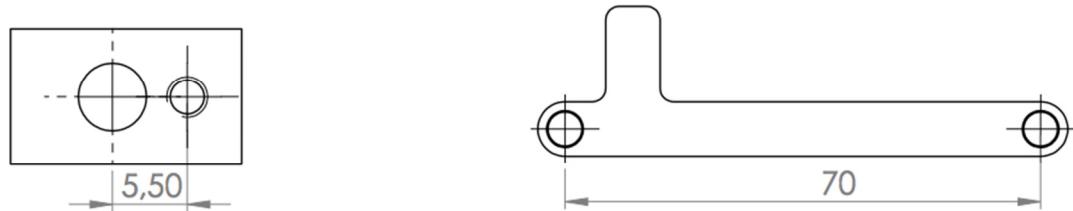
Paramétrage
de l'affichage

Annexe 3 : Diagramme de séquences du prélèvement

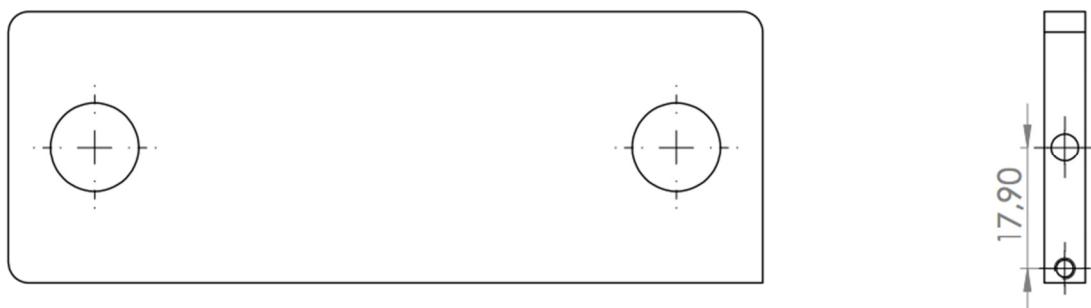


Annexe 4 : Dimensions caractéristiques du système d'agitation

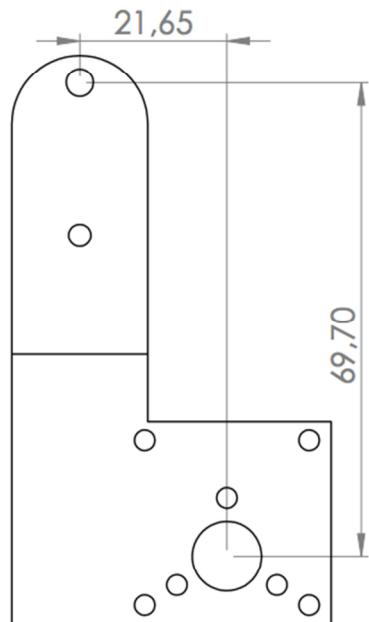
Manivelle 2 en sortie du réducteur Bielle 3 entre la manivelle et le support plateau



Support plateau 4 (2 vues)

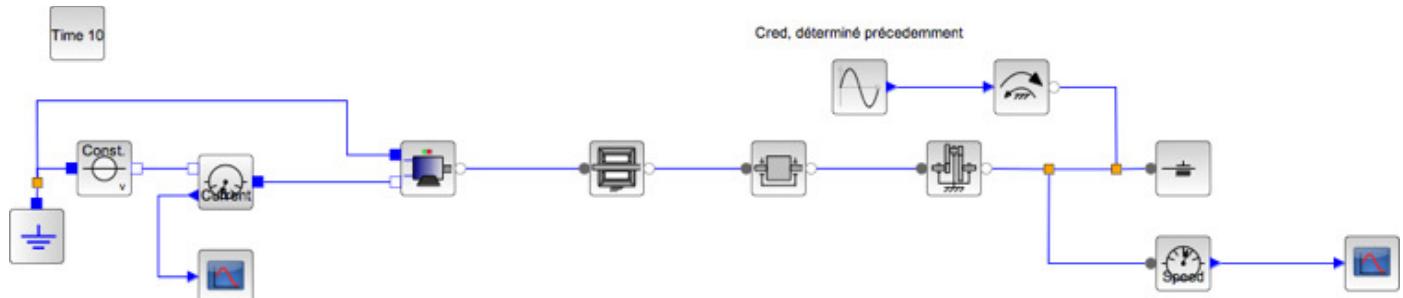


Support 1 du système d'agitation



Annexe 5 : utilisation de Scilab/Xcos en acausal

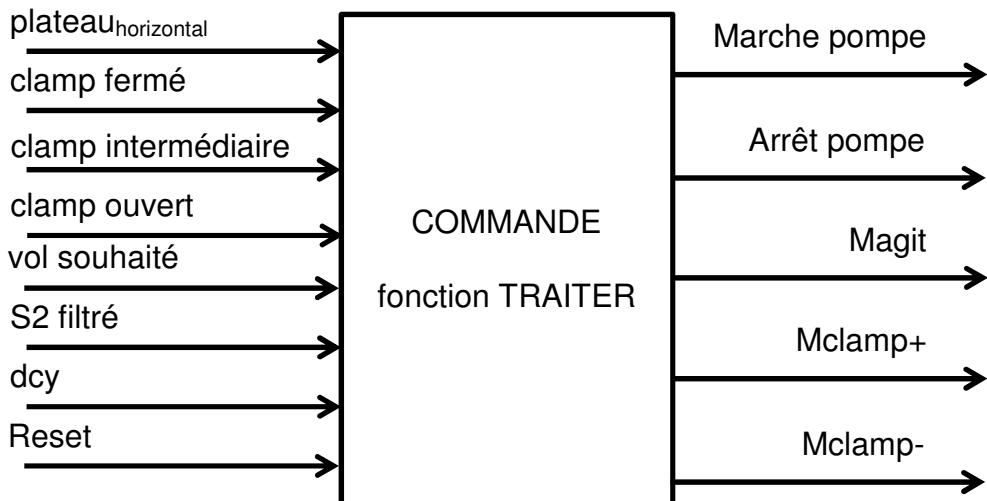
Pour ouvrir le fichier, il faut lancer l'environnement graphique xcos dans la console Scilab en tapant xcos ou en cliquant en haut sur l'icône dédié : . Le fichier acausal se présente sous la forme ci-dessous :



Il s'agit d'un modèle acausal dont chaque bloc peut être analysé et paramétré en double cliquant dessus avec la souris.

Annexe 6 : graphe d'états du cycle de prélèvement

Le graphe d'états page suivante reprend les états lors d'un prélèvement, sachant que les entrées/sorties simplifiées de l'automate sont les suivantes.



Les sorties Marche pompe, Arrêt pompe, Magit, Mclamp+ et Mclamp- désignent respectivement la mise en marche de la pompe péristaltique, de l'arrêt de la pompe péristaltique, du moteur d'agitation, de celui de clampage dans le sens fermeture et dans le sens ouverture.

On pourra aussi utiliser les variables internes générées dans la COMMANDÉE (fonction TRAITER) :

- **S3**, signal correspondant à la régression linéaire glissante,
- **T**, désignant le temps écoulé en secondes depuis le début du prélèvement,
- **Volrestant**, volume restant à prélever calculé à chaque instant,
- **Débit**, débit calculé à chaque instant.

