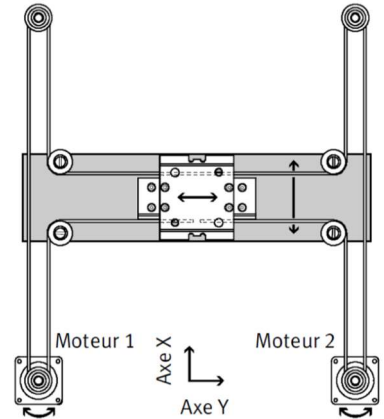


Manipulateur FESTO EXCM-30

Ce robot cartésien deux axes permet à un chariot d'atteindre une position quelconque dans un plan délimité par les dimensions du manipulateur. La cinématique est assurée par deux moteurs pas à pas qui entraînent une seule courroie crantée.

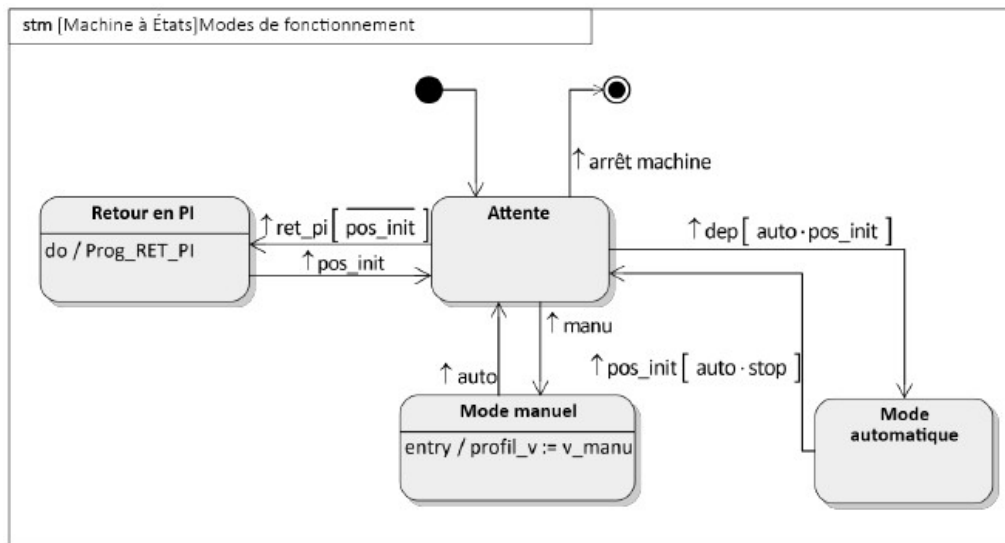
La sécurité des biens et des personnes nécessite d'imposer des exigences particulières à la commande du manipulateur ; certaines d'entre elles sont reportées dans le tableau suivant :

Exigence	Intitulé	Critère	Niveau
Id.1221	Le mode automatique ne peut être enclenché qu'après un retour en position initiale.	Accès au mode automatique par action sur le bouton poussoir « dep »	Inopérant tant que le manipulateur n'est pas en position initiale
Id.1222	Sur demande de l'opérateur, quelle que soit sa position courante, le chariot doit retourner en autonomie à la position initiale.	Retour du chariot en position initiale par action sur le bouton poussoir « ret_pi »	Uniquement à partir d'un état d'immobilité du manipulateur



Le fonctionnement normal du manipulateur, décrit dans le diagramme d'états reporté sur la figure 5, comprend les états suivants :

- Attente : le manipulateur est sous tension et immobile ;
- Mode manuel : l'opérateur peut commander directement chaque axe motorisé ;
- Mode automatique : le manipulateur répète en continu le processus de vissage complet ;
- Retour en PI : le chariot du manipulateur revient en position initiale.

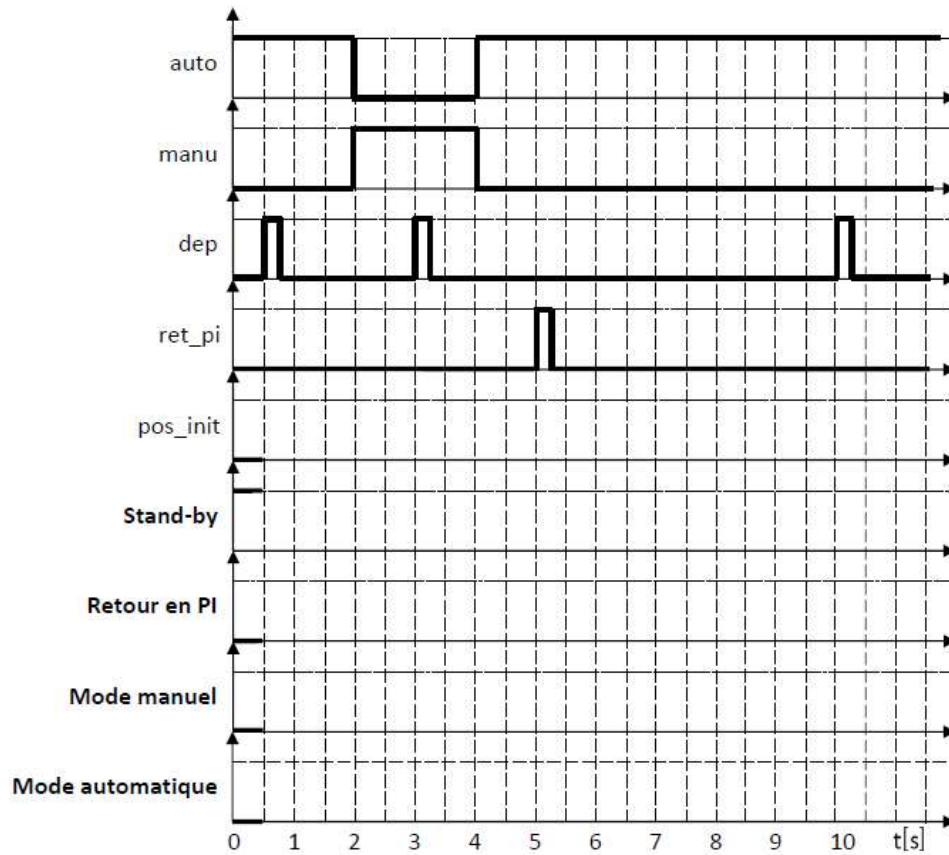


Variable	Description
pos_init	manipulateur en position initiale
profil_v	précise la loi de commande des moteurs = v_maxi : évolution à vitesse maxi = v_mini : évolution à vitesse lente = v_manu : vitesse choisie par l'opérateur = auto : vitesse déterminée par logiciel
Prog_RET_PI	exécution du programme de retour en position initiale
ret_pi	retour en position initiale demandé

Variable	Description
manu	mode de fonctionnement manuel
auto	mode de fonctionnement automatique <i>Le choix du mode de fonctionnement est réalisé par un sélecteur à 2 positions stables</i>
dep	départ en mode automatique
stop	arrêt demandé (variable mémorisée)

On estime à trois secondes (3s) la durée fixe de l'ensemble des opérations commandées par le programme de retour en position initiale (Prog_RET_PI).

Compléter le chronogramme indiquant les états successifs de l'EXCM-30. Conclure quant au respect de l'exigence 1.2.2.1 du cahier des charges.



Gestion d'un passage piéton

1. Spécifier un passage piéton

On s'intéresse dans cet exercice à la spécification sous forme de diagramme d'états d'un passage piéton constitué d'un feu tricolore pour véhicule et d'un feu pour les piétons. Un bouton permet à un piéton de faire une demande de passage.

Objectif

Spécifier le fonctionnement du feu sous la forme d'un diagramme d'état, puis valider le fonctionnement du système à l'aide d'une représentation temporelle.

Cahier des charges initiales des fonctionnalités à ajouter

Les exigences initiales et l'ensemble des fonctionnalités à ajouter sont décrites dans le diagramme d'exigence partiel. Le comportement initial du passage piéton est décrit par le premier diagramme d'état.

2. Améliorer le comportement

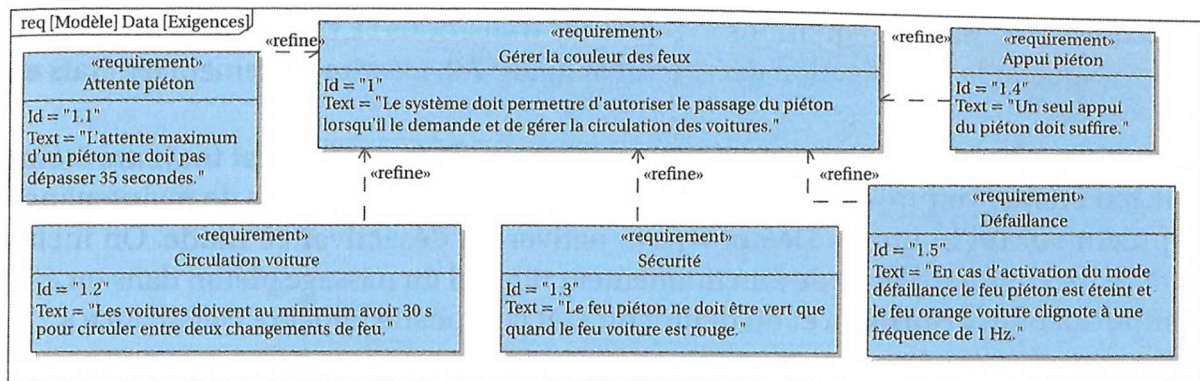


Diagramme d'exigence partiel du feu piéton

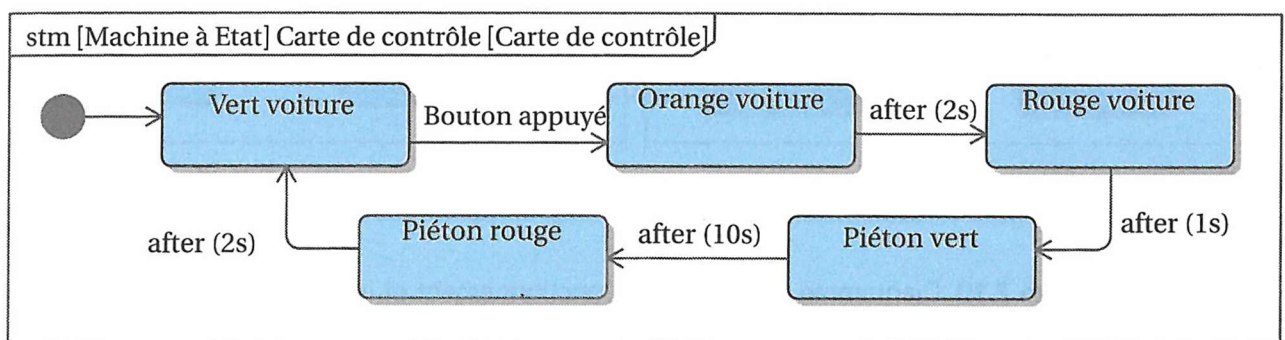


Diagramme d'états du passage piéton

Q.1. D'après le diagramme d'état du passage piéton, combien de temps un piéton dispose-t-il pour traverser quand son feu est vert ? Combien de temps les voitures sont-elles arrêtées au total (elles peuvent encore rouler quand le feu est orange) ?

On constate que cette description n'est pas satisfaisante. En effet, si un piéton fait une demande juste après que son feu soit devenu rouge, les voitures n'ont pas le temps de démarrer et le feu voiture passe directement au rouge après 2 secondes.

Il faut donc laisser au moins 30 secondes aux voitures pour circuler. Cependant si un piéton arrive avant ces 30 secondes, il n'appuie en général qu'une seule fois sur le bouton de demande de passage et n'a pas besoin d'appuyer continuellement ou une seconde fois pour que sa demande soit prise en compte.

On modifie le diagramme d'état en ajoutant des états intermédiaires et une variable « count » qui est incrémentée à chaque seconde :

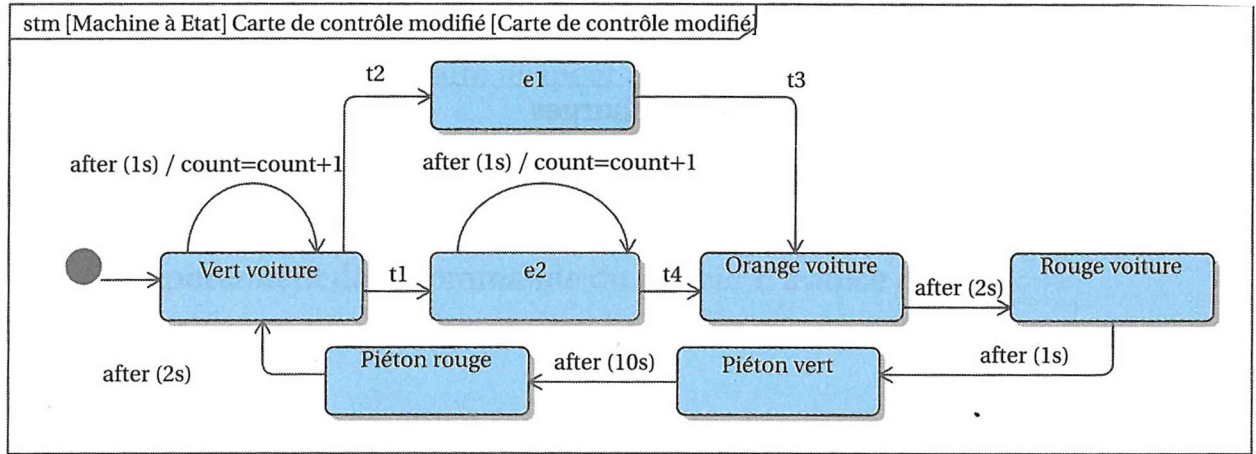
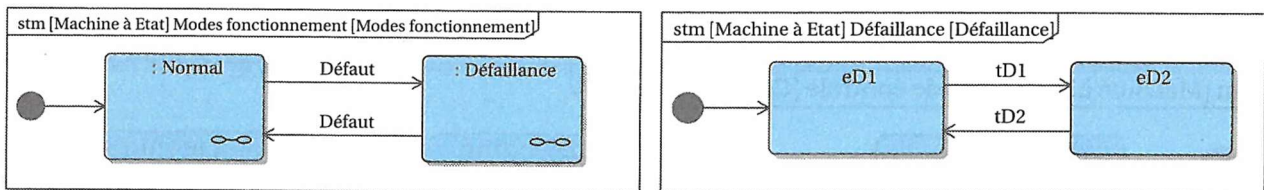


Diagramme d'états avec modifications

Q.2. Exprimer par des équations logiques les transitions $t1$, $t2$, $t3$ et $t4$ de manière à respecter la spécification décrite sur le Diagramme d'états avec modifications. Décrire également les états $e1$ et $e2$.

Lorsqu'il y a un souci au niveau du passage piéton, le feu piéton est toujours éteint et le feu orange voiture clignote à une fréquence de 1Hz. Les agents de maintenance appuient sur un bouton « Défaut » pour activer ou désactiver ce mode. On inclut donc le diagramme d'état de fonctionnement normal du passage piéton dans un état composite noter « Normal » et on définit un état composite appeler « Défaillance ».

L'état composite nommé « Défaillance » est représenté sur les diagrammes d'états suivants :



(a) Diagramme d'états avec deux modes de fonctionnement.

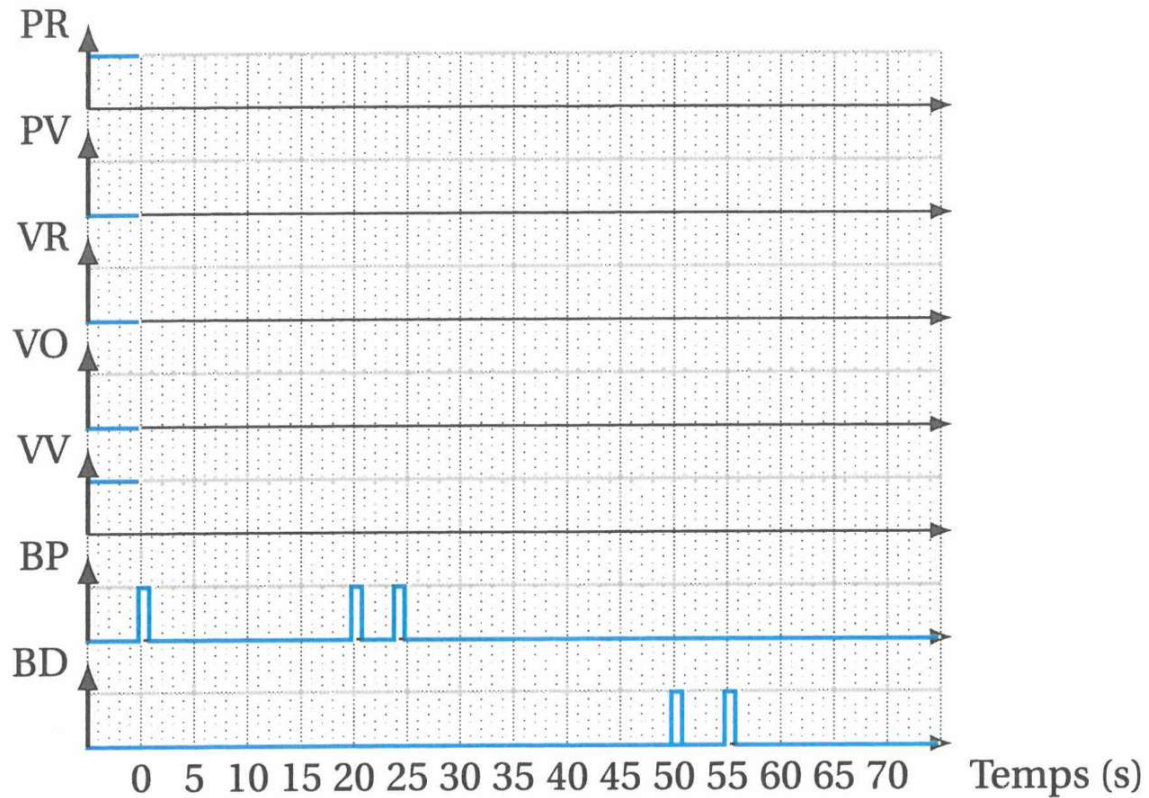
(b) État composite « Défaillance ».

Q.3. Indiquer la composition des états de $eD1$ et $eD2$ en utilisant les états possibles du feu orange et du feu piéton. Exprimer les conditions de transition $tD1$ et $tD2$.

3. Analyser l'évolution temporelle du fonctionnement du feu

Dans chaque état du diagramme complet du passage piéton, on allume où on éteint les feux. On note PV/PR les feux piétons vert et orange. On note VV/VO/VR les feux voitures vert, orange et rouge. Ces 5 grandeurs constituent les sorties du système. Le bouton de demande des piétons et noter BP et le bouton de mise en défaut et noter BD. Ces deux boutons correspondent aux entrées du système. Lorsqu'un feu est allumé, la variable correspondante est mise à 1, sinon elle est à 0 lorsqu'il est éteint. De même l'appui sur un bouton est marqué par un passage au niveau 1.

Q.4. Compléter le chronogramme du document réponse sachant qu'une graduation correspondant à 1 seconde. On suppose que les voitures roulent depuis suffisamment longtemps.



Conclusion

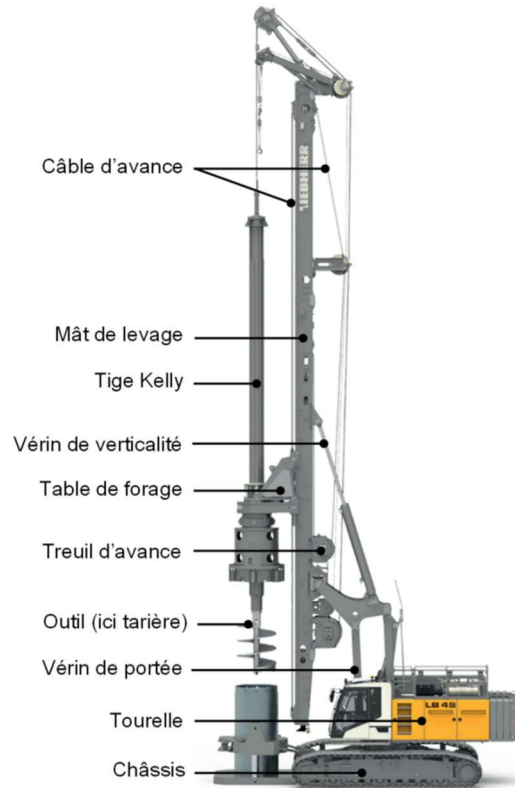
Q.5. Analyser le chronogramme et conclure par rapport au cahier des charges en dressant la liste des exigences qui sont validées et celles qui ne le sont pas.

Machine de Forage CCINP – MP – 2023 (extrait)

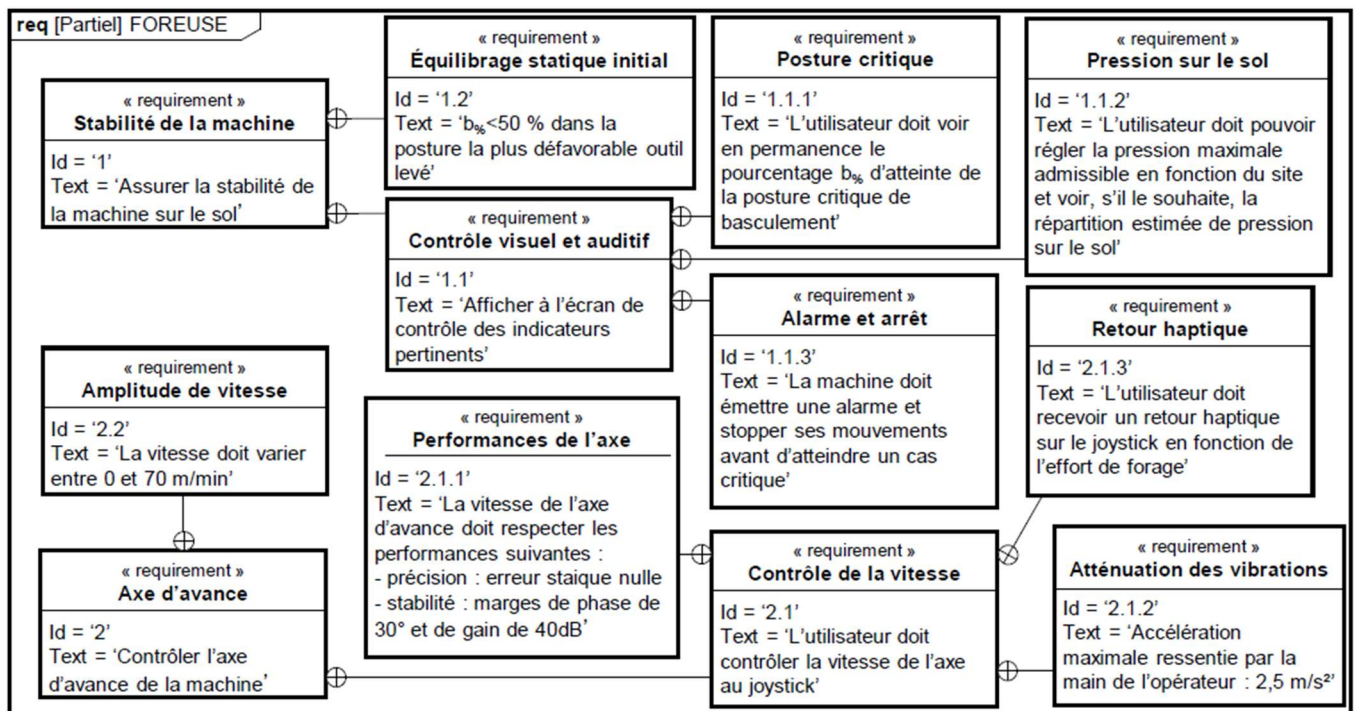
1. Présentation

On s'intéresse dans ce sujet à une machine de forage permettant la réalisation de fondation profonde.

La machine est constituée d'une tourelle, comportant la cabine de pilotage, les différents moteurs de la foreuse et des contrepoids à l'arrière, est montée sur un châssis équipé de chenilles. La tourelle est orientable autour d'un axe vertical à 360° par rapport au châssis et porte un mât de levage. Ce mât, dont la portée et la verticalité par rapport à la tourelle sont réglables à l'aide de vérins, guide une table de forage en translation grâce à un câble d'avance lui-même actionné par un treuil d'avance. En phase de forage, pendant que la table de forage descend, celle-ci actionne en rotation la tige Kelly au bout de laquelle est montée l'outil, généralement une tarière (vis sans fin). Le mouvement d'avance combiné au mouvement de rotation de l'outil permet le forage. De plus, on note que la table de forage est équipée d'un système de suspension permettant d'amortir, pour le reste de la machine, les vibrations dues aux efforts de forage.



On donne ci-dessous le diagramme des exigences partiel de la machine



L'étude porte sur la stabilité globale de la machine.

Pour évaluer la pression du sol sous la foreuse, l'ordinateur de bord réalise en permanence les étapes suivantes :

- évaluation de la position de G et de F et mesure de l'effort F_w . Déduction de la position de E et de l'effort F_{eq} et évaluation du pourcentage $b\%$ d'atteinte de la posture critique de basculement ;
- évaluation de la pression minimale p_{Min} dans le cas de répartitions trapézoïdales de pression :

$$p_{Min} = -\frac{F_{eq}}{2.L.\ell} \left(1 - \frac{e.\cos\theta}{a} - \frac{6.e.\sin\theta}{L} \right)$$
- dans le cas d'une pression minimale positive, calcul de la pression maximale p_{Max} :

$$p_{Max} = -\frac{F_{eq}}{2.L.\ell} \left(1 + \frac{e.\cos\theta}{a} + \frac{6.e.\sin\theta}{L} \right)$$
- dans le cas d'une pression minimale négative, calcul de la pression maximale p_{Max} ::

$$p_{Max} = -\frac{eF_{eq}}{L.\ell} \left(\frac{|\cos\theta|}{a} + \frac{6.\sin\theta}{L} \right)$$
- comparaison de p_{Max} avec la valeur p_{sol} maximale autorisée ;
- dans le cas où la valeur de p_{Max} dépasse la valeur de p_{sol} , ou si $b\%$ dépasse 90%, sonnerie de l'alarme et blocage des mouvements en cours de la foreuse jusqu'à ce que l'opérateur appuie sur l'arrêt d'urgence donnant accès à un mode de dégagement non-détaillé ici. La variable booléenne traduisant l'arrêt d'urgence est notée **ARU** et vaut 1 si l'arrêt est enclenché, 0 sinon ;
- redémarrage du travail normal de la foreuse et du contrôle de sa stabilité une fois le dégagement terminé et l'arrêt d'urgence désenclenché. La variable booléenne de la fin de dégagement est notée **FinDeg** et vaut 1 si la demande de fin est enclenchée, 0 sinon.

Ce fonctionnement séquentiel est illustré par le diagramme d'états du Document Réponse **DR1**.

Le tableau 1 récapitule les niveaux de pression que les sols peuvent supporter avant de risquer de s'affaïsser.

Type de sol	Rocher	Schiste argileux	Gravier compact	Asphalte	Sable compacté	Sable en vrac	Argile humide
Pression maximale admissible (kPa)	2000	800	400	200	200	100	<100

Tableau 1 - Pressions admissibles par le sol selon le type de sol

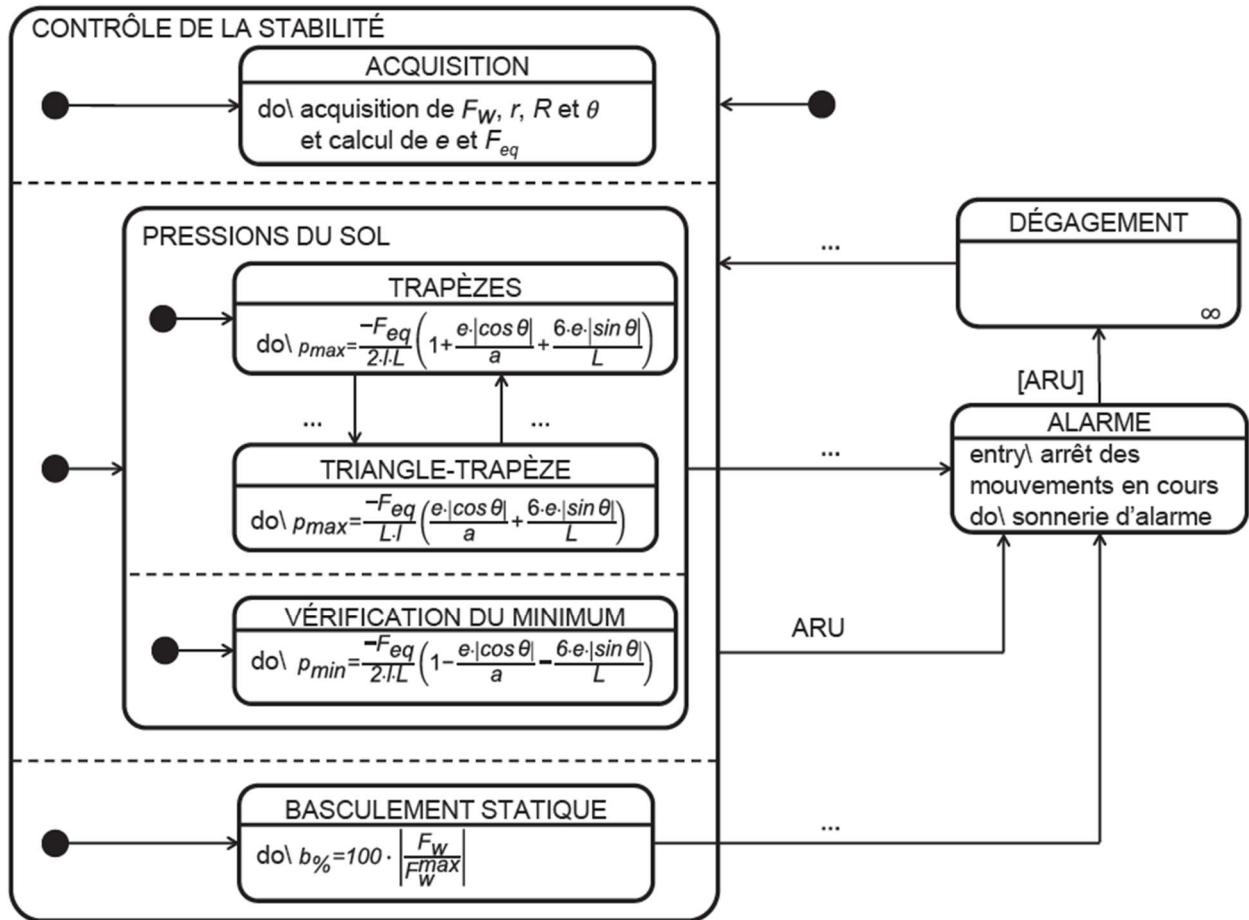
- Q1.** À l'aide de la description du fonctionnement séquentiel précédente, compléter les cinq transitions manquantes du diagramme d'états fourni dans le DR1.

On propose sur le croquis du bas du DR2 une chronologie d'événements : déploiement, orientation puis positionnement de la tourelle. L'évolution théorique des pressions estimées par l'ordinateur et du pourcentage d'atteinte de la posture critique de basculement qui découle de ces événements est aussi donnée sur le DR2.

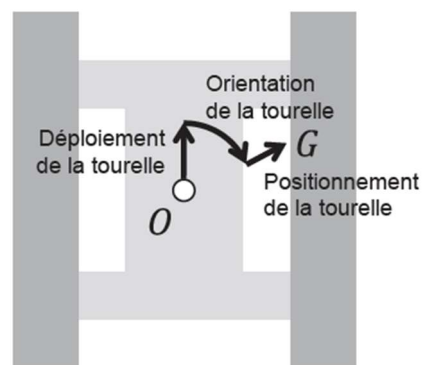
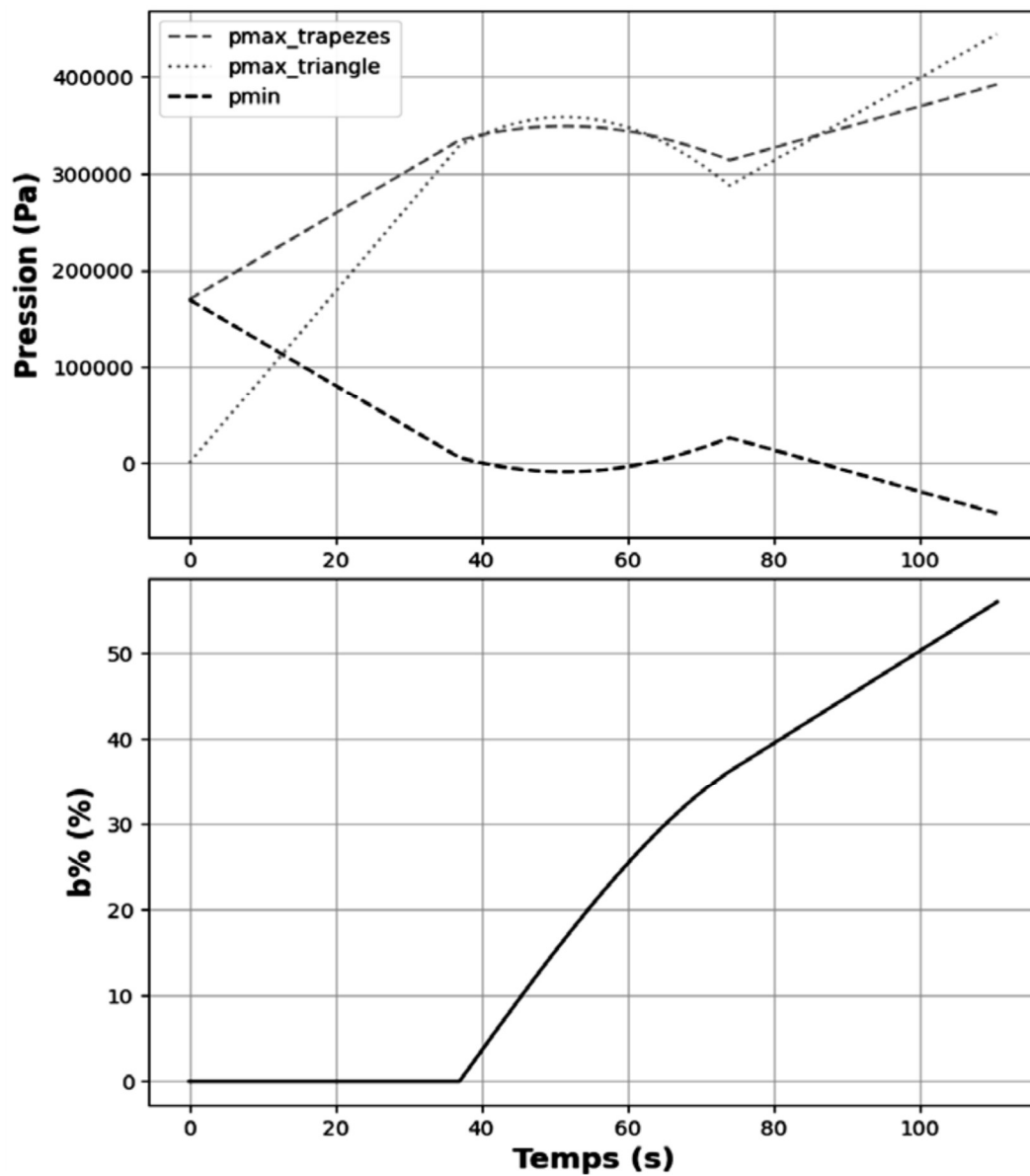
- Q2.** Grâce au diagramme d'états complété, surligner sur le DR2 la valeur de p_{Max} retenue par l'ordinateur de bord au cours du temps. Indiquer clairement sur le DR2 l'instant où l'alarme se déclenchera sachant que ces opérations se déroulent sur du gravier compact (voir tableau 1) et que l'opérateur a réglé p_{sol} à la limite maximale de ce matériau sans coefficient de sécurité.
- Q3.** Résumer en quoi les estimations de $b\%$ et de p_{sol} par la machine sont des indicateurs pertinents et complémentaires pour le contrôle de la stabilité, afin de satisfaire l'exigence 1.1.

Document réponse

DR1



DR2



Lève vitre CCINP – PSI – 2017 (extrait)

1. Présentation



On s'intéresse dans cet exercice à des ouvrants dont le pilotage est automatisé. Ici, l'utilisateur demande simplement à ce que l'ouvrant se déplace jusqu'à une position prédéfinie. Une brève action de sa part entraîne le déplacement complet de l'ouvrant. Pour le lève-vitre électrique séquentiel, l'utilisateur demande à ce que la vitre remonte complètement, par une courte action sur l'interrupteur. Dès lors, le système de contrôle/commande gère le déplacement de l'ouvrant dans le cas normal, mais aussi en cas de dysfonctionnement (perte de fonctionnalité ou présence d'un obstacle sur le trajet de la vitre). Il faut donc assurer un fonctionnement sûr et robuste du système d'ouvrant piloté automatisé pour éviter que le système blesse un occupant.

Le diagramme des exigences est donnée figure 1 ci-dessous

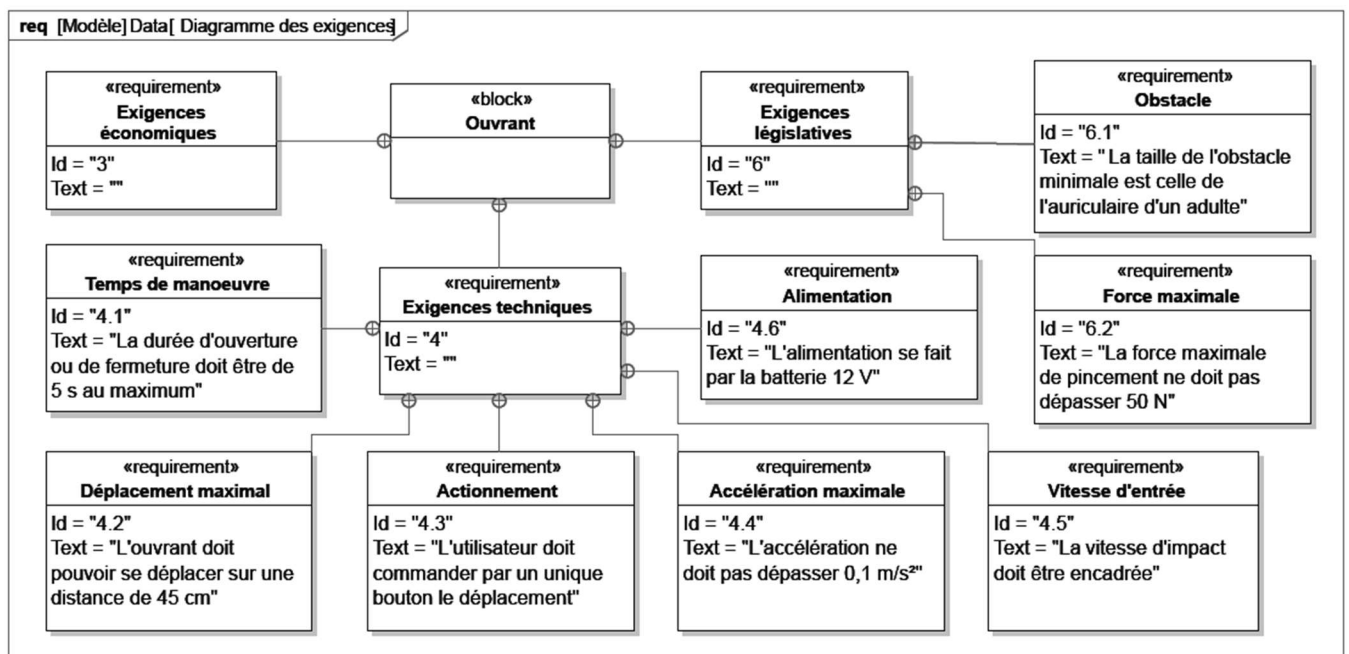


Figure 1 : Diagramme des exigences

2. Mesure de la position de la vitre

La position de la vitre est détectée à l'aide de capteurs à effet Hall situés près du moteur (figure 3, page suivante). Une roue magnétique possédant 2 paires de pôles Nord/Sud est solidaire de l'axe du rotor du moteur. Deux capteurs à effet Hall sont placés en quadrature et repèrent les changements de champ magnétique (fronts montants et descendants) de la roue en fonction de la rotation du moteur.

Q1. Quels sont les intérêts d'utiliser deux capteurs à effet Hall placés en quadrature ?

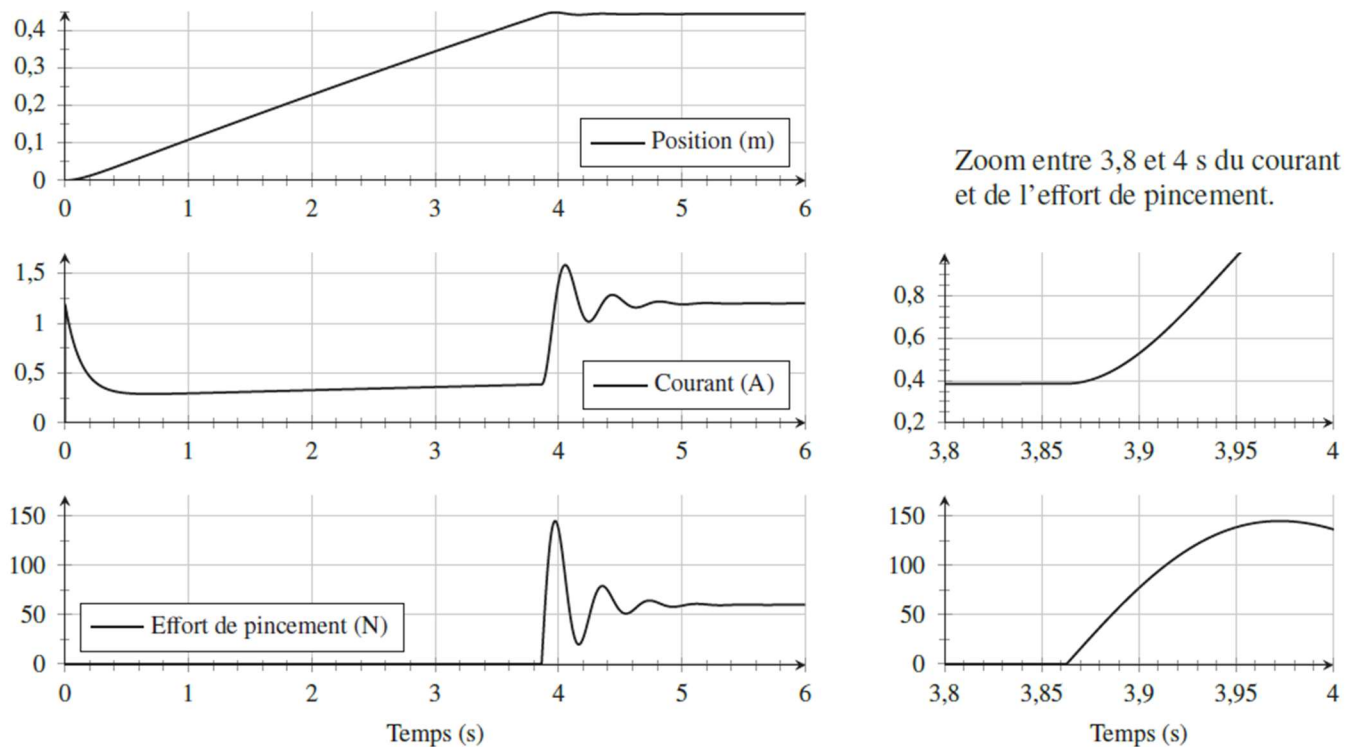


Figure 2 : Courbes de position de la vitre, d'intensité moteur et d'effort de pincement

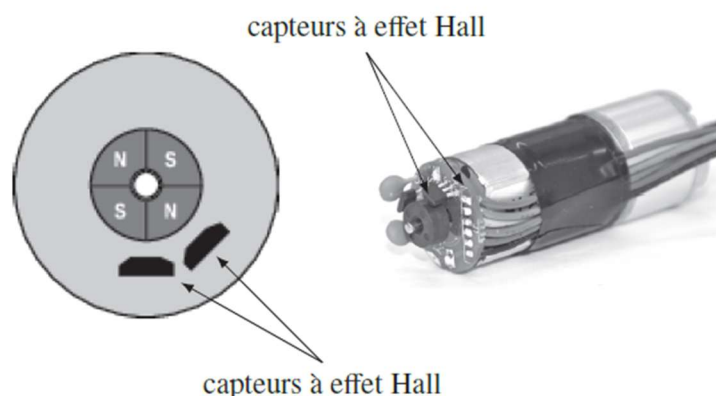


Figure 3 : Principe du capteur à effet Hall

Compte-tenu des capteurs utilisés, il est possible d'obtenir une précision de 1/8ème de tour du moteur. La vitesse de déplacement de la fenêtre est liée à la rotation du moteur par la relation :

$$v = r\omega$$

Où $r = 0,39 \text{ mm} \cdot \text{rad}^{-1}$

- Q2. Déterminer le plus petit déplacement de la vitre en mm qu'il est possible de mesurer avec ce capteur.
- Q3. En prenant une raideur d'obstacle $k = 20 \text{ N/mm}$ correspondant à la dernière phalange de l'auriculaire, combien d'impulsions auront été comptées à partir du moment où la phalange commence à être écrasée jusqu'à ce que l'effort dans la phalange soit de 50 N (diagramme des exigences, figure 1) ? Commenter ce résultat.

3. Analyse de la qualité de la mesure de la vitesse

Pour détecter un obstacle, une solution envisagée est d'utiliser la mesure de la vitesse dont les variations sont plus grandes que celles du courant. La vitesse de rotation du moteur est tout d'abord calculée. Lorsque la variation de cette vitesse est supérieure à une valeur donnée, on indique qu'un obstacle est rencontré et le moteur est stoppé.

Les simulations de la partie précédente montrent qu'il faut détecter rapidement la variation de vitesse, ce qui impose de prendre une période d'échantillonnage de 10 ms au maximum. Ainsi, toutes les 10 ms, le programme va calculer la vitesse en prenant le nombre d'impulsions comptées depuis le dernier calcul et en le divisant par la période d'échantillonnage.

- Q4. En supposant que le moteur tourne parfaitement à la vitesse nominale de 300 rad/s , déterminer le nombre d'impulsions moyen **Nmoy** mesuré à chaque période d'échantillonnage.

Le nombre **N** réellement utilisé par le programme est un entier égal, soit à l'entier immédiatement inférieur à **Nmoy**, soit à l'entier immédiatement supérieur. Par conséquent, il y a deux valeurs possibles pour la vitesse de rotation du moteur.

- Q5. Déterminer les deux valeurs extrêmes de rotation du moteur en tours/min.
- Q6. Conclure quant à la pertinence de l'utilisation de la variation de la vitesse pour obtenir un résultat fiable pour la détection. Au vu de la simulation **figure 4** ci-dessous, commenter également l'hypothèse de vitesse constante avant détection d'obstacle.

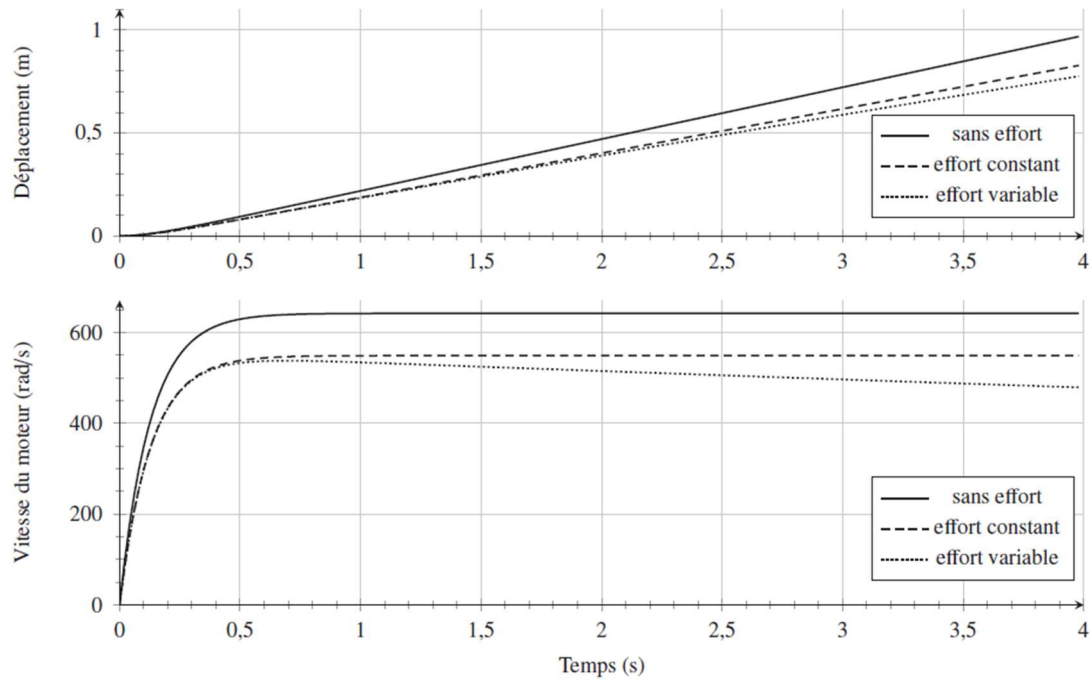


Figure 4 : Courbes de la position de la vitre et de la vitesse de rotation du moteur

4. Mise en place de l'algorithme de commande

L'algorithme finalement mis en place se base sur la variation des temps mesurés entre deux impulsions successives. Après la détection d'une impulsion, un prédictor temporel permet de déterminer le temps auquel la prochaine impulsion est attendue. Si la nouvelle impulsion intervient avant le temps prédit, alors il n'y a pas de blocage, sinon un blocage est détecté et une alarme est déclenchée.

En réalité, cette technique conduit à de fausses détections et une modification permettant d'améliorer la robustesse est de ne déclencher l'alarme qu'au bout de 3 dépassements du temps prédit.

Cet algorithme est résumé sur la **figure 5** pour lequel :

- **appui bouton** est un évènement qui survient quand le bouton de commande est actionné,
- **M+** est la variable permettant de faire tourner le moteur dans le sens de la montée de la vitre,
- **M0** permet d'arrêter le moteur,
- **impulsion** est un évènement qui survient à chaque nouvelle impulsion envoyée par les capteurs,
- **fin course haut** est un évènement permettant de détecter l'arrivée en position haute de la vitre,
- **prediction()** est une fonction qui renvoie le temps auquel la prochaine impulsion est attendue,
- **alarme** permet d'activer l'alarme.

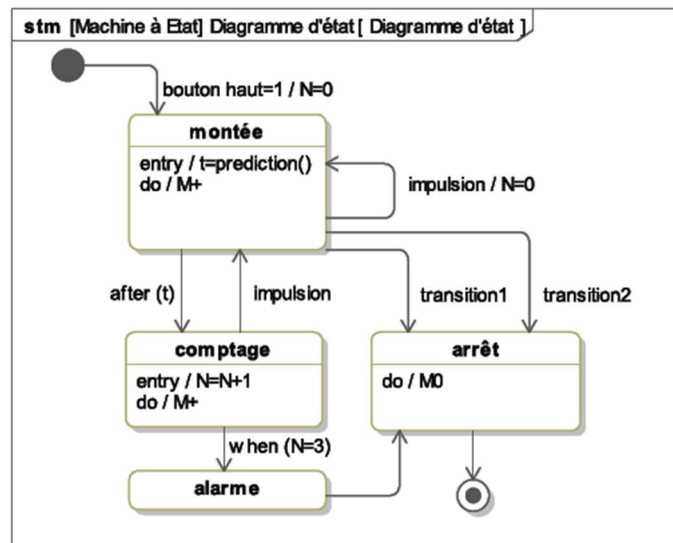


Figure 5 : Diagramme d'état de l'algorithme en version simplifiée

- Q7. Donner l'expression des deux conditions notées « transition 1 » et « transition 2 » permettant de passer de l'état montée à l'état arrêt directement.
- Q8. Compléter le chronogramme du document réponse (page suivante) en indiquant par des créneaux les durées pendant lesquelles un état est activé et l'évolution du contenu de la variable N . La durée de l'alarme et de l'arrêt est supposée très faible et sera représentée par un dirac (une impulsion).

