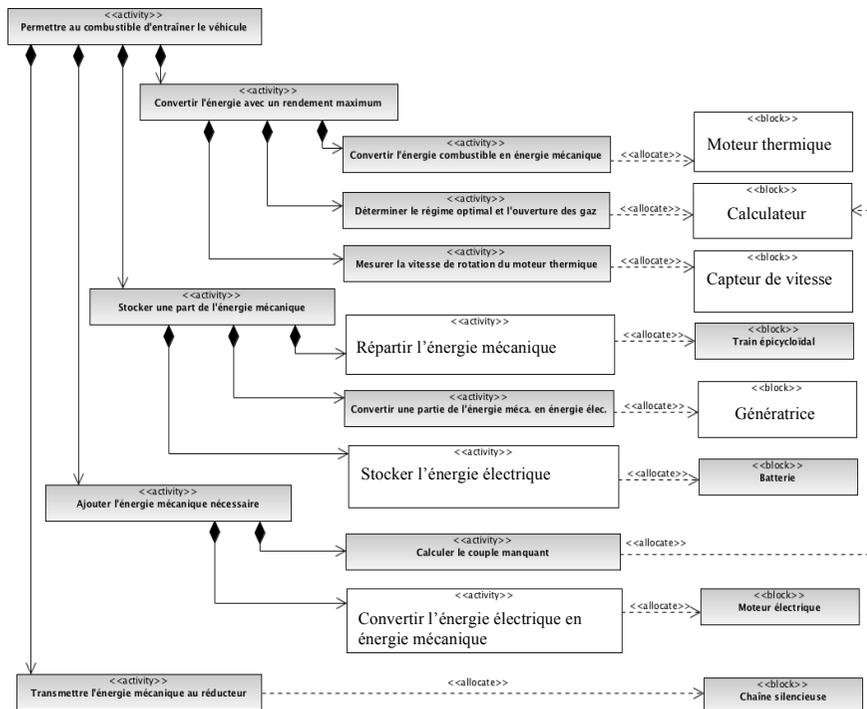




EXERCICE  
TECHNOLOGIE HSD DE LA TOYOTA PRIUS



Réponse à la question I.C.1 :



Réponse aux questions II.B.1 et II.B.2 :

II.B.1) Dans cette première approche on ne prend pas en compte EV et MA. La lecture (réduite) des conditions permet alors de comprendre que :

- le moteur doit être en marche si la température de l'eau est inférieure à 50°C ( $\bar{T}_e$ )

- sinon il doit être en marche si le frein n'est pas actionné ( $\bar{F}_r$ ) et si :

- soit la vitesse est supérieure à 50 km/h ( $V_e$ )
- soit la puissance demandée est supérieure à 6kW ( $P_{tot}$ )

D'où :  $MT1 = \bar{T}_e + \bar{F}_r \cdot (V_e + P_{tot})$

On peut aussi considérer que la configuration où à la fois on freine et on accélère est improbable. Elle n'est certes pas matériellement impossible mais n'a pas lieu d'être.

Ceci permet une écriture plus simple :

$MT1 = \bar{T}_e + P_{tot} + \bar{F}_r \cdot V_e$

$P_{tot}$	$F_r$	$V_e$	$T_e$	$MT_1$
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0 ou 1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0 ou 1

Table de vérité partielle

NB : toutefois, si un conducteur maladroit appuie simultanément sur les deux pédales de frein et d'accélérateur, cette simplification conduit au maintien de la commande du moteur thermique : est-ce raisonnable ?? On préférera donc la première équation.

II.B.2) Prise en compte de MA et EV

On ajoute maintenant les conditions concernant MA et EV :

- le moteur thermique n'est mis en marche qu'en marche avant ;
- le moteur thermique ne doit pas être mis en marche si le mode tout électrique est activé (EV), sauf si la vitesse est supérieure à 50km/h ( $V_e$ ).

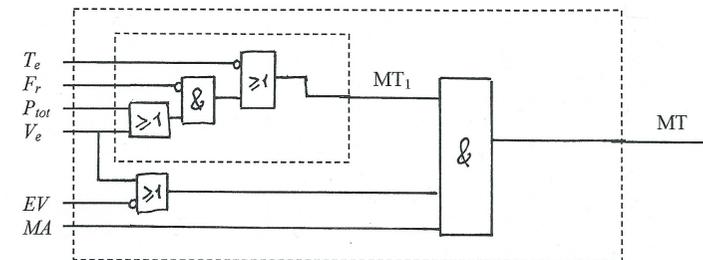
Ceci amène à ajouter la condition :  $MA \cdot (\bar{EV} + V_e)$

Donc finalement :  $MT = MT1 \cdot MA \cdot (\bar{EV} + V_e)$

Soit, compte tenu des considérations précédentes :

$MT1 = [\bar{T}_e + \bar{F}_r \cdot (V_e + P_{tot})] \cdot MA \cdot (\bar{EV} + V_e)$

si on ne veut pas prendre de risque en cas d'appui sur les deux pédales.



Réponse aux questions de la partie III :

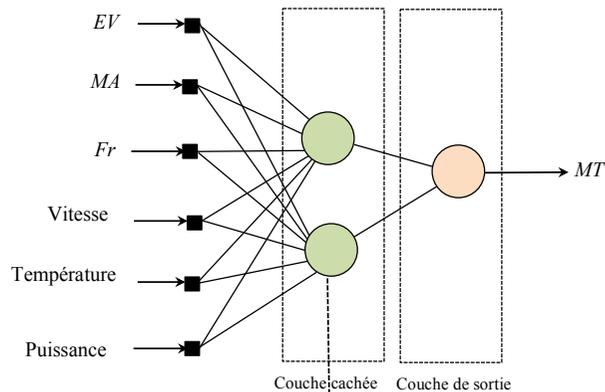
III.1) L'I.A. doit réaliser une classification puisque la sortie est discrète (et même binaire).

III.2) Les grandeurs continues doivent être normalisées (dans l'intervalle [0,1]) afin de pouvoir être traitées avec les données binaires en ayant des ordres de grandeurs similaires.

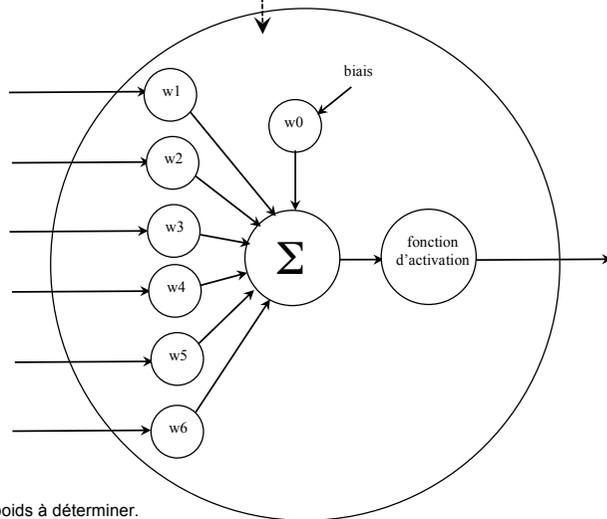
III.3) Chaque donnée d'apprentissage est constituée d'un lot de six entrées associé à la sortie attendue. Le tableau se présentera alors de la manière suivante et comportera autant de lignes que de données.

EV	MA	Fr	Vitesse	Temp.	Puissance	Commande MT

III.4) Puisqu'il n'y a qu'une seule sortie, le réseau contiendra un seul neurone de sortie. On complète alors le schéma demandé :



III.5)



où les  $w_i$  sont les poids à déterminer.

III.6)

Le réseau précédent contient :

- un neurone de sortie à 3 paramètres : un poids pour son biais et un poids pour chacune de ses deux entrées ;
- deux neurones cachés à 7 paramètres : un poids pour son biais et un poids pour chacune des six entrées du réseau.

Il contient donc au total :  $3 + 2 \times 7 = 17$  paramètres.

Si on généralise le raisonnement pour n neurones dans la couche cachée, cela donne :

- $1+n$  paramètres dans le neurone de sortie ;
- $7n$  paramètres dans la couche cachée.

Le réseau contient alors :  $8n+1$  paramètres.

III.7) Il semble pertinent de proposer une fonction d'activation de type Heaviside pour le neurone de sortie puisque la sortie de celle-ci est binaire.

III.8)

		Sorties prédites	
		MT=1	MT=0
Sorties attendues	MT=1	488	12
	MT=0	203	297

La matrice de confusion permet d'extraire les performances suivantes :

$$\text{Justesse} = \frac{488 + 297}{1000} = 78,50\%$$

$$\text{Sensibilité à MT} = \frac{488}{500} = 97,60\%$$

$$\text{Sensibilité à } \overline{\text{MT}} = \frac{297}{500} = 59,40\%$$

$$\text{Précision pour MT} = \frac{488}{691} = 70,62\%$$

$$\text{Précision pour } \overline{\text{MT}} = \frac{297}{309} = 96,12\%$$

Le système a tendance à privilégier le moteur thermique.

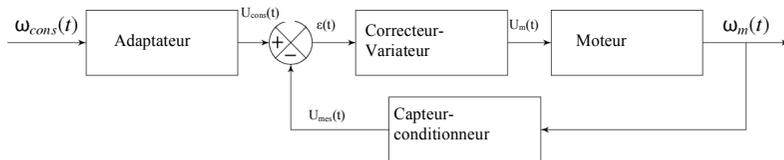
# TÊTE DE DÉCOUPE DE TISSUS



D'après corrigé fourni par l'UPSTI.  
<http://www.upsti.fr/>

## Partie I - Modélisation du comportement du moteur de coupe

Q1. Compléter le schéma-bloc fonctionnel du document réponse DR1 en indiquant dans les blocs le nom des composants (moteur, adaptateur, correcteur-variateur, capteur-conditionneur) et les paramètres qui transitent entre les blocs.



### I.1 - Modélisation du comportement du moteur

Q2. Transformer les quatre équations dans le domaine de Laplace en supposant les conditions initiales nulles.

$$u_m(t) = R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + e(t) \rightarrow U_m(p) = R \cdot I(p) + L \cdot p \cdot I(p) + E(p)$$

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = c_m(t) + c_r(t) \rightarrow J \cdot p \cdot \Omega(p) = C_m(p) + C_r(p)$$

$$c_m(t) = k_c \cdot i(t) \rightarrow C_m(p) = k_c \cdot I(p)$$

$$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \rightarrow E(p) = K_e \cdot \Omega(p)$$

Q3. En supposant le couple résistant nul,  $c_r(t) = 0$ , donner la forme canonique de la fonction de transfert  $H_m(p)$  en fonction de  $R, L, k_e, k_c$  et  $J$ .

$$H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{\frac{1}{k_e}}{1 + \frac{L \cdot p(R + L \cdot p)}{k_c k_e}} = \frac{\frac{1}{k_e}}{1 + \frac{JR}{k_c k_e} p + \frac{JL}{k_c k_e} p^2}$$

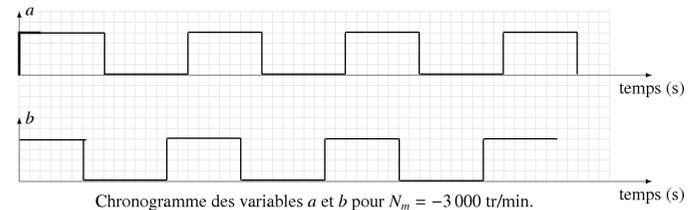
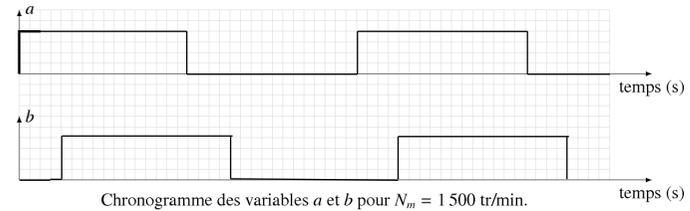
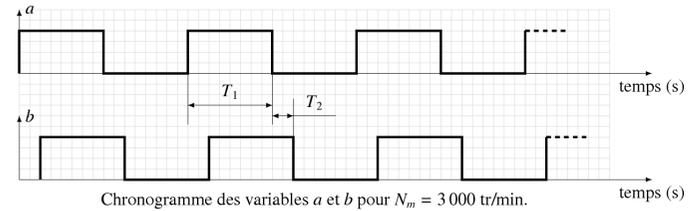
On obtient une fonction de transfert du second ordre avec un gain statique de  $1/k_e$

### I.2 - Analyse du comportement de la chaîne de mesure

Q4. Déterminer les valeurs numériques des durées  $T_1$  et  $T_2$  définies sur le document réponse DR2.

$$T_1 = \frac{1}{50.5000} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ s} \quad \text{et} \quad T_2 = \frac{T_1}{4} = 10^{-6} \text{ s}$$

Q5. Compléter, sur le document réponse DR2, l'évolution temporelle des variables  $a$  et  $b$  pour  $N_m = 1500 \text{ tr/min}$  puis  $N_m = -3000 \text{ tr/min}$  en conservant la même échelle temporelle que celle du chronogramme tracé pour  $N_m = 3000 \text{ tr/min}$ .

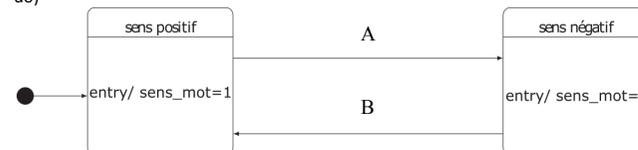


Q6. Compléter les événements (et les conditions de gardes) des transitions du diagramme d'états, du document réponse DR3, permettant d'affecter la variable sens\_mot. Les entrées utilisées sont  $a, b, \text{pulse\_a}$  et  $\text{pulse\_b}$ .

Remarque 1 : Le sujet ne précise pas si on doit prendre en compte uniquement les fronts montants ou les fronts montants et descendants

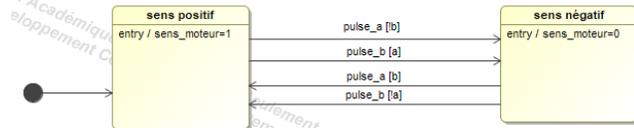
Si on fait l'hypothèse d'une détection des fronts montants et descendants $A = \text{pulse\_a}[\bar{b}] + \text{pulse\_b}[a] + \overline{\text{pulse\_a}}[b] + \overline{\text{pulse\_b}}[\bar{a}]$ $B = \text{pulse\_b}[\bar{a}] + \text{pulse\_a}[b] + \overline{\text{pulse\_b}}[a] + \overline{\text{pulse\_a}}[\bar{b}]$	Si on fait l'hypothèse d'une détection uniquement des fronts montants $A = \text{pulse\_a}[\bar{b}] + \text{pulse\_b}[a]$ $B = \text{pulse\_b}[\bar{a}] + \text{pulse\_a}[b]$
---	---

Remarque 2 : le diagramme ci-dessous est modifié par rapport à celui du sujet d'origine (entry à la place de do)

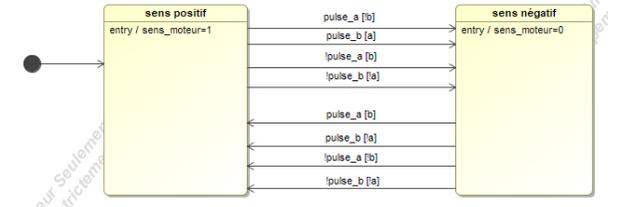


**Remarque 3 :** il est préférable de ne mettre qu'un événement par transition, ce qui conduit aux diagrammes ci-dessous.

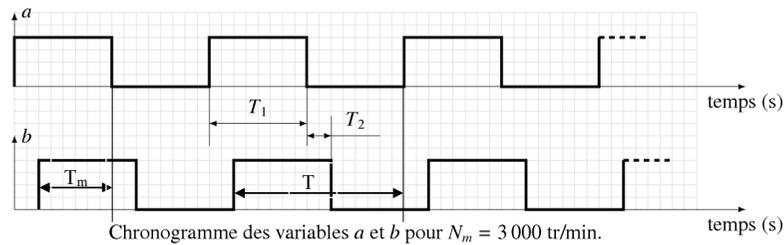
Si uniquement détection des fronts montant :



Si détection des fronts montant et descendant :



**Q7.** Quelle est l'amplitude de l'erreur maximale en radian sur  $\theta_m$  induite par cette démarche de comptage ?



Si on fait l'hypothèse d'une détection des fronts montants et descendants  L'intervalle de temps le plus grand entre 2 détections est $T_{md}=3.T_2 = 3.10^{-6}s$ Ce qui correspond à un angle de $\theta_{m(md)} = \frac{3000.2.3,14}{60} . 3.10^{-6} = 0,94.10^{-3}rad$	Si on fait l'hypothèse d'une détection uniquement des fronts montants  L'intervalle de temps le plus grand entre 2 détections est $T_m=7. T_2=7.10^{-6}s$ Ce qui correspond à un angle de $\theta_{m(m)} = \frac{3000.2.3,14}{60} . 7.10^{-6} = 2,2.10^{-3}rad$
---	---

**I.3 - Optimisation des performances de l'asservissement en vitesse du moteur**

**Q8.** Pour chaque courbe de la figure 4, préciser, en le justifiant, si la valeur de  $K_i$  est nulle ou non.

Le correcteur  $H_{cor}(p) = K_p + \frac{K_i}{p} = \frac{K_p p + K_i}{p}$  est un correcteur proportionnel-intégral insérant donc un intégrateur dans la boucle si  $K_i \neq 0$ . La présence de cet intégrateur assure la précision du système.

Ainsi :

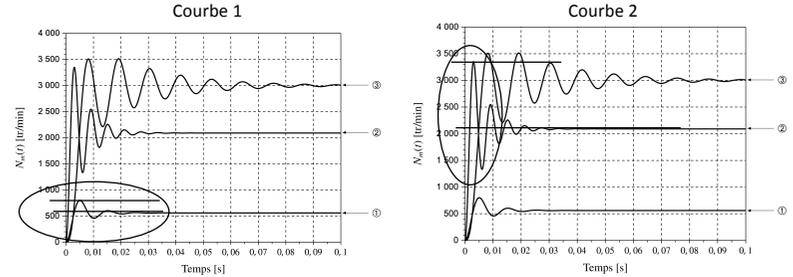
Courbes 1 et 2 :  $K_i$  nul car erreur statique non nulle

Courbe 3 :  $K_i$  non nul car erreur statique nulle (intégrateur dans la boucle).

**Q9.** Pour les courbes (1) et (2), préciser, en le justifiant, la simulation qui est associée à la plus grande valeur de  $K_p$ .

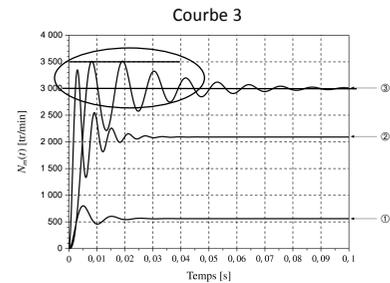
L'augmentation du gain du correcteur proportionnel provoque la diminution de l'erreur statique. La courbe 2 est donc associée à une valeur de  $K_p$  plus grande que celle de la courbe 1.

**Q10.** Déterminer les valeurs associées aux quatre critères de performances de l'exigence 1.2.2.1. Conclure sur le correcteur à adopter.



Erreur statique : 2450 tr/min  $\neq 0$  : **non conforme**  
Stabilité : entrée bornée / sortie bornée : **conforme**  
Tr5%=0.016s < 0.5s : **conforme**  
1<sup>er</sup> dépassement : 45% > 20% : **non conforme**

Erreur statique : 900 tr/min  $\neq 0$  : **non conforme**  
Stabilité : entrée bornée / sortie bornée : **conforme**  
Tr5%=0.018s < 0.5s : **conforme**  
1<sup>er</sup> dépassement : 59% > 20% : **non conforme**



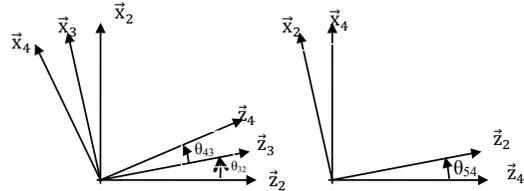
Erreur statique : 0 tr/min : **conforme**  
Stabilité : entrée bornée / sortie bornée : **conforme**  
Tr5%=0.048s < 0.5s : **conforme**  
1<sup>er</sup> dépassement : 16% < 20% : **conforme**

La courbe 3 permet de respecter l'exigence 1.2.2.1, il faut donc choisir un correcteur proportionnel-intégral ainsi réglé.

### Partie III – Modélisation du comportement mécanique de la tête de coupe

#### III.1 - Modélisation du comportement cinématique de la tête de coupe

**Q17.** Déterminer la relation entre les paramètres angulaires  $\theta_{32}(t)$ ,  $\theta_{43}(t)$  et  $\theta_{54}(t)$ .



A partir des figures planes de calcul, on a directement :  $\theta_{54}(t) + \theta_{43}(t) + \theta_{32}(t) = 0$

**Q18.** À l'aide d'une fermeture géométrique, déterminer la relation entre le paramètre  $\lambda(t)$ , l'angle  $\theta_{32}(t)$  et les données géométriques du système.

On réalise une fermeture géométrique entre les points A, B et C.

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CA} = \vec{0} \quad L_3 \vec{z}_3 + L_4 \vec{z}_4 - \lambda \vec{z}_2 = \vec{0}$$

En projection sur  $\vec{x}_2$  :

$$L_3 \sin \theta_{32} + L_4 \sin \theta_{42} = 0 \quad L_3 \sin \theta_{32} = -L_4 \sin \theta_{42} \quad \sin \theta_{42} = -\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}$$

$$\sin^2 \theta_{42} = \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2 \quad \cos^2 \theta_{42} = 1 - \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2$$

$$\cos \theta_{42} = \pm \sqrt{1 - \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2} \quad (\text{avec } L_3 < L_4)$$

En projection sur  $\vec{z}_2$

$$L_3 \cos \theta_{32} + L_4 \cos \theta_{42} - \lambda = 0 \quad \lambda = L_3 \cos \theta_{32} + L_4 \cos \theta_{42}$$

$$\lambda = L_3 \cos \theta_{32} + L_4 \sqrt{1 - \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2} \quad \text{ou} \quad \lambda = L_3 \cos \theta_{32} - L_4 \sqrt{1 - \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2}$$

D'après le schéma cinématique et le paramétrage  $\lambda$  doit être positif, on en déduit :

$$\lambda = L_3 \cos \theta_{32} + L_4 \sqrt{1 - \left(\frac{L_3}{L_4} \sin \theta_{32}\right)^2}$$

**Q19.** En déduire l'expression littérale de l'amplitude des oscillations de la lame, notée  $\Delta z$ . Faire l'application numérique et conclure sur le respect de l'exigence 1.2.2.3.

$$\Delta z = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = L_3 + L_4 - (-L_3 + L_4) = 2L_3 \quad \boxed{\Delta z = 2L_3}$$

(Ce que l'on peut trouver directement par lecture du schéma cinématique)

Application numérique :  $\Delta z = 2.12,5 = 25 \text{ mm} > 20 \text{ mm}$

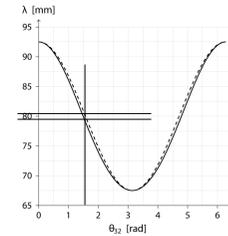
L'exigence 1.2.2.3 est respectée

**Q20.** Calculer le rapport  $\left(\frac{L_4}{L_3}\right)^2$  et le comparer à la valeur 1. Montrer alors que la loi obtenue à la question Q17 peut se mettre sous la forme  $\lambda(t) = L_3 \cos \theta_{32}(t) + L_4(t)$ .

$$\text{Numériquement le rapport } \left(\frac{L_4}{L_3}\right)^2 = \left(\frac{80}{12,5}\right)^2 = 40,9 \gg 1.$$

L'expression de la question 17 peut donc s'écrire :  $\lambda = L_3 \cos \theta_{32} + L_4$

**Q21.** Conclure sur l'adoption de la loi approximée dans la suite de l'étude. Les valeurs maximales et minimales sont identiques pour la position théorique et pour la position approximée. L'écart maximal vaut environ 1/25 soit 4 %. On peut donc valider l'approximation pour la position



**Q22.** Déterminer l'expression littérale de  $\dot{\lambda}(t)$  à partir du modèle simplifié de  $\lambda(t)$ .

$$\text{On a directement : } \boxed{\dot{\lambda}(t) = -\dot{\theta}_{32} L_3 \sin \theta_{32} = -\omega_{32} L_3 \sin \theta_{32}}$$

**Q23.** La simplification de la loi en vitesse permet-elle de valider l'exigence 1.2.2.4. ?

La valeur maximale théorique est de 4m/s.

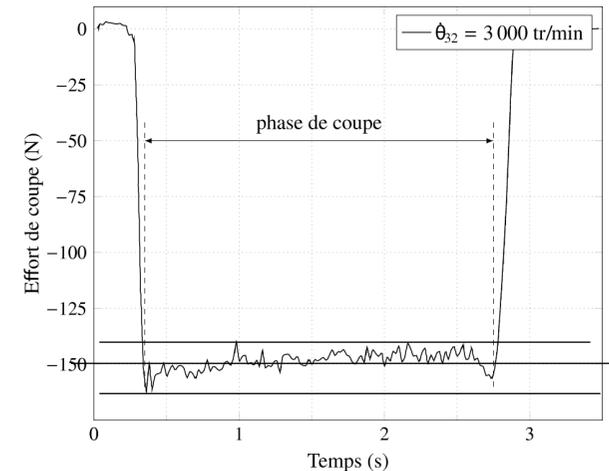
La valeur maximale du système simplifié est de 3.9m/s.

L'exigence 1.2.2.4 impose 4m/s  $\pm$  5% soit 3.8m/s <  $\dot{\lambda}$  < 4.2m/s

L'exigence 1.2.2.4 est donc respectée avec le modèle simplifié.

#### III.2 - Modélisation du comportement dynamique de la tête de coupe

**Q24.** Durant la phase de coupe, déterminer les valeurs moyenne, maximale et minimale de l'effort de coupe.



Si on raisonne en norme :

Valeur maximale: 162.5N	Valeur minimale : 140N	Valeur moyenne : 150 N
-------------------------	------------------------	------------------------

**Q25.** Conclure sur la validation de l'exigence 1.2.1.1. Justifier

$$\frac{\max - \min}{\text{moy}} = \frac{162,5 - 140}{150} = 15\%$$

L'effort de coupe varie donc de  $\pm 7,5\% < \pm 10\%$  par rapport à la valeur moyenne, l'exigence 1.2.1.1 est respectée