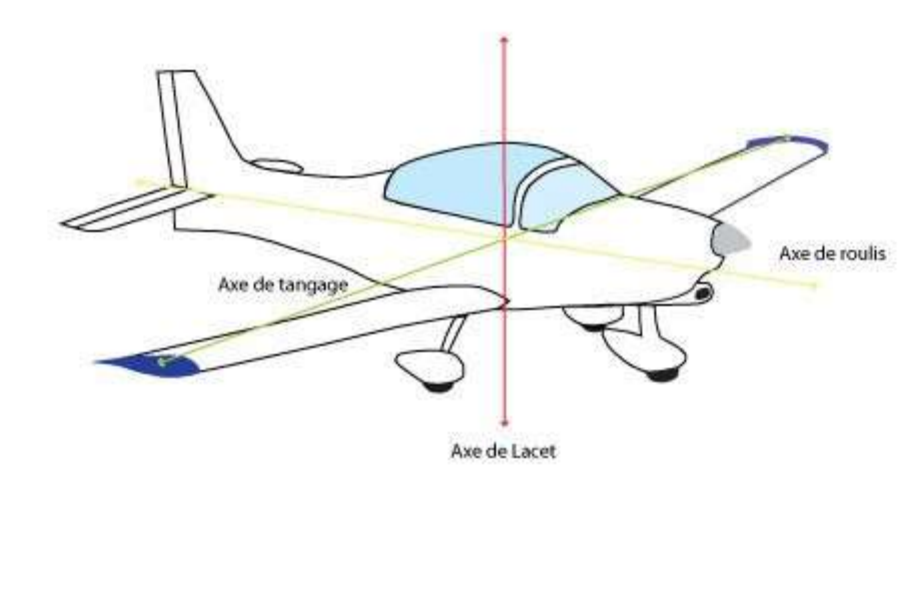
RUPTURE D'UNE AILE D'AVION

Marwane Lafdi – Centre CPGE TETOUAN – 2020/2021
Encadré par Ahmed Tagui

Comment peut on asservir l'angle de tangage pour éviter les situations extrêmes ? Quelle correcteur a choisir ?



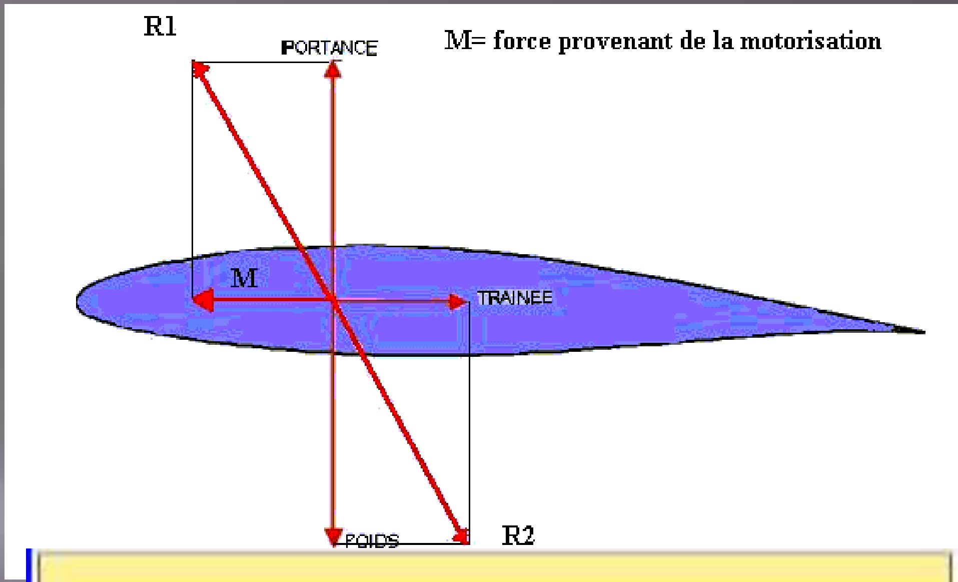
Plan de la présentation

- Modélisation des actions mécaniques qui seront en étude . Modélisation de l'aile de l'avion pour faire une étude RDM. Afin de trouver une section équivalente a celle de l'aile.
- Énonce de l'équation d'EULER-BERNOULLI pour les vibrations, des conditions aux limites, Résolution de l'équation par méthode analytique.
- Simulation du comportement de la poutre, et vérifier les modes propres trouvés précédemment.
- Proposition d'un modèle d'asservissement de position angulaire afin d'éviter ces modes propres, choix du correcteur.
- Conclusion.

Modélisation

La force de portance aura lieu a cause de la différence de pression entre l'intrados et l'extrados .

$$F=\frac{1}{2}\rho V^2 S C(1+\theta)$$

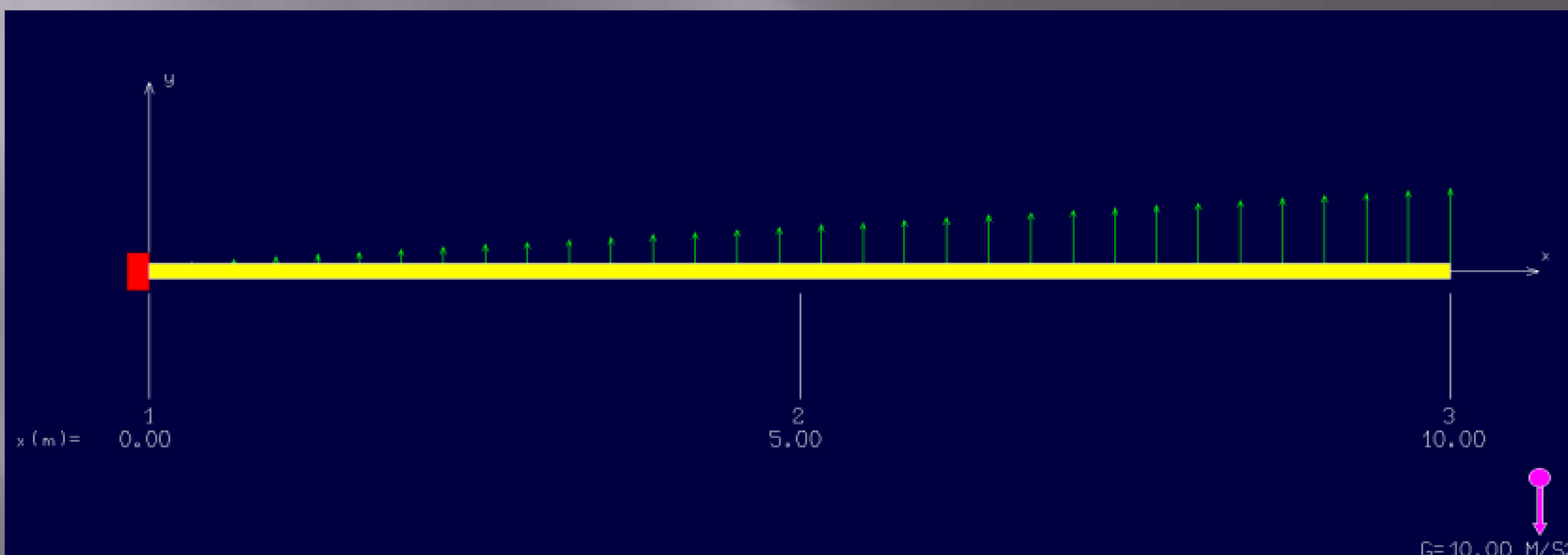


Avec C, coefficient de portance qui dépend de l'angle de tangage θ, on peut le déterminer rapidement en utilisant le Théorème de Bernoulli.

Modélisation

Puisque on étudiera seulement les vibrations verticales de l'aile, on peut proposer ce modèle :

En considérant que la force de portance et linéairement répartie (pour des raisons de simplification)



*faite sur RDM6-flexion sur mon pc

Modélisation

Donc on a : $\sigma max=(M/I)Ymax$

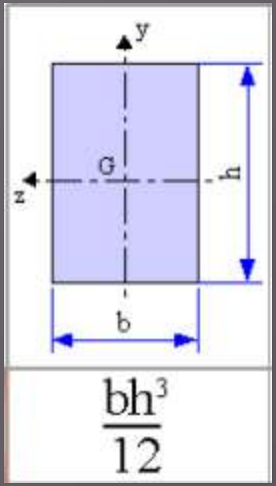
On peut donc déterminer I en fixant h.

On a $\sigma max=450MPa$

$Mfz=7,63*10^6$ N.m

$Ymax =0,2m$

Donc $I = 3,38*10^{-3}$ m^4



En fixant b=0,14m

Donc h=0,66m

Équation des vibrations

Ensuite, on assimilera notre aile a une poutre homogène de section rectangulaire, les vibrations affirme cette Équation de EULER-BERNOULLI.

$$EI\frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} = \rho A\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial^2 t}$$

On a donc Y(x,t)=W(x).q(t)

(méthode de séparation de variables)

∂W/∂x (x=0)=0
W(x=0)=0
Continuité de Y(x,t)

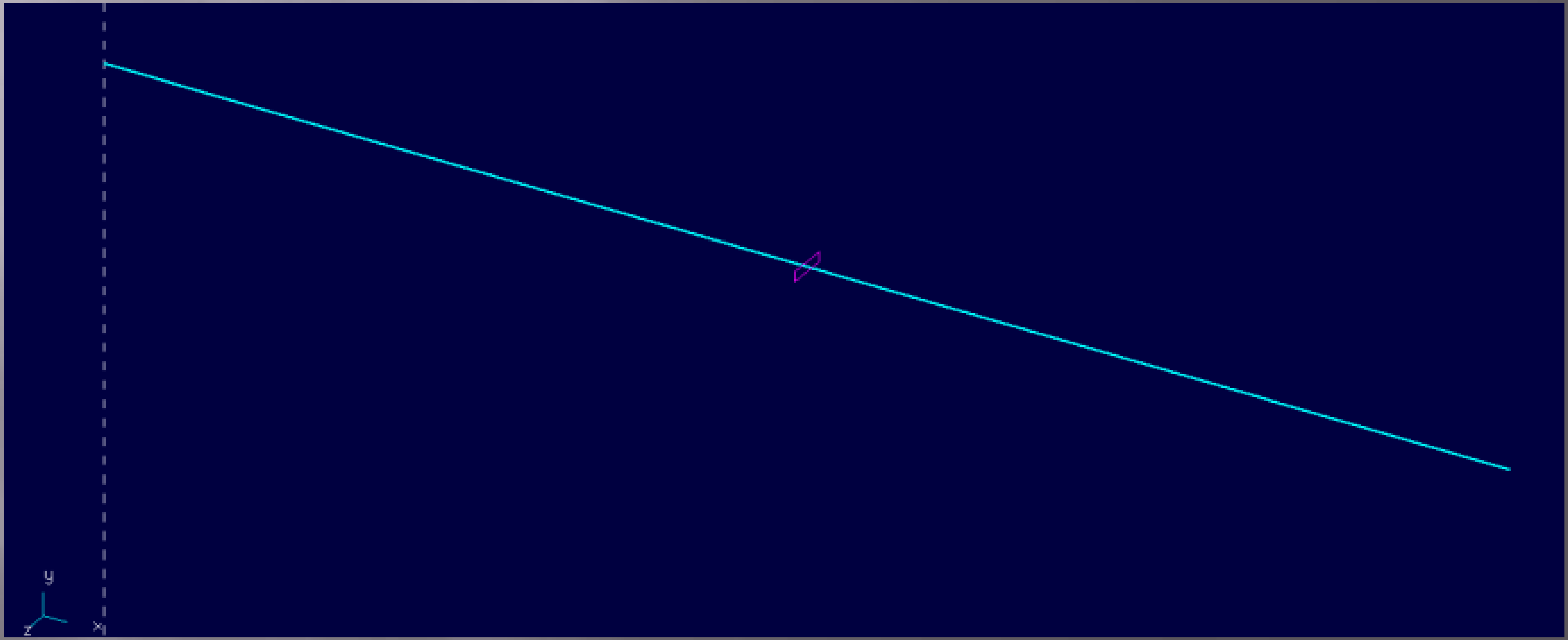
- Les résultats suivants sont obtenus a laide de MATLAB par le script NEWTON-RAPHSON avec des valeurs numériques différentes :

Fréquence	Valeur
$f1$	3,23 Hz
$f2$	32,17 Hz
$f3$	89,01 Hz

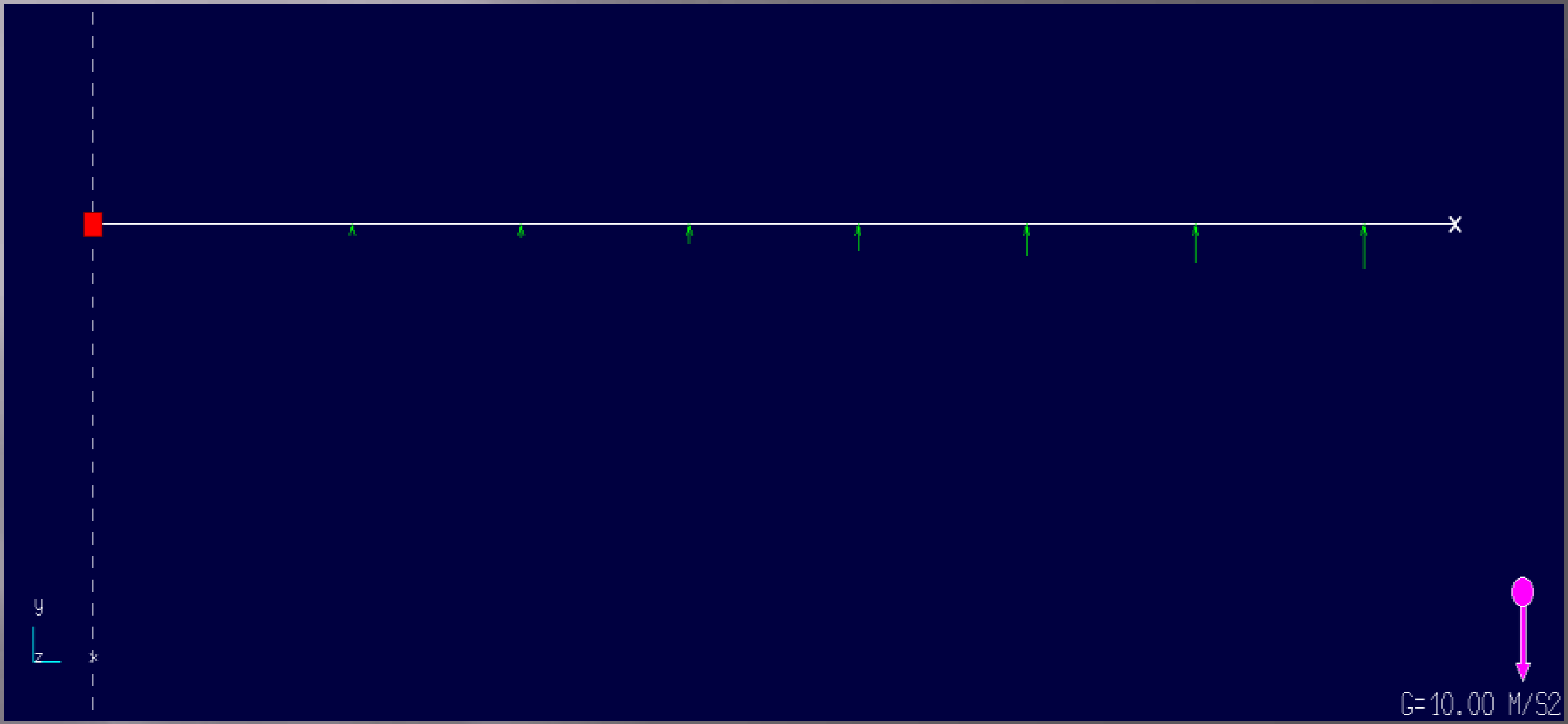
On essayera maintenant d obtenir les modes propres pas une simulation.

Simulation (RDM6-OSSATURES)

L'aile est maintenant assimile a une poutre droite de section rectangulaire.



Simulation (RDM6-OSSATURES)



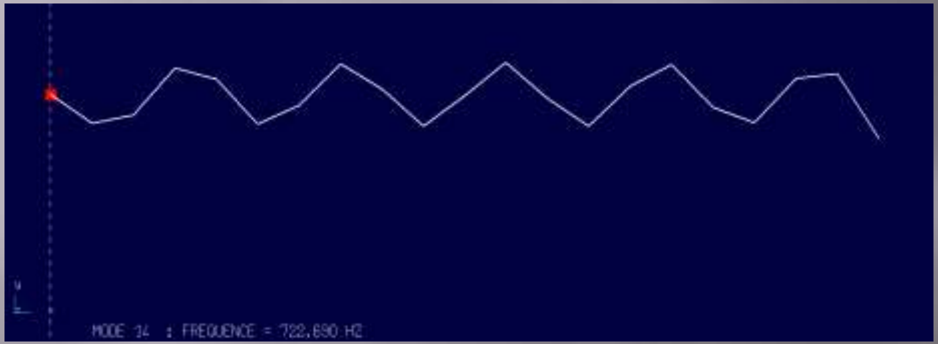
Simulation (RDM6-OSSATURES)

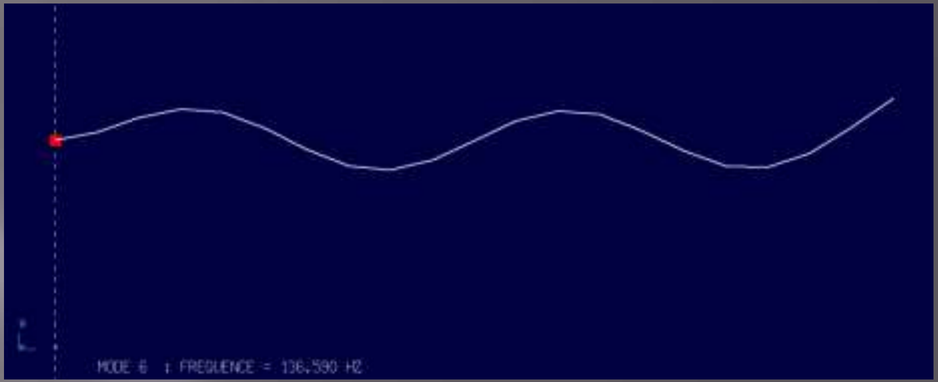
On obtiendra donc les modes propres suivants :

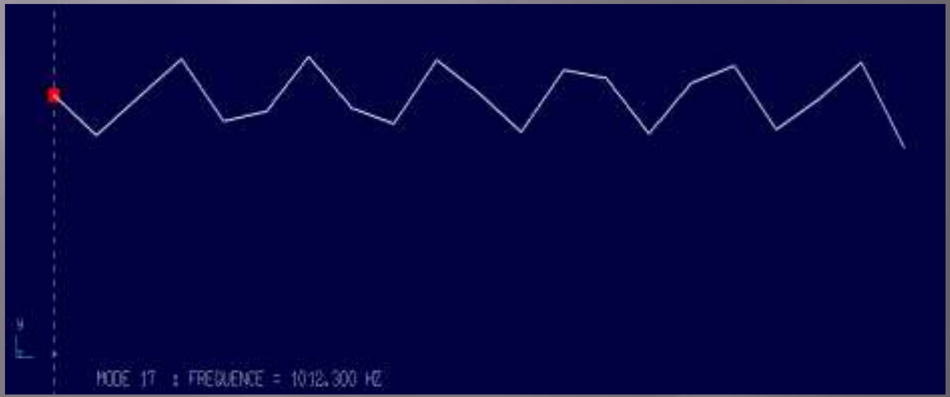
Fréquences	Pulsations
2,423 Hz	15,222 rad/s
15,166 Hz	95,291 rad/s
42,397 Hz	266,388 rad/s
82.883 Hz	520.769 rad/s
125.030 Hz	785.587 rad/s
136.590 Hz	858.220 rad/s
203.310 Hz	1277.434 rad/s
Etc…	

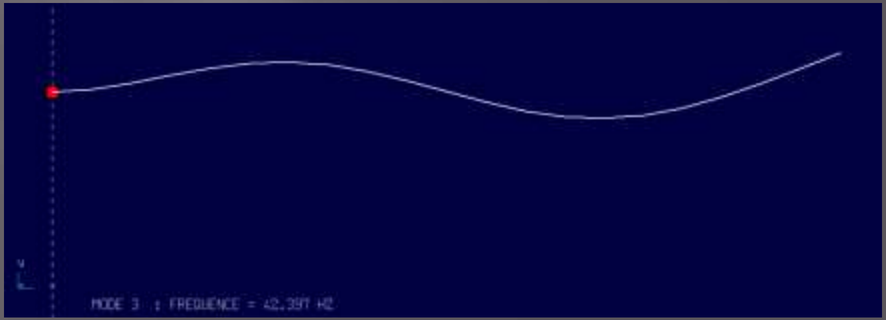
Simulation (RDM6-OSSATURES)

- Pour certains valeurs de pulsation la poutre va surement se déformer comme montre la simulation :









Asservissement

Il faut que ω(systeme) ≠ω(modes propres).

Or ω(systeme) = $f(\theta,\theta')$

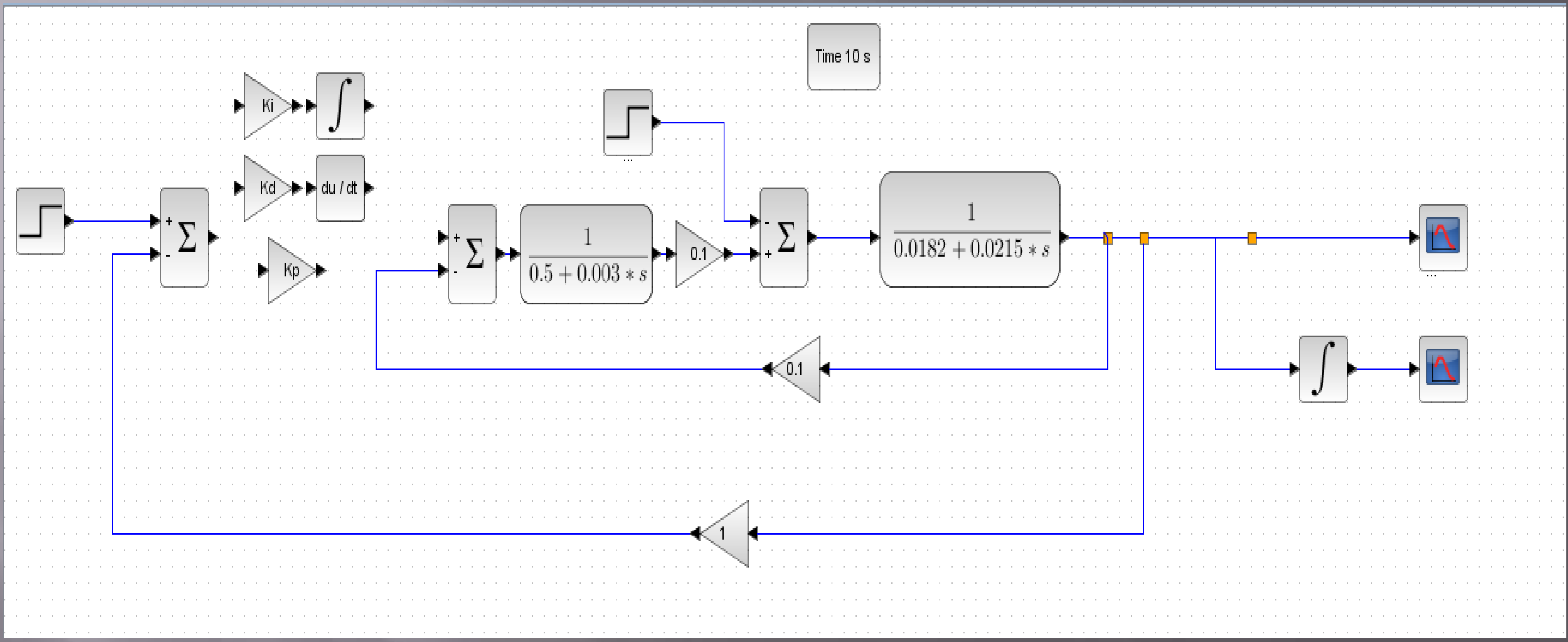
$$F=\tfrac{1}{2}\rho V^2SC(1+\theta)$$

$$M = -\tfrac{1}{2}\rho Vb^2C_\varphi\theta'$$

Avec b la demi corde, et C_φ le coefficient du moment de tangage (=0,05)

Asservissement

Pour cela on propose :



Asservissement

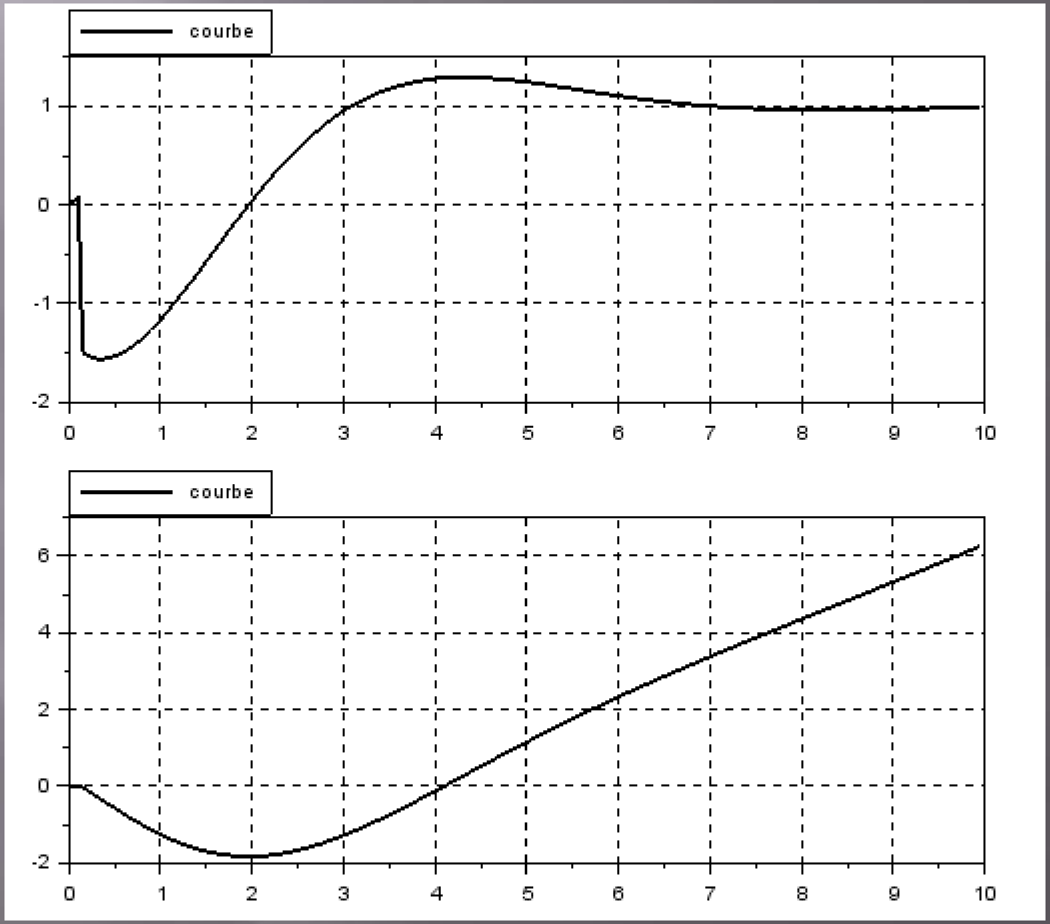
Donc on doit choisir un correcteur qui nous assurera ensuite la précision et la stabilité.

On utilisera la structure parallèle pour accomplir cette tache.

$$C(p) = (Kp) + (Kd)*p + (Ki)/p$$

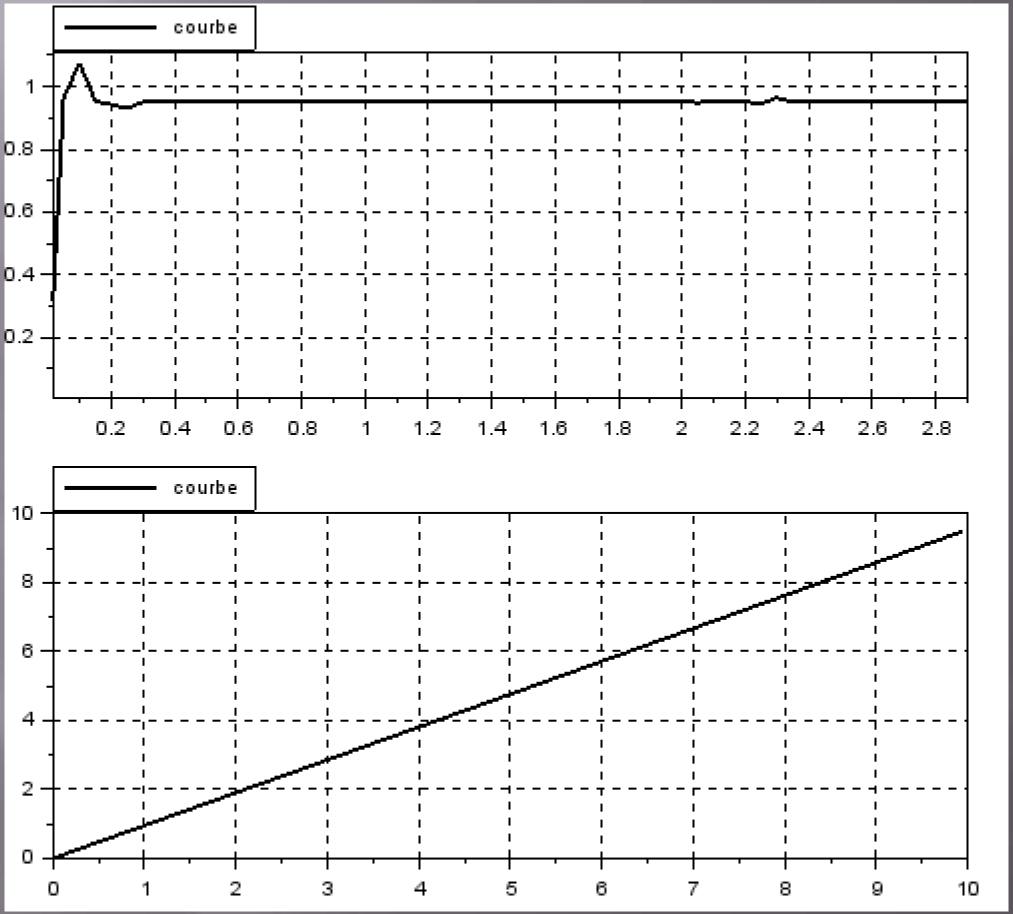
Asservissement

Au début on a :



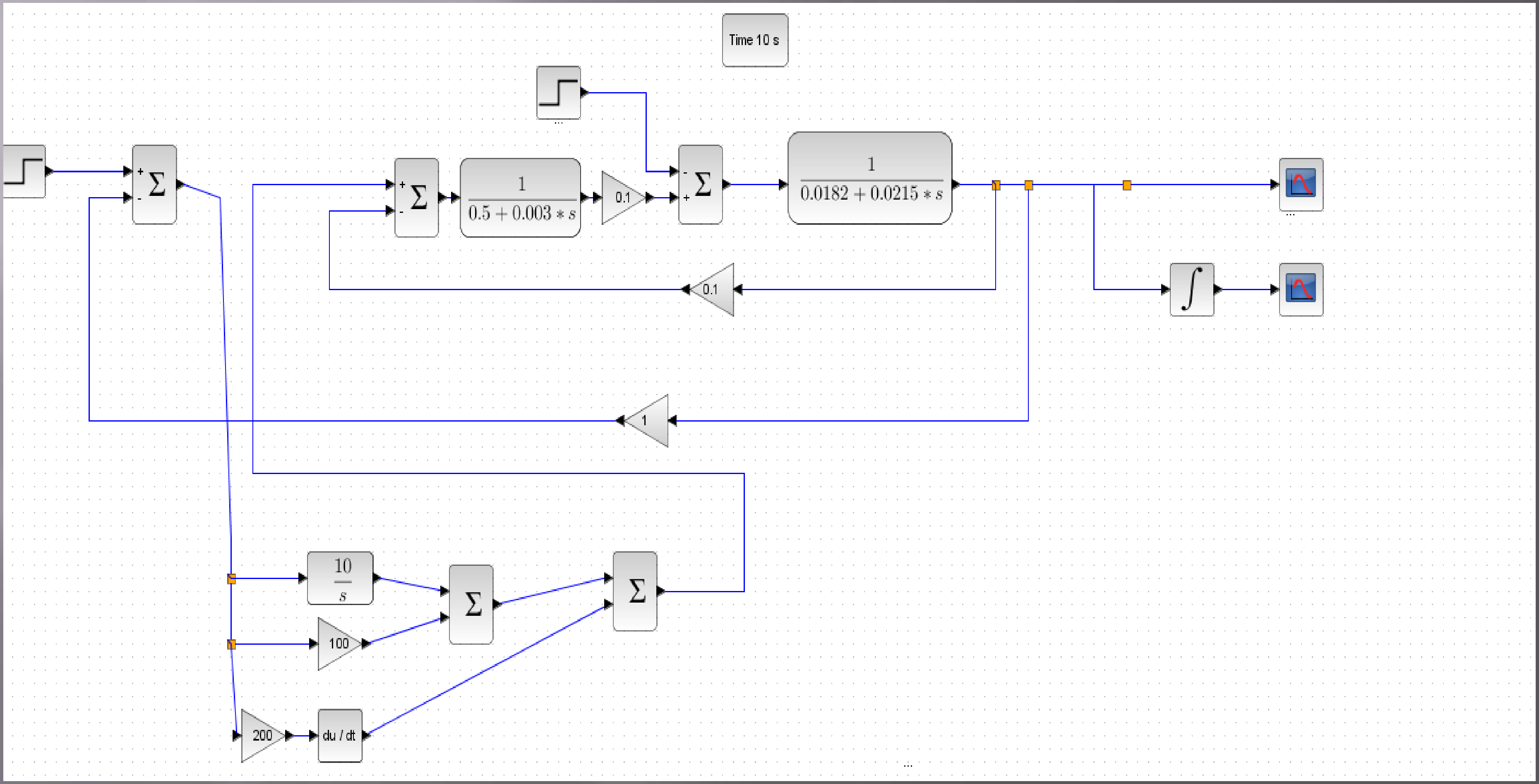
Asservissement

Apres la correction on aura avec Kp=75, Kd=Ki=1



Asservissement

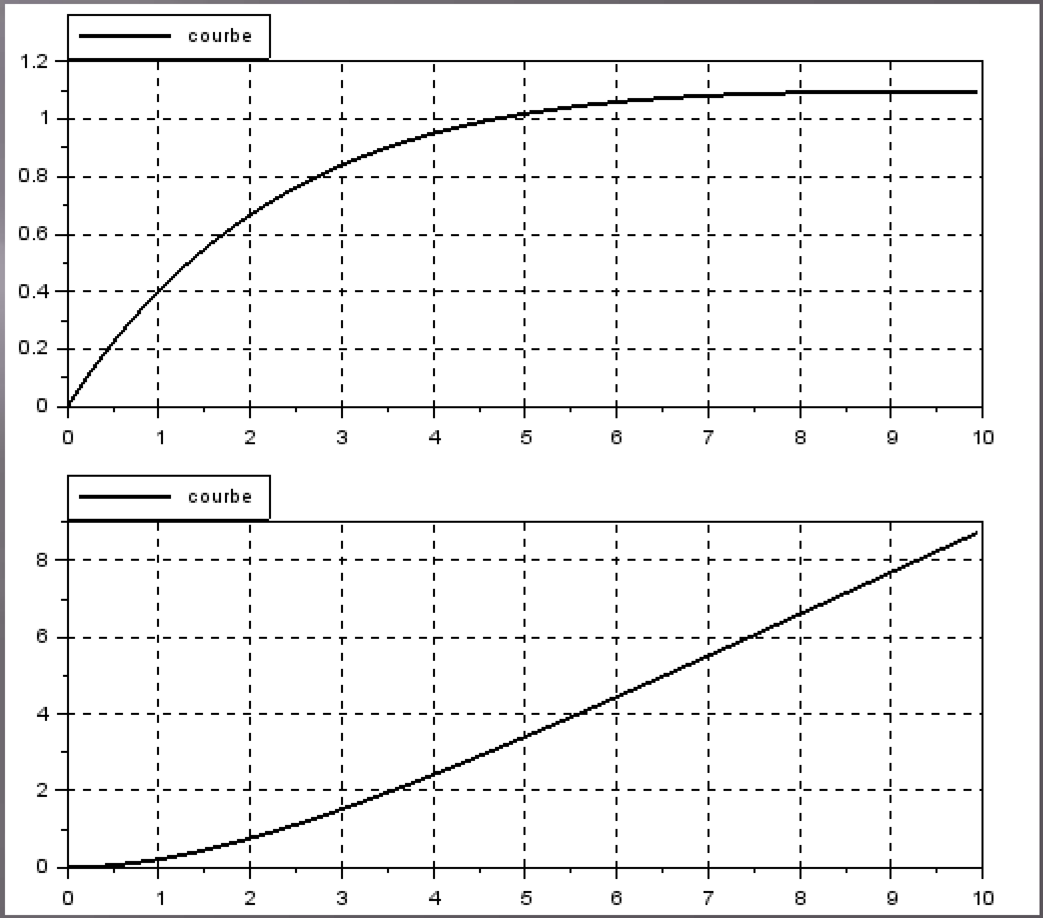
- La précision est assurée, on doit maintenant agir sur la stabilité .



Asservissement

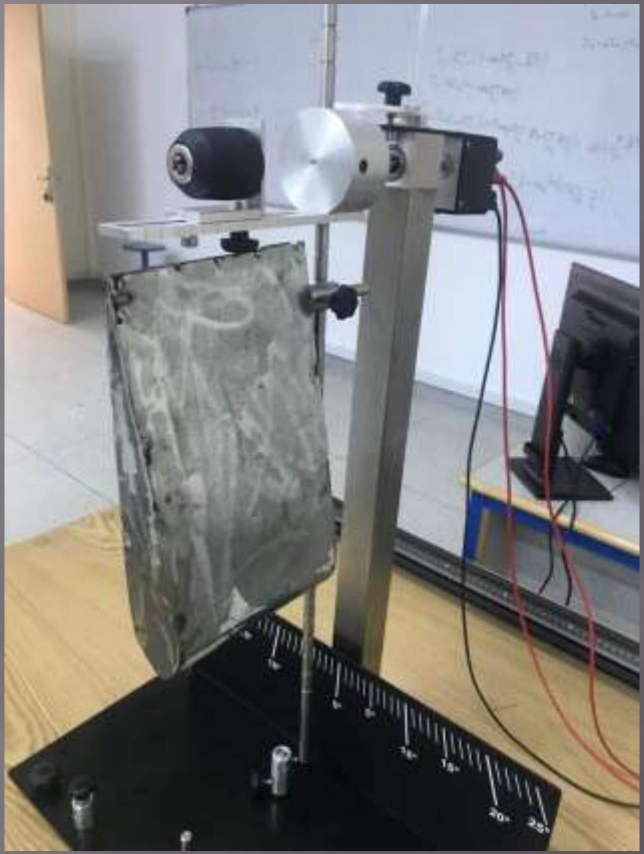
Donc après utilisation de la structure parallèle on obtient :

Ce qui conforme au cahier des charges qui nous exige la stabilité et la précision . (Kp=100, Kd=200 , Ki=10)



Expérience

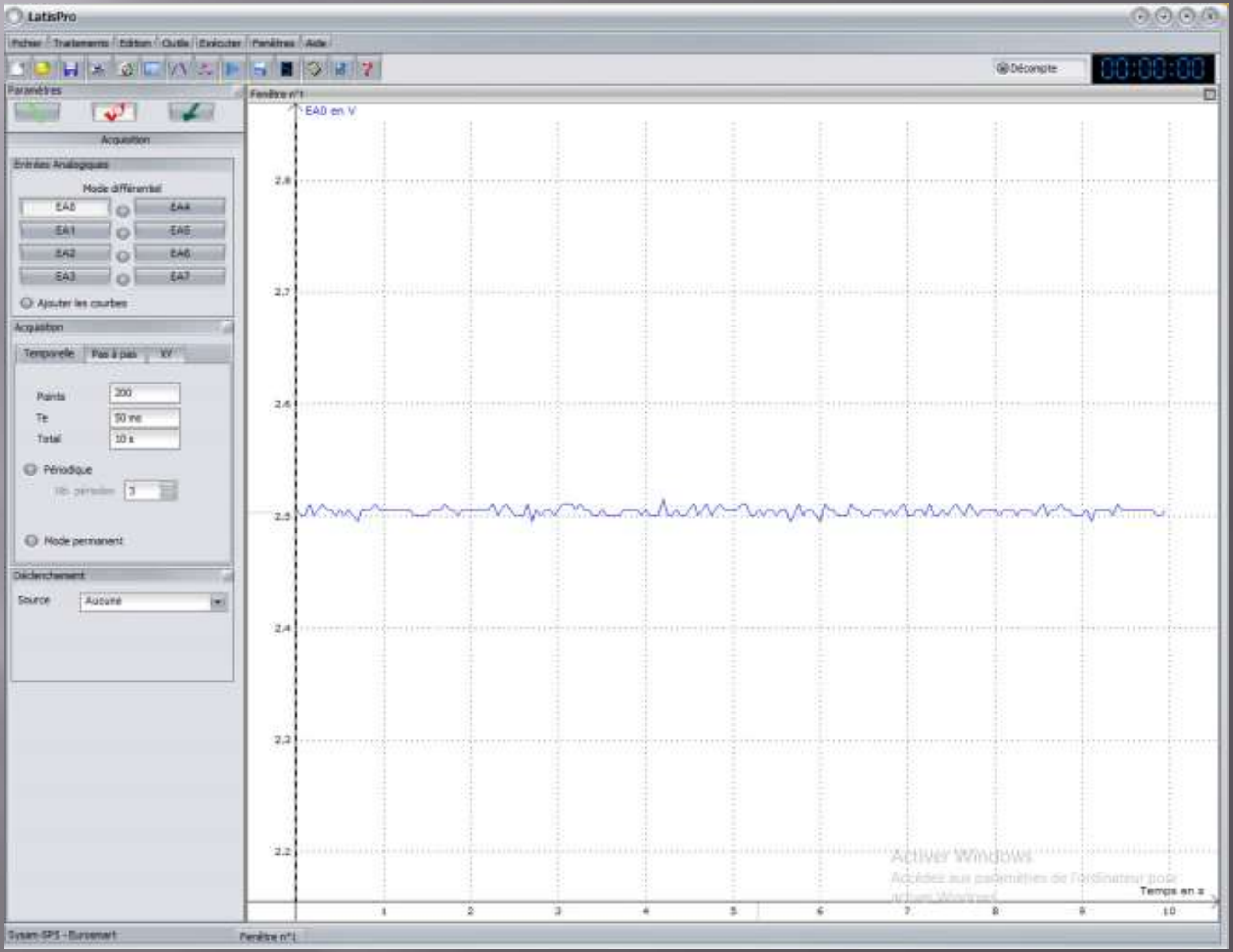
- Apres installation du dispositif :



*Photos prises par mon téléphone

Expérience

On aura sans rien faire le graphe suivant :



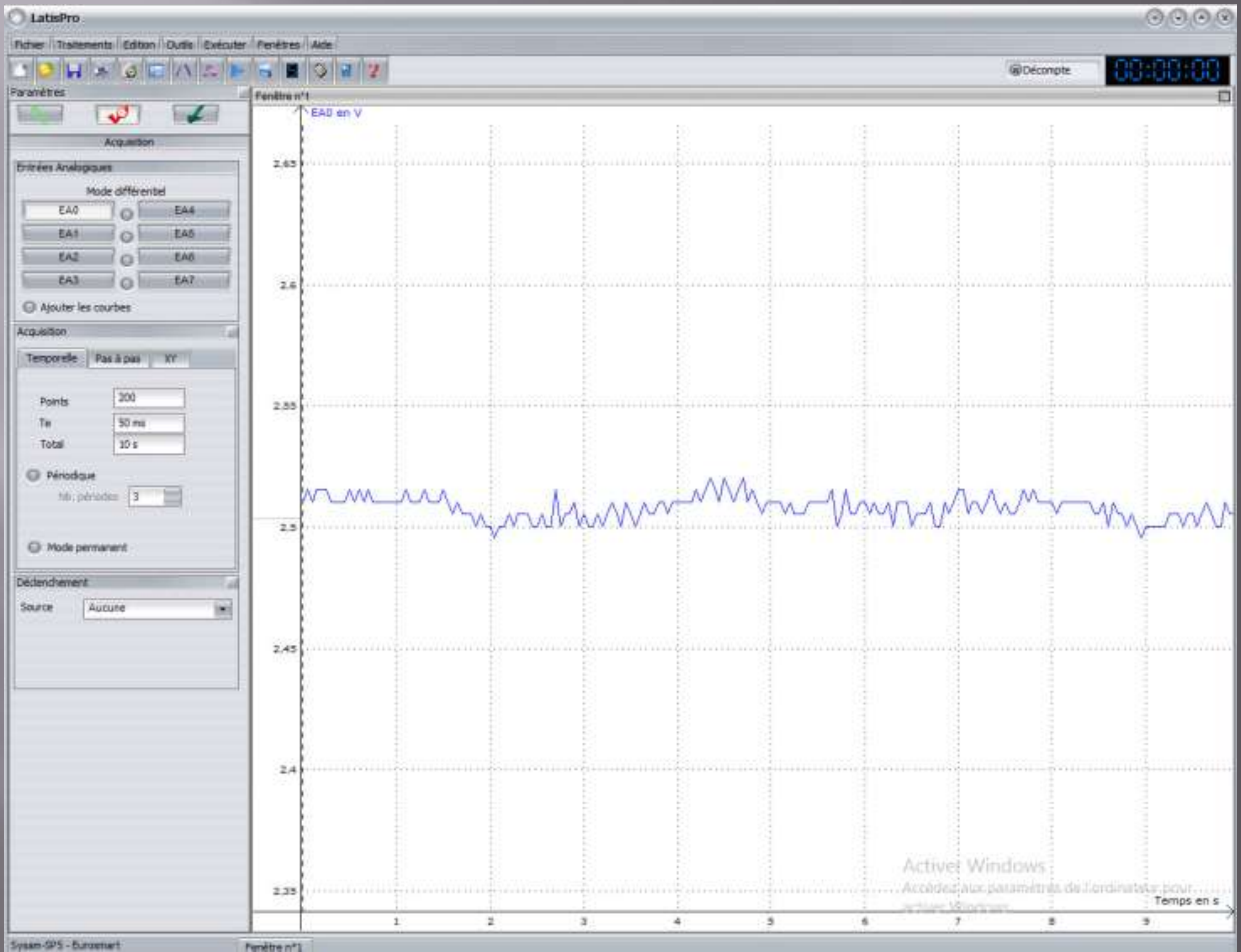
Expérience

On utilise un séchoir pour assimiler le vent traversant l`aile .

*Photo prise par mon téléphone

Expérience

- On obtiendra le résultat suivant :



Expérience

On remarque clairement qu'on a une période de vibrations, le problème était l incapacité du séchoir utilisé et aussi la faible sensibilité d un tel composant (pendule pesant).

Conclusion

$$F=\tfrac{1}{2}\rho V^2 SC(1+\theta)$$

$$M = -\tfrac{1}{2}\rho V b^2 C_\varphi \theta'$$

On doit asservir donc l'angle Téta pour qu'on assure une force comme le pilote veut, et aussi la vitesse angulaire pour que le moment de tangage ne soit pas supérieur au couple moteur .

Le choix dune structure parallèle a vraiment donne de bonnes résultats .

L'expérience faite nous a donne une idée sur le déplacement y(x,t) .

Conclusion

On peut étudier après les vibrations suivant l'axe de l'écoulement du fluide, ou bien considérer l'écoulement turbulent qui aura lieu aux voisinage des ailes.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Annexe 1

Infos sur l'aile considéré :

Masse totale : M=6750 kg

σmax=450MPa

Mfz=$7,63*10^6$ N.m

Ymax =0,2m

L'aile est composé de l'aluminium :

E = 70000 MPa

ρ=2700kg/m^3

Annexe 2

Infos du MCC utilisé pour varier l'angle d'incidence :

R= 0,5 Ohm

L = 0,003 H

f= 0,0182 Hz

J= 0,0215 kg. m^2

On a supposé dans la partie asservissement que le moment de tangage (équivalent au couple résistif) est :

Cr = 0,7 Nm