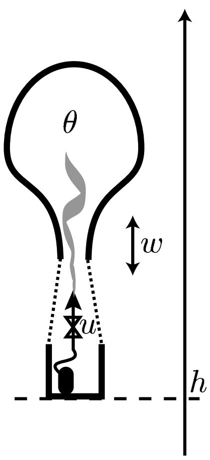
Petite Classe n$^0$ 3

ENSTA IP Paris

http://cas.ensmp.fr/∼petit/ *5 mars 2021*

## La montgolfière




Il s'agit de piloter la dynamique verticale d'une montgolfière, la dynamique horizontale étant très peu commandable.
On note $\theta$ l'écart de température par rapport à l'équilibre dans le ballon, $v$ la vitesse ascensionnelle et $h$ l'altitude. Un premier modèle simple est le suivant :

$$\frac{d}{dt}\theta = -\theta/\tau_1 + u, \quad \frac{d}{dt}v = -v/\tau_2 + \sigma\theta + w/\tau_2, \quad \frac{d}{dt}h = v$$

où $\tau_1 > 0$ et $\tau_2 > 0$ sont des constantes de temps fixes, $\sigma$ est un paramètre de couplage correspondant à la poussée d'Archimède. $w$ est la vitesse verticale du vent, considérée ici comme une perturbation. $u$ est la commande proportionnelle à la chaleur fournie au ballon par le brûleur.

1. On suppose que l'on ne dispose que d'un seul capteur, un altimètre donnant $h$. Peut-on en déduire $v$, $\theta$ et $w$ en supposant que l'on connaisse $u$ (c'est un minimum) et que $w$ varie peu, i.e. $\frac{d}{dt}w = 0$ ?
2. Construire l'observateur qui permet de reconstruire asymptotiquement l'état $(h, v, \theta, w)$.
3. On suppose ici la perturbation $t \mapsto w(t)$ connue. Montrer que le système est commandable. Quelle est sa sortie de Brunovsky $y$ ? Construire un contrôleur qui permet de suivre une trajectoire régulière $t \mapsto y_c(t)$ sur $y$.
4. Donner les équations de l'observateur-contrôleur qui permet de suivre la trajectoire $y_c$ en ne mesurant que $h$ et avec $w$ perturbation constante inconnue et donc à estimer.
5. On désire maintenant aller d'une altitude stabilisée $h_0$ vers une autre altitude stabilisée $h_1$. Comment choisir la trajectoire de référence $t \mapsto y_c(t)$, en sachant que la commande doit rester comprise entre deux bornes $-a \leq u \leq b$ ($a, b, > 0$ donnés) et en supposant $|w|$ assez petit ?