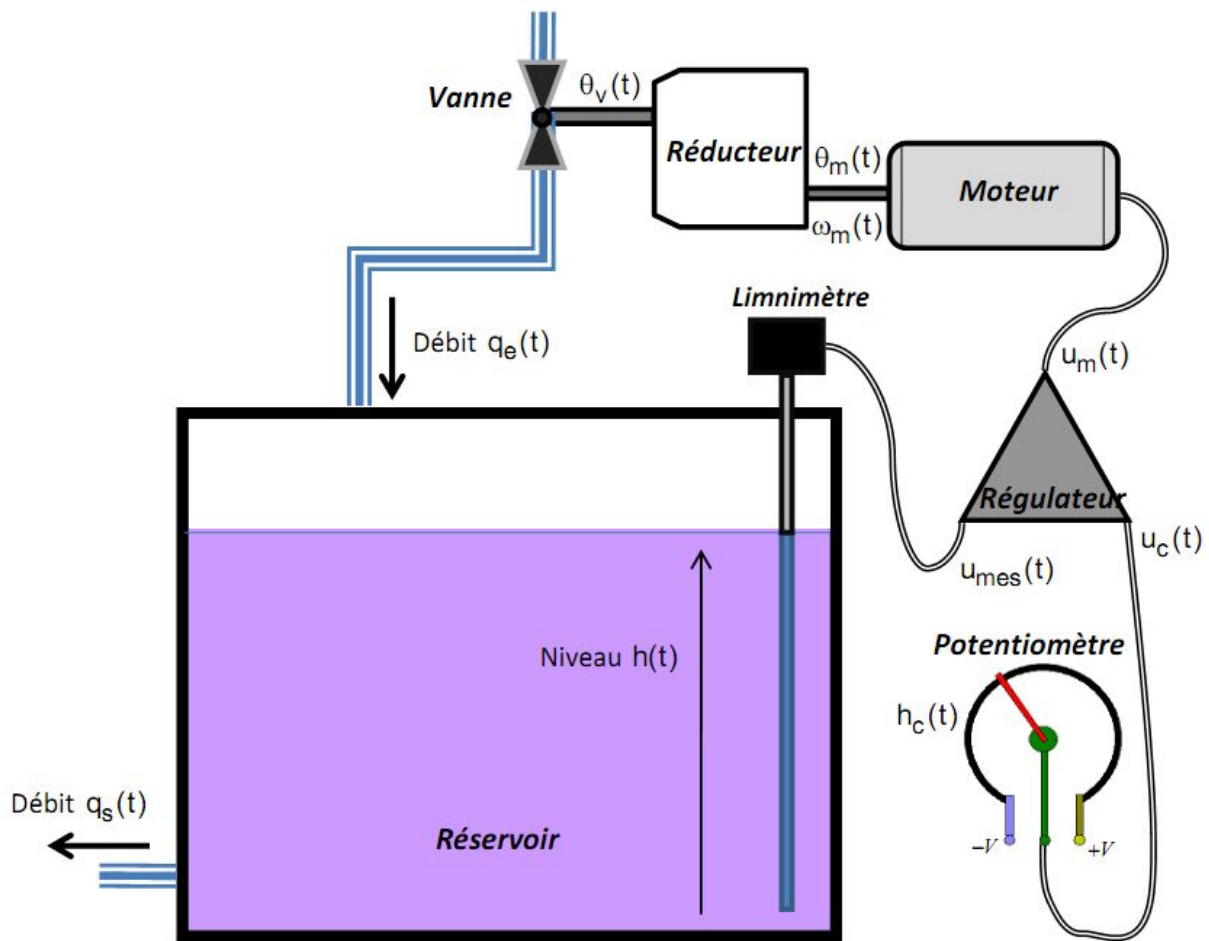


Régulation de niveau d'eau

La figure suivante représente une régulation de niveau d'eau $h(t)$ dans un réservoir



Constituant	Caractéristique	Modèle de connaissance
Moteur	Il tourne à la vitesse angulaire $\omega_m(t)$ pour une tension de commande $u_m(t)$	$\tau \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} + \omega_m(t) = K_m \cdot u_m(t)$
Réducteur	Il réduit l'angle de rotation du moteur $\theta_m(t)$ en un angle d'ouverture $\theta_v(t)$	$\theta_v(t) = r \cdot \theta_m(t)$
Vanne	Elle délivre un débit $q_e(t)$ pour un angle d'ouverture $\theta_v(t)$	$q_e(t) = K_v \cdot \theta_v(t)$
Réservoir	Il est de section constante S , et a pour débit d'entrée $q_e(t)$ et de sortie $q_s(t)$	$q_e(t) - q_s(t) = S \cdot \frac{dh(t)}{dt}$
Limnimètre (capteur)	Il traduit le niveau d'eau $h(t)$ atteint dans le réservoir en tension $u_{mes}(t)$ image du niveau	$u_{mes}(t) = a \cdot h(t)$
Potentiomètre (interface H/M)	Il traduit la consigne de niveau d'eau $h_c(t)$ en tension $u_c(t)$ image de la consigne	?
Régulateur (comparateur+ correcteur)	Il compare la tension de consigne $u_c(t)$ à la tension de mesure $u_{mes}(t)$ pour en déduire la tension $\varepsilon(t)$ (image de l'erreur), puis corrige (amplifie) cette tension $\varepsilon(t)$ en une tension de commande du moteur $u_m(t)$	$\varepsilon(t) = u_c(t) - u_{mes}(t)$ $u_m(t) = A \cdot \varepsilon(t)$

τ , K_m , r , K_v , S , a et A sont des coefficients constants

On suppose que toutes les conditions initiales sont nulles.

Question 1 : Appliquer, pour chacun des modèles de connaissance des constituants du système, la transformation de Laplace. Puis indiquer sa fonction de transfert, et enfin en déduire son schéma-bloc.

Question 2 : Donner cette relation entre qui assure que $h_c(t)$ et $u_c(t)$ soit bien une image de l'erreur du niveau d'eau. En déduire le schéma-bloc correspondant au potentiomètre.

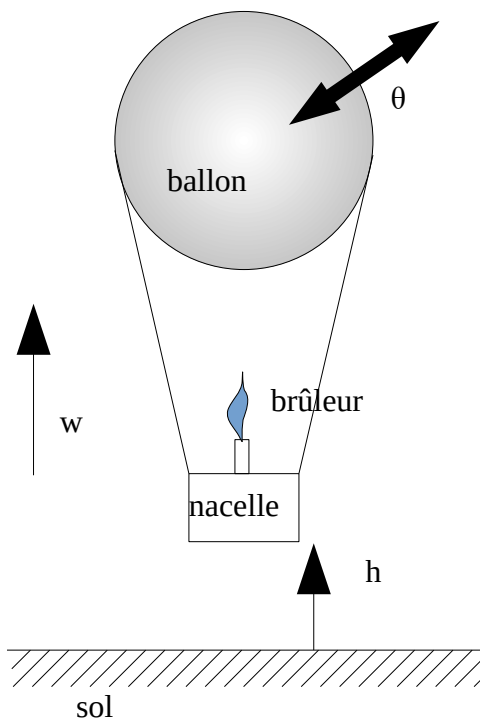
Question 3 : Donner en précisant les unités, la relation temporelle générale qui lie vitesse et position. En déduire le schéma-bloc qui passe de $\Omega_m(p)$ à $\theta_m(p)$

Question 4 : Donner la variable d'entrée et la variable de sortie du système. Puis, représenter le schéma bloc du système entier en précisant le nom des constituants sous les blocs, ainsi que les flux d'énergie ou d'information entre les blocs.

Question 5 : Déterminer les fonctions de transfert $F_1(p) = \frac{H(p)}{H_c(p)} \Big|_{Q_s(p)=0}$ et $F_2(p) = \frac{H(p)}{Q_s(p)} \Big|_{H_c(p)=0}$.

Question 6 : En déduire, à l'aide du théorème de superposition, l'expression de $H(p)$ en fonction des entrées

Modélisation d'une montgolfière



Le principe de la montgolfière est connu de tous, mais il est rappelé ici pour l'exercice (au cas où ...). Un ballon contient de l'air qui est chauffé par un brûleur (par exemple alimenté en gaz). L'air chaud étant plus léger, le ballon et la nacelle s'élèvent ...

On notera les variables suivantes (variations) :

- h hauteur nacelle par rapport au sol
- u signal de commande du brûleur en volts
- θ différence de température ballon/ air extérieur
- v vitesse ascensionnelle de la montgolfière
- w vitesse ascensionnelle de l'air (courant thermique qui peut être vu comme une perturbation)

Les grandeurs seront considérées positives vers le haut

On considère que l'énergie thermique du brûleur est proportionnelle à la commande u

La température extérieure est considérée constante.

Les équations qui régissent la dynamique de la montgolfière sont les suivantes

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = -a_1\theta(t) + b_1u(t) \quad (1)$$

équations largement simplifiées et linéarisées

$$\frac{dv(t)}{dt} = -a_2v(t) + b_2\theta(t) + a_2w(t) \quad (2)$$

a_1, a_2, b_1, b_2 constantes réelles positives

$$\frac{dh(t)}{dt} = v(t) \quad (3)$$

1 Justifier qualitativement (en faisant un raisonnement physique) les choses suivantes :

- l'équation (1) ?
- Le coefficient - a_1 devant $\theta(t)$ équation (1)
- le signe >0 devant $u(t)$ équation (1)
- l'équation (2) ? (regardez bien l'équation, c'est quelque chose que vous connaissez bien)
- le signe >0 devant $\theta(t)$ équation (2)
- le coefficient - a_2 devant $v(t)$ équation (2)
- l'équation (3)

2 Donner les transformées de Laplace des équations précédentes et déterminer

$$H_1(p) = \frac{\theta(p)}{U(p)} \quad \text{et} \quad H_2(p) = \frac{H(p)}{V(p)}$$

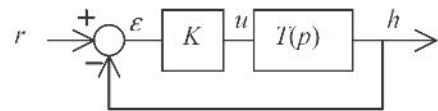
3 En vous aidant de la question précédente, établir le schéma bloc de ce système en faisant apparaître l'entrée u , la perturbation w et la sortie h . Simplifier éventuellement le schéma pour se ramener à des blocs ayant des fonctions de transfert classique.

4 Application numérique : $a_1 = 0,1 \text{ s}^{-1}$; $a_2 = 10 \text{ s}^{-1}$; $b_1 = 0,1 \text{ K.s}^{-1}.\text{V}^{-1}$; $b_2 = 1 \text{ m.s}^{-2}.\text{K}^{-1}$

(servez vous de l'application numérique (surtout des unités) pour vérifier votre résultat précédent)

5 Calculer alors la fonction de transfert $T(p) = \frac{H(p)}{U(p)}$. Pour cela, on considère que l'entrée de perturbation est nulle. Quels sont l'ordre et la classe de ce système?

On asservit l'altitude de la montgolfière comme indiqué sur le schéma ci-contre. L'erreur entre la consigne r et la hauteur h est traitée par un correcteur proportionnel K (c'est à dire une constante) avant d'être envoyée sur la commande du brûleur.



On suppose maintenant que $T(p) = \frac{0,1}{(1+10p)p}$

1. Donner la fonction de transfert en boucle fermée $W(p) = \frac{h(p)}{r(p)}$ en fonction de K (retour unitaire)
2. En identifiant $W(p)$ à un second ordre, déterminer sa pulsation propre ω_0 et l'amortissement z .

On désire maintenant faire atterrir la montgolfière. Elle est stabilisée à une certaine hauteur H_0 du sol. Le pilote fait varier la consigne d'altitude en passant de H_0 à 0.

3. Sachant que le pilote veut atterrir en prenant garde que la montgolfière ne heurte pas le sol, quelle est la condition sur le gain K ?
4. Sachant que $H_0 = 20\text{m}$ et que le pilote peut sauter à terre à partir d'une hauteur de 1m , quel temps minimum lui faudra-t-il pour atterrir ? (posez vous la question de quel est le pourcentage de 1m par rapport à 20m ...)

Rappels sur le second ordre

Temps de réponse **réduit** en fonction de z ()

