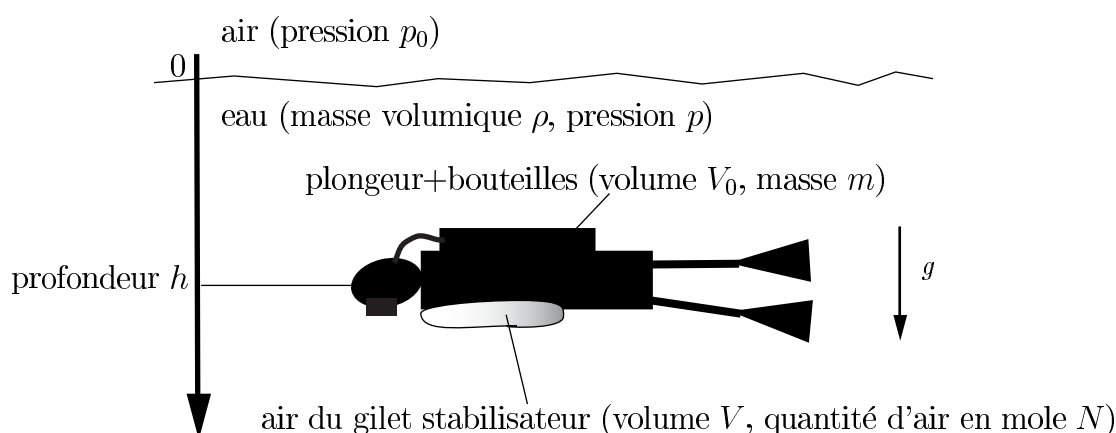


## ÉVALUATION ECUE31 “AUTOMATIQUE” 2020-21

À RENDRE AU PLUS TARD LE 05/12/2021 À 12:00

En plongée sous-marine, on utilise un gilet stabilisateur pour se maintenir à la profondeur désirée : le principe est de gonfler le gilet (grâce à l’air des bouteilles) pour monter et de le dégonfler (en purgeant) pour descendre. L’utilisation de ce gilet n’est pas évidente et demande un apprentissage. On se propose ici d’étudier la conception d’un contrôleur permettant de maintenir automatiquement la profondeur désirée.



En notant  $u$  la commande d’ouverture de la vanne de gonflage-dégonflage et avec les notations de la figure, on modélise l’évolution de la profondeur  $h$  grâce aux principes physiques suivants :

$$\begin{aligned} \dot{N} &= u + d_1 && \text{(gonflage-dégonflage du gilet)} \\ \ddot{h} &= g - \frac{B}{m} + d_2 && \text{(Principe Fondamental de la Dynamique)} \\ B &= \rho g (V_0 + V) && \text{(poussée d’Archimède)} \\ p &= p_0 + \rho g h && \text{(pression hydrostatique)} \\ pV &= NRT && \text{(loi des gaz parfaits).} \end{aligned}$$

Il y a principalement deux incertitudes dans le modèle ci-dessus : d’une part le terme  $g - \frac{B}{m}$  n’est pas très bien connu (connaissance imparfaite de la masse et du volume plongeur+bouteilles, utilisation de lois physiques idéales, ...); d’autre part la vanne de gonflage-dégonflage n’est pas parfaite (la relation entre l’ouverture de la vanne et le débit est assez compliquée). Pour prendre en compte ces incertitudes, on a introduit les perturbations inconnues  $d_1$  et  $d_2$ .

Les paramètres  $m, g, \rho, V_0, p_0, R, T$  sont considérés constants, avec les valeurs numériques :

$$a := g \left( 1 - \frac{\rho V_0}{m} \right) = 1.0 \text{ m s}^{-2}, \quad b := \frac{\rho g}{m} \frac{RT}{p_0} = 2.5 \text{ m s}^{-2} \text{ mol}^{-1}, \quad c := \frac{\rho g}{p_0} = 0.1 \text{ m}^{-1}.$$

Deux capteurs fournissent les mesures  $h_m = h + v_h$  et  $N_m = N + v_N$ , où  $v_h$  (Noise power  $1 \times 10^{-6}$ , Sample time  $1 \times 10^{-2}$ , Seed 10) et  $v_N$  (Noise power  $1 \times 10^{-6}$ , Sample time  $1 \times 10^{-2}$ , Seed 20) sont des bruits de mesure modélisés en Simulink par des blocs Band-Limited White Noise.

## TRAVAIL DEMANDÉ

Question 1. Commander "au mieux" le système en utilisant seulement la mesure  $h_m$ .

Question 2. Commander "au mieux" le système en utilisant les deux mesures  $h_m$  et  $N_m$ .

Question 3. Technologie mécatronique : proposer des capteurs susceptibles de fournir les mesures  $h_m$  et  $N_m$  (si possible des références précises); discuter de l'impact sur le problème de commande.

## DOCUMENTS À RENDRE :

- document "papier" avec les calculs et les explications
- fichiers Matlab et Simulink.

## REMARQUES

Le sujet est volontairement très ouvert, pour ressembler à ce qui se passe dans la "vraie" vie. Le but est bien sûr de suivre la démarche du cours, en s'inspirant des deux études de cas qui ont été traitées.