

Bouée houlomotrice

La houle est constituée de vagues successives nées de l'effet du vent à la surface de la mer et pouvant parfois se propager sur de très longues distances. Il s'agit d'une forme concentrée de l'énergie du vent, elle-même issue de l'énergie solaire, c'est donc une énergie renouvelable dont le potentiel n'est actuellement quasiment pas exploité.

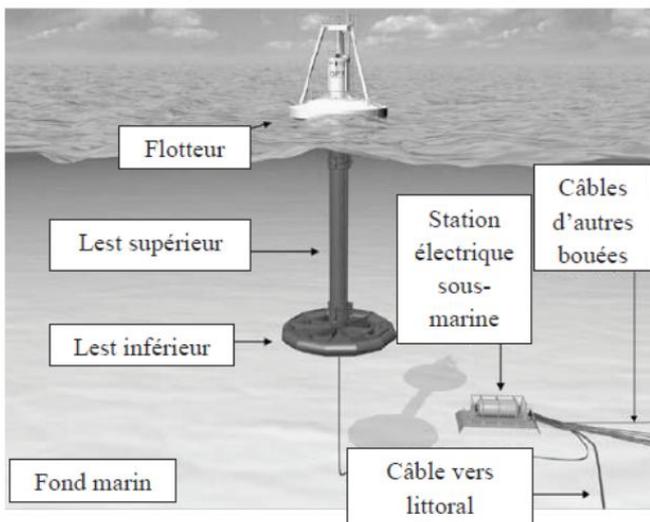
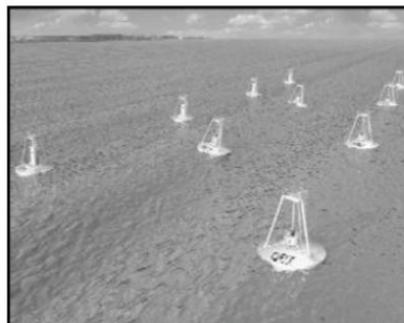


Figure 1 - Principe des bouées de type « Powerbuoy »

- d'un lest, composé de deux parties (lest inférieur et lest supérieur), partie immergée fixe (ou peu mobile) grâce à un système de mouillage (amarrage) au fond marin (non représenté) ;
- d'un flotteur, partie émergente flottante pouvant coulisser verticalement par rapport au lest.

Celui-ci capte l'énergie de la houle en suivant les déplacements verticaux de la surface de la mer, ce qui permet de produire de l'énergie électrique.

Les bouées houlomotrices sont généralement déployées par groupe allant jusqu'à une dizaine d'unités constituant ainsi des "fermes marines" (figure 2). Celles-ci partagent le système d'amarrage des lests ainsi qu'une station sous-marine qui permet de collecter l'énergie électrique produite et de l'envoyer au réseau électrique à terre par l'intermédiaire d'un câble sous-marin.



L'énergie produite à partir de la houle est appelée houlomotrice (ou énergie des vagues). Cette énergie est le plus souvent transformée en énergie électrique.

Différents dispositifs pour exploiter cette énergie sont en développement. Même si certains d'entre eux font l'objet d'une commercialisation, aucun n'a réellement atteint le stade de la maturité industrielle, contrairement au domaine de l'énergie éolienne ou solaire.

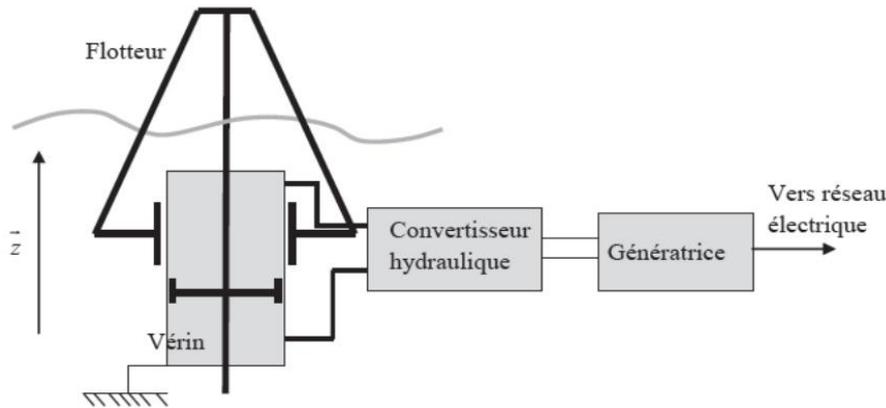
Le dispositif étudié est une bouée houlomotrice de type « Powerbuoy » (figure 1). Il s'agit d'une structure flottante constituée :



TD : réglage et correction des SLCI

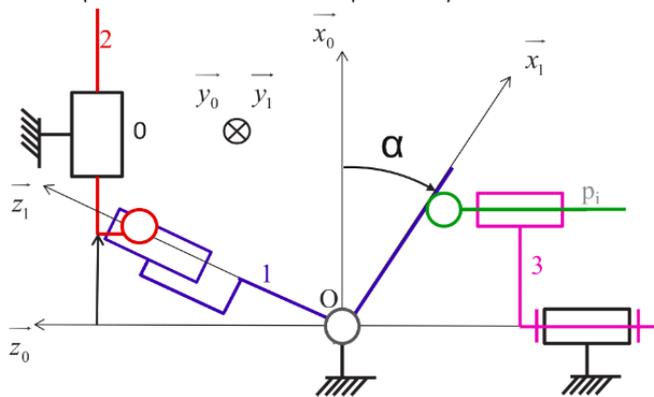
Le système d'absorption d'énergie est constitué de deux principaux sous-ensembles représentés sur les **figure 1** et **figure 4** :

- un lest immergé incluant le dispositif de conversion d'énergie ; ce lest est amarré au fond marin par des câbles ;
- un flotteur en partie immergé, lié au lest par un ensemble de liaisons ne permettant qu'une translation selon la direction \vec{z} .



Afin d'optimiser les performances en termes de récupération d'énergie, le moteur hydraulique à 9 pistons axiaux choisi est à cylindrée variable. Le contrôle de la cylindrée permet d'adapter le couple et la vitesse de rotation de sortie en modifiant le point de fonctionnement du système. Selon que la houle est forte et que la pression aux bornes du moteur est importante, ou que la houle est faible, la variation de cylindrée permet d'adapter la vitesse de sortie moteur pour se placer au régime nominal (rendement optimal) de la génératrice.

Le fonctionnement schématique de la commande mécanique de la cylindrée est décrit ci-dessous :



Le déplacement vertical de la tige de contrôle {2} permet d'augmenter ou diminuer la cylindrée, laquelle augmente avec l'angle α , de façon non-linéaire (. Bien que cette dépendance géométrique soit non-linéaire, on supposera un comportement linéarisé (ce qui suppose une variation angulaire faible).

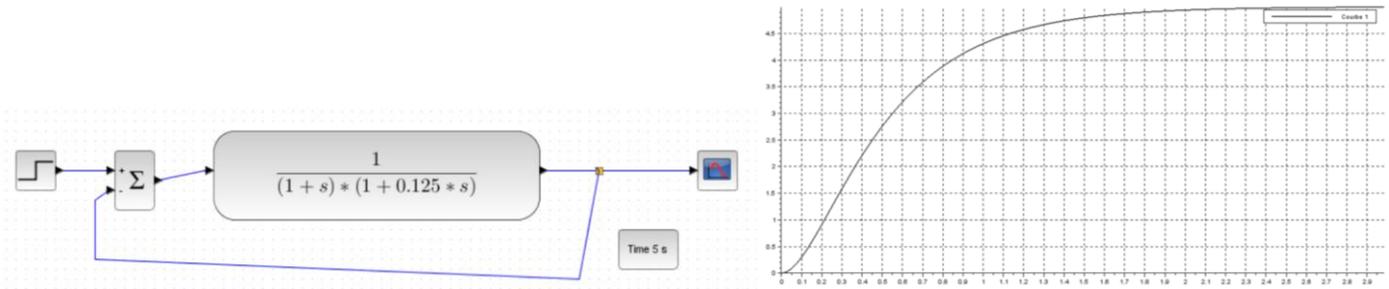
Une étude préalable nous a permis d'obtenir la FTBO de la chaîne d'asservissement en position de la cylindrée, sur la base d'un schéma bloc à retour unitaire :

$$H(p) = \frac{G}{(1+p)(1+0.125p)}$$



TD : réglage et correction des SLCI

Voici le schéma bloc simplifié et la réponse temporelle à un échelon de position de 10mm.



- 1.1. En observant la réponse temporelle ($G=1$), déterminer les performances du système.
 - 1.2. Tracer les diagrammes de Bode de $H(p)$ pour $G = 1$.
 - 1.2. Calculer la valeur $G1$ du gain G qui correspond à une marge de phase de 45° .
 - 1.3 Calculer l'erreur statique de position du système (réglé avec le gain $G1$) en % de l'amplitude de l'échelon d'entrée.
2. On veut annuler l'erreur statique de position du système (réglé avec le gain $G1$) à l'aide d'un correcteur de fonction de transfert :

$$C(p) = \frac{1 + \Gamma p}{\Gamma p}$$

- 2.1. Quel est ce correcteur ? Tracer l'allure du diagramme de Bode de ce correcteur.
 - 2.2. 1^{ère} méthode on place ce correcteur pour obtenir une marge de phase de 40° .
Déterminer Γ et tracer le diagramme de Bode du système corrigé.
 - 2.3. 2^{ème} méthode : on place le correcteur sur la première pulsation de coupure du système (compensation d'un pôle), calculer alors le gain $G2$ pour obtenir une marge de phase de 40° .
- Tracer le nouveau diagramme de Bode du système corrigé. Comparer les deux méthodes.

