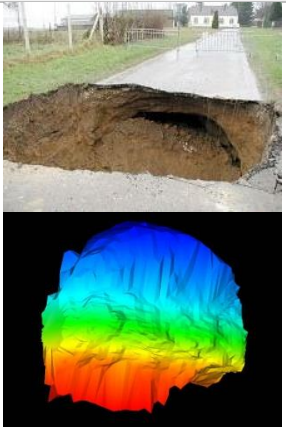
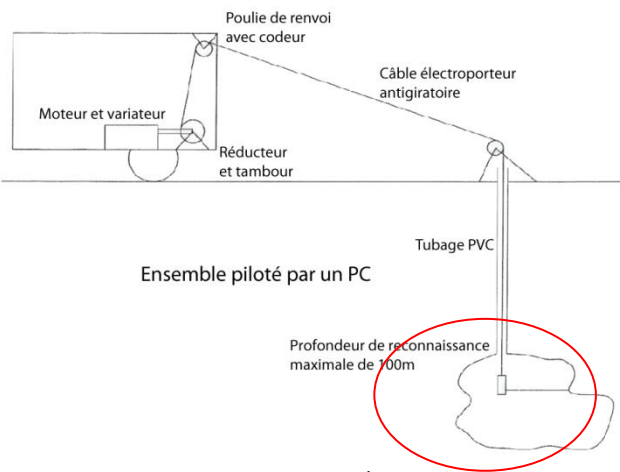
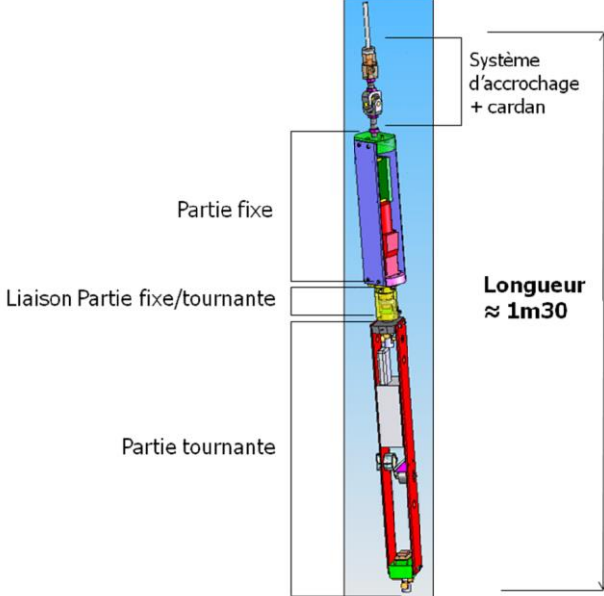


# MESURE DE CAVITE

**Problématique :** Comment réguler l'alimentation de la sonde à  $U_s = 24\text{ V } (+/- 5\%)$  pour compenser les chutes de tension ?

<p>Contexte</p>	<p>Le sous-sol français possède de nombreuses cavités soit naturelles (coulées de lave...) soit liées à des activités humaines (mines...).</p> <p>Les terrains constructibles se faisant de plus en plus rares, on est amené à construire dans des zones où les sous-sols sont médiocres.</p> <p>Afin de limiter le risque d'effondrement et de connaître l'extension des cavités, des études de terrains sont réalisées.</p> <p>Actuellement, la présence d'une cavité est détectée en surface à l'aide de moyens électromagnétiques mais son volume et sa position exacte ne sont pas mesurables par ces moyens externes.</p> <p>Le Centre d'Expertise du Bâtiment des Travaux Publics (CEBTP) utilise une mesure par télémètre laser.</p> <p>Un forage vertical est réalisé jusqu'à la cavité et un outil « sonde » est introduit. Il transmet les mesures en surface.</p> <p>Le volume de la cavité est alors calculé et une visualisation 3D peut être générée.</p>	
	<p>Le système étudié peut se décomposer en deux parties (<b>figure 1</b>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>le treuil, composé d'un motoréducteur et d'un variateur permettant la montée et la descente de la sonde dans le trou de forage</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Figure 1 : le système et sa sonde</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>la sonde permettant l'acquisition de la forme de la cavité :</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Longueur ≈ 1m30</b></p>
	<p>De la surface, on doit pouvoir alimenter, commander et recevoir des informations de la sonde pour les constituants suivants :</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>le moteur pas à pas ;</li> <li>le télémètre laser ;</li> <li>la boussole électronique ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'obturateur ;</li> <li>le tapis chauffant adhésif.</li> </ul>
	<p>Pour réduire au maximum le nombre de conducteurs, seule la tension + 24 VDC est envoyée depuis la surface, les autres tensions sont réalisées au niveau de la sonde. On utilise aussi une liaison série de type RS485 pour communiquer avec l'ensemble des constituants. Une carte micro-programmée déportée dans la sonde permet d'envoyer et de recevoir tous les signaux.</p>	

# MESURE DE CAVITE

Pour maintenir la tension  $U_s$  constante aux bornes de la sonde, on utilise une alimentation régulée. Celle-ci comporte un hacheur afin de faire varier la valeur moyenne de la tension. Deux conducteurs supplémentaires permettent de mesurer la tension  $U_s$  aux bornes de la sonde, pour effectuer la régulation.

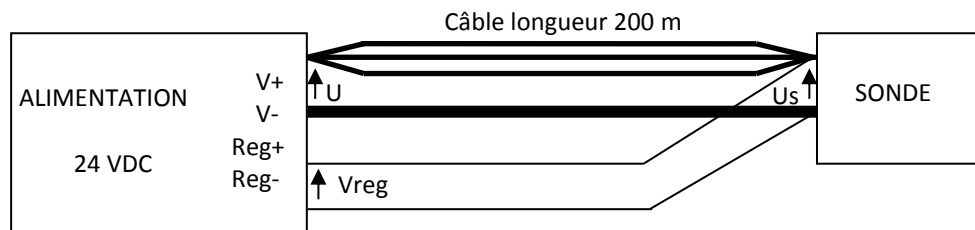


Figure 11 : branchement de l'alimentation

Schéma de principe de la régulation :

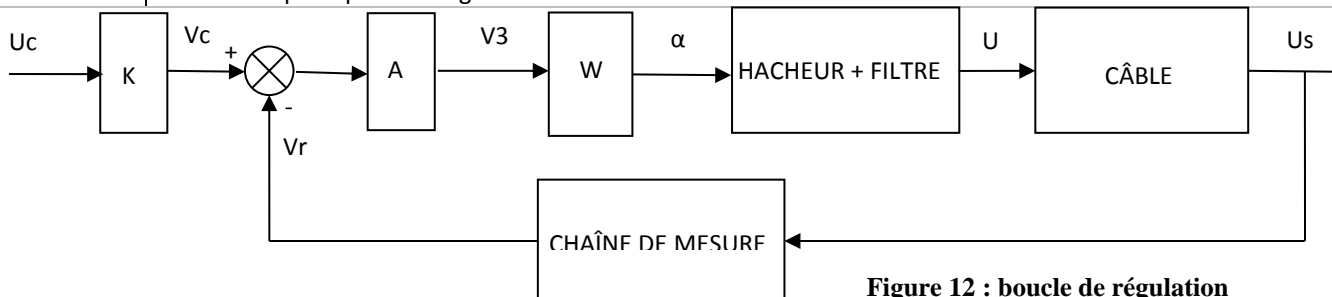


Figure 12 : boucle de régulation

A et K sont des gains purs.  
 $\alpha$  représente le rapport cyclique du hacheur avec  $W = 1/8$ .  
 l'ensemble « Hacheur + Filtre » : a fonction de transfert  $H(p)$  de l'ensemble « Hacheur + Filtre » est équivalente à une fonction de type :  $H(p) = H_0 / (1 + \tau_1 p)$  où  $H_0 = 100$  et  $\tau_1 = 8 \cdot 10^{-4}$  s.

Questions

### Etude de la partie « Câble »

Soit  $R_c$  la résistance totale de la boucle d'alimentation +24 VDC de la sonde.  
 On souhaite faire apparaître une perturbation de courant  $I$  dans le schéma fonctionnel de la **figure 12**.

**Q1** Montrer que le schéma fonctionnel de la partie « Câble » peut se mettre sous la forme de la **figure 13**.

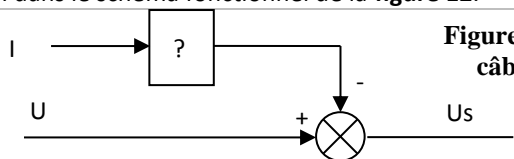


Figure 13 : câble

**Q2** Déterminer les grandeurs manquantes.

### Etude de l'ensemble en régime établi

On rappelle que l'objectif est de réguler la tension aux bornes de la sonde à  $U_s = 24$  V (+/- 5 %).

**Q3** Sachant que  $K = k$ , déterminer la valeur de la tension  $U_c$  et du rapport cyclique  $\alpha$  pour obtenir une tension  $U_s = 24$  V en fonctionnement à vide.

**Q4** Pour la même tension  $U_c$  mais avec un courant  $I \neq 0$ , déterminer l'expression littérale de  $U_s$  en fonction de  $A$ ,  $W$ ,  $H_0$ ,  $U_c$ ,  $R_c$ ,  $I$  et  $k$ .

**Q5** Effectuer l'application numérique de  $U_s$  pour la charge maximale de la sonde  $I = 3$  A sachant que la résistance du câble est :  $R_c = 3,5 \Omega$  ; conclure.

**Q6** Sur quelle grandeur pourrait-on intervenir pour diminuer cette erreur ?

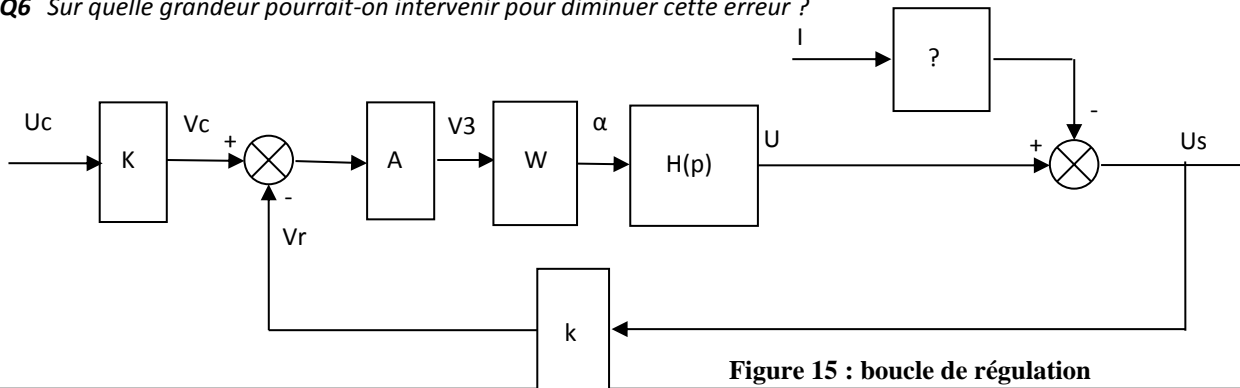


Figure 15 : boucle de régulation

## MESURE DE CAVITE

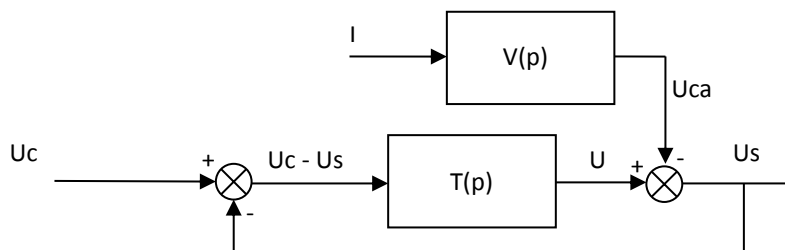
### Étude de la régulation en régime dynamique

En réalité la charge ne peut être assimilée à une résistance. En effet, le moteur pas à pas crée un échelon de courant  $\Delta i$  de 2 A à chaque fois que la sonde se déplace d'un pas.

De plus, le câble présente une inductance équivalente que l'on ne pourra plus négliger. On aura alors l'impédance du câble  $Z_c = R_c + L_c.p$  avec  $L_c = 2$  mH.

**Q7** Montrer que l'on peut ramener la boucle de régulation de la **figure 15** au schéma bloc de la **figure 16**.

$U_{ca}$  représente la chute de tension dans le câble. Déterminer  $T(p)$  et  $V(p)$ .



**Figure 16 : boucle de régulation avec la perturbation**

**Q8** Exprimer  $U_s(p)$  en fonction de  $U_c(p)$  et  $I(p)$ .

La sonde est en régime établi avec  $I = \text{constante} = 1$  A. La consigne  $U_c$  est toujours réglée à 24 V.

Si on applique un échelon de courant  $\Delta I = 2$  A sur l'entrée courant, montrer que  $\Delta U_s(p)$  peut se mettre sous la forme suivante :

$$\Delta U_s(p) = -\Delta I \cdot R_o \frac{(1 + \tau_c \cdot p)(1 + \tau_1 \cdot p)}{(1 + \tau_2 \cdot p)p}$$

**Q9** Déterminer les expressions de  $R_o$ ,  $\tau_c$  et  $\tau_2$  et faire l'application numérique.

**Q10** En utilisant le théorème de la valeur finale, déterminer la chute de tension  $\Delta U_s$  en régime établi.

Un essai a montré qu'en réalité la tension chute de 14 V au moment de l'apparition de l'échelon de courant (déplacement d'un pas) provoquant ainsi la mise en défaut de la carte de commande du moteur pas à pas.

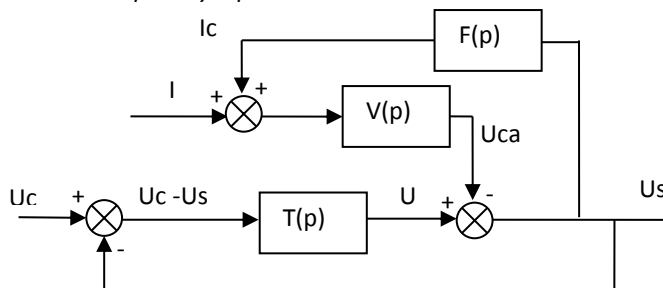
Pour éviter ce creux de tension, on place un condensateur C aux bornes de la sonde. Soit  $I_c$  le courant dans ce condensateur.

**Q11** Déterminer la fonction de transfert (**figure 17**)  $F(p) = I_c(p)/U_s(p)$ .

**Q12** En déduire  $U_s(p)$  en fonction de  $I(p)$  en considérant toujours  $U_c = \text{constante}$ .

**Q13** Déterminer  $\Delta U_s(p)$  si on applique un échelon de courant  $\Delta I = 2$  A.

**Q14** Montrer alors qu'il n'y a plus de creux de tension.



**Figure 17 : boucle de régulation avec la perturbation et condensateur**