

TD 2 : Capteurs et mesures

Exercice I : Mesure de distance par estimation de temps-de-vol

On cherche à réaliser un capteur de distance absolue sans contact (appelé aussi télémètre), avec le cahier des charges suivant :

- Distance minimale mesurable : $d_{\min} = 10 \text{ cm}$
- Distance maximale mesurable : $d_{\max} = 10 \text{ m}$
- Précision en distance : $\delta d = 5 \text{ mm}$
- Durée maximale de mesure : $\tau = 10 \text{ ms}$

La mesure d'une distance peut être réalisée en mesurant le temps que met une impulsion lumineuse ou sonore brève pour faire un aller-retour entre le capteur et l'objet. Il faut pour cela que la célérité (ou vitesse) de propagation de l'onde lumineuse ou acoustique dans le milieu soit connue. L'instant d'émission de l'impulsion déclenche un chronomètre, qui sera arrêté lorsque le détecteur recevra l'impulsion réfléchiée par la cible. La fréquence des horloges actuelles utilisées dans les chronomètres est de quelques centaines de MHz au maximum. On suppose que l'impulsion lumineuse ou sonore est infiniment brève et que la température de l'air T_p est de 25°C .

- a) Si la célérité de propagation de l'onde est notée v , donner la relation entre la distance d à mesurer (distance entre le capteur et la cible) et le temps t à chronométrer.
- b) Étant donné le cahier des charges, calculer les temps minimal $t_{\min}$ et maximal $t_{\max}$ que le capteur devra mesurer dans les deux cas (onde lumineuse et acoustique).
- c) Donner l'expression de la précision δt avec laquelle le temps t devra être mesuré.

Exercice II : Encodeurs optiques

On étudie deux systèmes coulisseau et vis sans fin utilisés sur des machines semi-automatiques d'usinage.

A. Système avec un encodeur incrémental en bout d'arbre moteur

Caractéristiques mécaniques du système (voir la Figure 1):

- Encodeur *incrémental*
- Vitesse maximale du coulisseau : 0.1 m/s
- Pas de la vis : 20 mm (on rappelle que le pas correspond au déplacement du coulisseau en millimètres lorsque la vis fait un tour)
- Course du coulisseau : 1 m
- Rapport de réduction des engrenages : 0.5
- Précision souhaitée sur la position du coulisseau : 0.03 mm (on rappelle que la précision correspond au déplacement en millimètres du coulisseau pour une impulsion délivrée par l'encodeur)

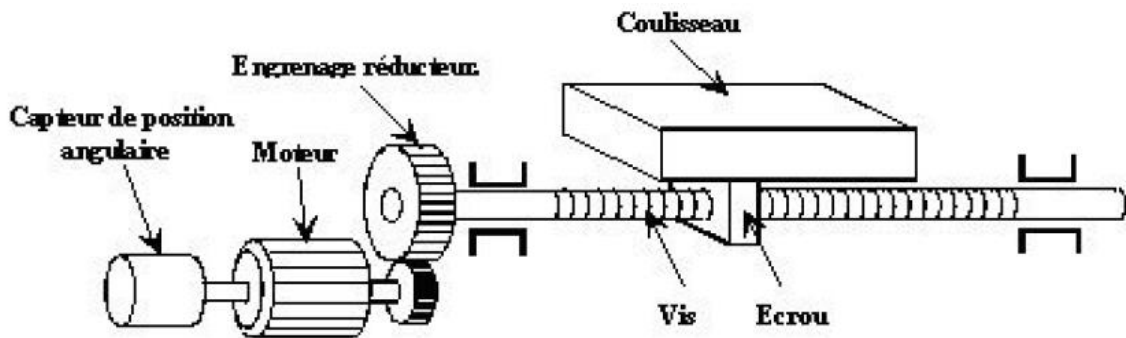


Figure 1 : Système avec *encodeur incrémental*.

- Calculer la vitesse de rotation maximale de la vis en tr/s (tours par seconde).
- Calculer la vitesse de rotation maximale du moteur en tr/s.
- Calculer le nombre de points par tour sur le disque de l'encodeur, nécessaire pour satisfaire le cahier des charges.
- Quelle sera la fréquence maximale des impulsions en sortie de l'encodeur ?
- Combien d'impulsions devra-t-on compter pour la course maximale du coulisseau ?
- Sur combien de bits sera codé le mot image de la position du coulisseau ?
- Expliquer comment peut-on arriver à connaître le sens de déplacement du coulisseau en analysant les informations fournies par l'encodeur.

B. Système avec un encodeur absolu en bout de vis sans fin

Caractéristiques mécaniques et électriques du système (voir la Figure 2) :

- Encodeur *absolu* multi tours
- Vitesse maximale du coulisseau : 0.05 m/s
- Pas de la vis : 2 mm
- Course du coulisseau : 40 cm
- Précision souhaitée sur la position du coulisseau : 0.01 mm.
- L'encodeur sera raccordé aux entrées TOR ("Tout Ou Rien") d'un automate programmable.

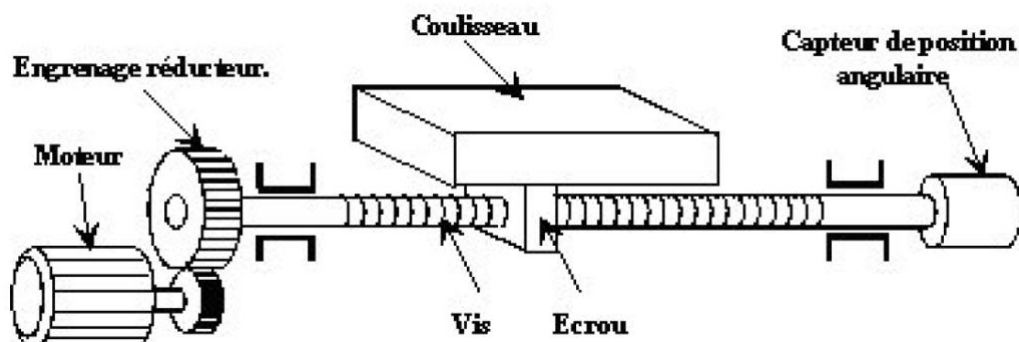


Figure 2 : Système avec *encodeur absolu*.

- a) Calculer la vitesse de rotation maximale de la vis en tr/s.
- b) Déterminer le nombre de codes/tour nécessaire pour l'encodeur.
- c) Déterminer le nombre de tours nécessaires sur l'encodeur pour la course maximale du coulisseau.
- d) Combien faudra-t-il réserver d'entrées TOR pour coder la position dans le tour ?
- e) Combien faudra-t-il réserver d'entrées TOR pour coder le nombre de tours ?

Exercice III : Capteur à ultrasons

Un sonar contient un *émetteur d'onde* ultrasonore de fréquence $f = 40$ kHz (fréquence d'oscillation des transducteurs à ultrasons), un *récepteur d'onde* et un *chronomètre* qui compte et affiche le nombre d'impulsions de fréquence $f_c = 17.1$ kHz données par un oscillateur électronique.

Pour mesurer la distance séparant l'appareil d'un obstacle, on dirige le capteur vers l'obstacle et on met ensuite en marche le système. Cette action déclenche le chronomètre en même temps qu'une onde ultrasonore est envoyée par l'émetteur. L'onde se réfléchit sur l'obstacle puis revient vers le récepteur. Lorsque celui-ci reçoit l'onde réfléchie, l'émission ultrasonore est interrompue et le chronomètre cesse de compter le nombre d'impulsions données par l'oscillateur électronique.

- a) Le capteur est utilisé à 20 °C. A cette température, la célérité de l'onde ultrasonore est $v = 343$ m/s. Montrer qu'entre chaque impulsion comptabilisée par le chronomètre, l'onde parcourt 2 cm.
- b) Le cadran numérique du chronomètre affiche toujours un nombre à 3 chiffres.
 - Quel nombre maximal le cadran du chronomètre peut-il afficher ?
 - Quel est alors le temps mis par l'onde pour effectuer le trajet aller-retour ?
- c) Calculer la durée du trajet effectué par l'onde, à 20 °C, lorsque l'obstacle est à 5 m du capteur.