

Code	DC8 Les systèmes automatiques	Série 9
CENTRIFUGEUSE		

**Problématique** Comment modéliser un système automatique asservi ?

**Système**

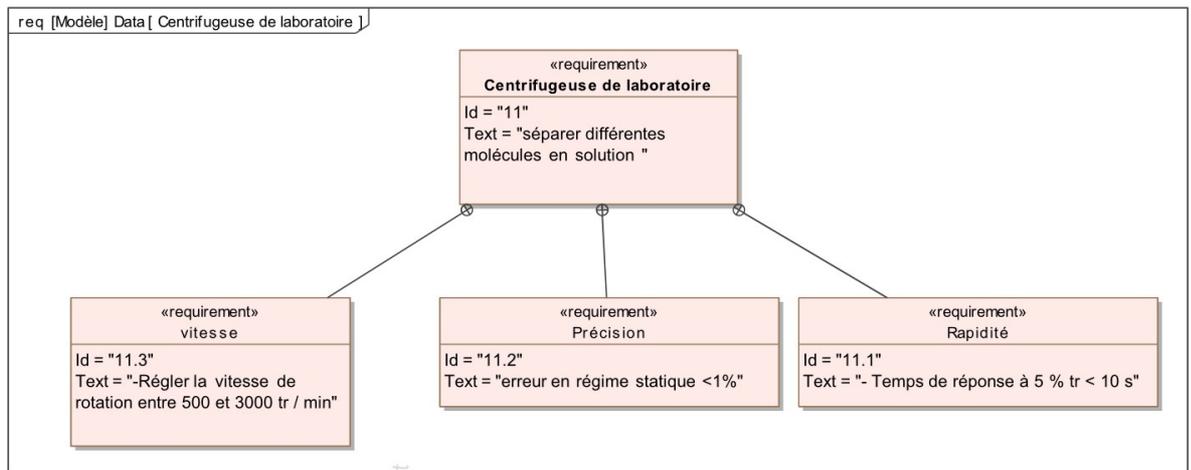


La centrifugation est un procédé répandu dans des secteurs d'activité très différents comme l'industrie, la chimie, le secteur agroalimentaire, le domaine domestique ... Il est très utilisé en particulier dans le domaine de la biochimie pour séparer différentes molécules en solution (séparation des globules rouges dans le sang par exemple et calcul de la vitesse de sédimentation).

La centrifugation amplifie les effets de décantation dus à la gravité grâce à l'accélération induite par une rotation à grande vitesse (plusieurs dizaines de milliers de tours par minute pour l'ultracentrifugation). C'est pourquoi, l'une des caractéristiques importantes d'une telle machine est le nombre multiplicateur de la gravité terrestre fixé par la vitesse de rotation de la machine d'entraînement.

L'étude porte sur le contrôle de la vitesse de rotation du moteur d'entraînement du plateau, porteur des tubes d'échantillons à analyser, d'une centrifugeuse utilisée par les laboratoires d'analyses médicales pour mesurer le taux d'hématocrites (globules rouges) dans le sang. Cette vitesse de rotation est une donnée fondamentale pour la quantification des différents paramètres ( $\gamma = R \cdot \Omega^2$ ).

**Diagramme des exigences**



**Préambule**

**Le modèle d'un système automatique asservi peut prendre deux formes :**

- **un modèle de connaissances** : on connaît par exemple tous les paramètres du moteur (résistance, inductance, constante de couplage) et de sa charge (inertie, frottement, couple résistant ...) et on prédétermine ainsi son comportement à grâce à l'étude de la fonction de transfert du système.
- **un modèle de comportement (ou d'expérience)** : A l'aide de relevés d'essais effectués dans des conditions particulières (essai indiciel par exemple), on détermine (par identification) le gain statique, l'ordre du système, sa constante de temps ...

Enfin, l'utilisation d'un outil numérique de simulation permet de **valider le modèle de comportement** en le confrontant au système réel.

**Objectifs**

- Etablir un modèle de comportement d'un SA (système automatique asservi)
- Etablir un modèle de connaissance d'un SA
- Décrire un SA sous forme de schéma-blocs
- Calculer la fonction de transfert d'un SA en BO (Boucle Ouverte)
- Calculer la fonction de transfert d'un SA en BF (Boucle Fermée)
- Caractériser la Rapidité d'un SA
- Caractériser la Précision d'un SA
- Choisir et Régler un correcteur afin de respecter le cahier des charges

**Activité 1** Etablir un modèle de connaissance.

**Activité 2** Etablir un modèle de comportement et caractériser les performances du système.

**Activité 3** Etablir un modèle numérique alimenté par le modèle de connaissance et des essais.

# Activité 1

**Responsabilité :** Vous établissez un modèle de connaissance d'une partie de la commande en vitesse de la centrifugeuse. Vos résultats servent à renseigner le modèle numérique (Activité 3).

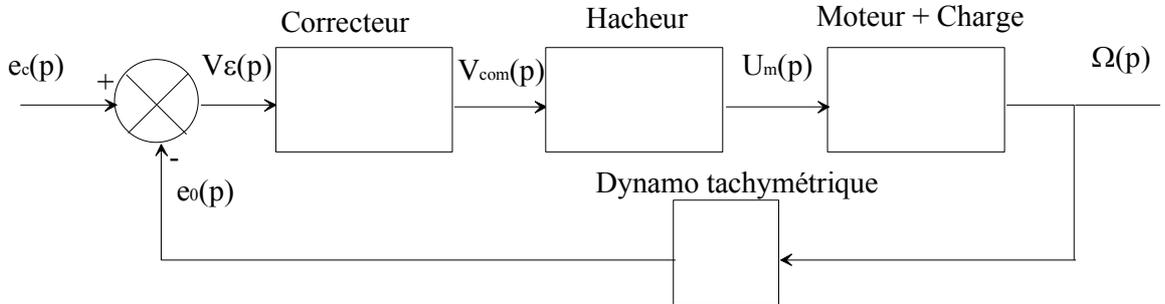
**Documents**

Paramètres Mcc | **CENTRIFUGEUSE\_A1\_DOC**

**Questions**

La partie opérative utilisée est constituée d'un moteur PARVEX accouplé à une machine identique non alimentée. Celle-ci rend compte du comportement de l'ensemble plateau, éprouvettes, dont l'inertie est voisine de celle de son moteur d'entraînement. Dans le système réel, l'effet des frottements est négligeable. Cette hypothèse est adoptée dans l'étude théorique.

## Schéma fonctionnel de la commande de la centrifugeuse

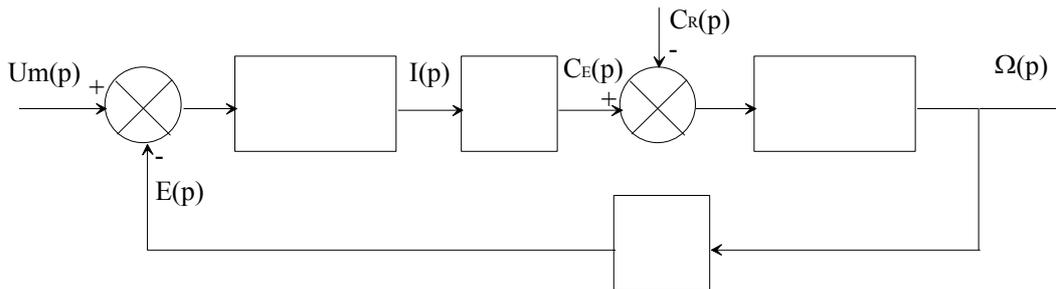


On rappelle que cette machine est accouplée à une machine identique (en tenir compte pour le calcul des inerties).

## Machine d'entraînement de la centrifugeuse

**Q1** Rappeler les équations électriques, mécaniques et de couplage d'une machine à courant continu ( $R, L, E, k, J$ )

**Q2** Montrer que ce système peut se mettre sous la forme suivante en indiquant les différentes fonctions de transfert dans chacun des cadres :

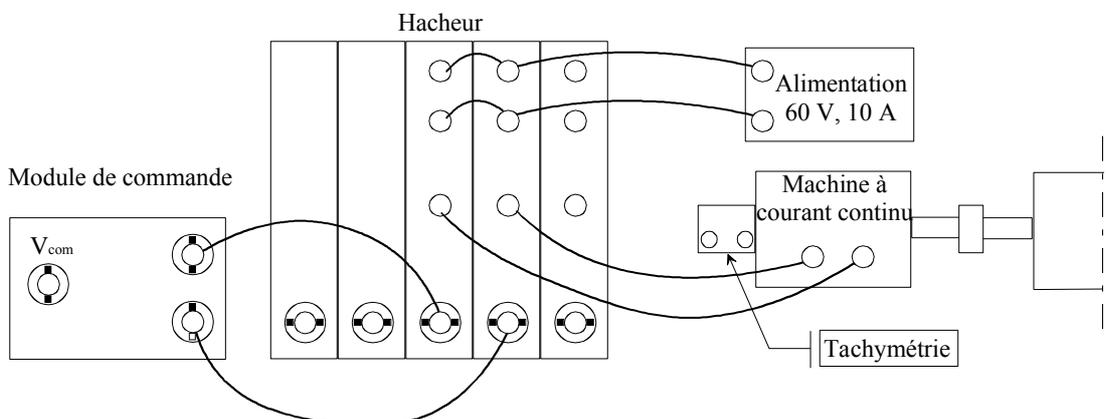


**Q3** Calculer sous forme littérale la fonction de transfert de l'ensemble (machine à courant continu + charge) en considérant le Couple résistant négligeable (Pour tenir compte de la charge, ne considérer que son inertie). La mettre sous la forme

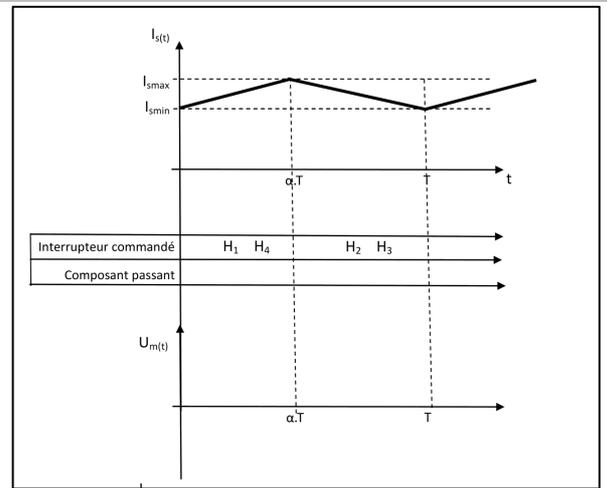
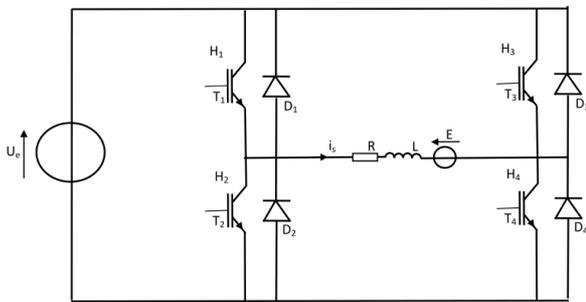
$$\frac{\Omega_{(p)}}{U_{m(p)}} = \frac{H_o}{(1 + \tau_{em} \cdot p)}$$

**Q4** Faire les applications numériques et donner les deux paramètres de la fonction de transfert du moteur.

## Ensemble modulateur de puissance, module de commande



La commande de puissance est assurée par un hacheur 4 quadrants, abaisseur de tension, dont on rappelle la structure dans la figure suivante.



Sa fréquence de découpage est telle qu'il est possible d'admettre que le comportement instantané de la machine, vis à vis de l'asservissement, dépend de la tension moyenne  $\langle U_m \rangle$  appliquée à ses bornes.

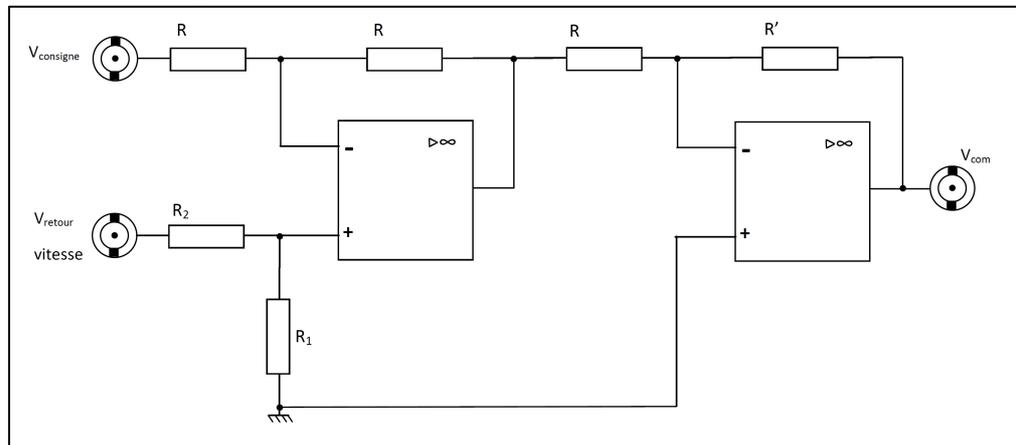
**Q5** Tracer l'allure de la tension  $U_m(t)$  si la commande est unipolaire.

**Q6** Montrer que  $\langle U_m \rangle = E \cdot (2 \cdot \alpha - 1)$  avec  $E = 30 \text{ V}$  et  $\alpha$ , rapport cyclique du hacheur.

La valeur de  $\alpha$  est fixée par le boîtier de commande du hacheur à partir de la valeur de  $V_{com}$ . La relation  $\alpha = f(V_{com})$  ne peut pas être obtenue par un modèle de connaissance, elle sera fixée par un essai dans l'activité 2.

### Comparateur et correcteur

Le schéma structurel du comparateur et du correcteur est donné ci-dessous :



**Q7** Identifier et entourer la partie sommateur puis correcteur.

**Q8** Donner la relation  $V_{com}$  en fonction de  $V_{consigne}$  et  $V_{retour}$  et des résistances.

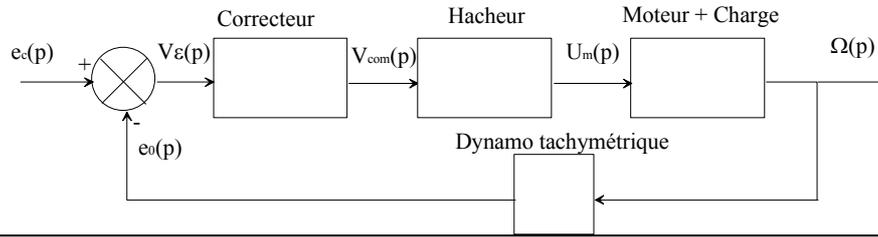
**Q9** Compléter le document de synthèse **CENTRIFUGEUSE\_SYNTHESE**

# Activité 2

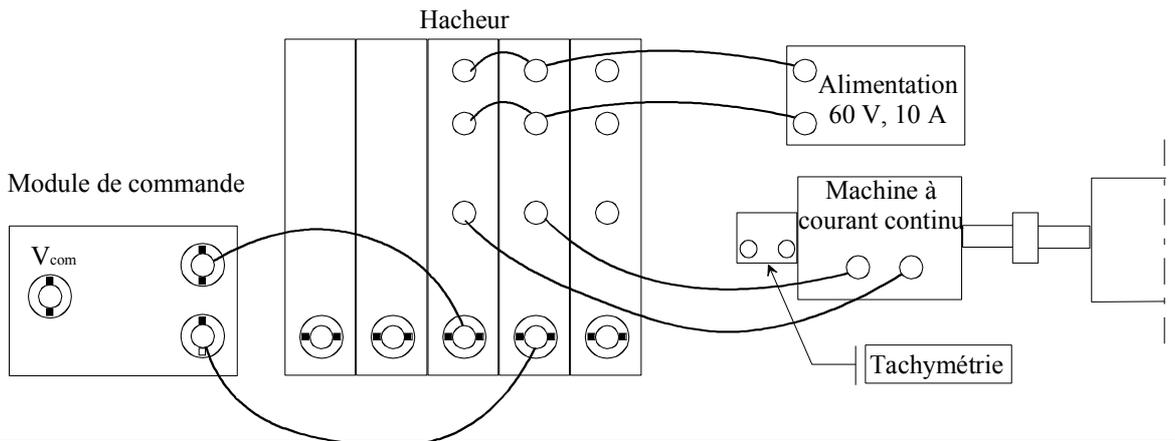
**Responsabilité : Vous conduisez les essais afin de valider le modèle numérique de l'activité 3.**

<b>Documents</b>	Procédure Doc . réponse	<b>Mise en service</b> <b>CENTRIFUGEUSE_SYNTHESE</b>
Conditions de la simulation		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gain du correcteur : 10</li> <li>Consigne : Echelon de 5 Volts</li> </ul>

**Questions** **Schéma fonctionnel de la commande de la centrifugeuse**



**Schéma de câblage de la puissance**



**Modèle de l'ensemble (Hacheur + sa commande)**

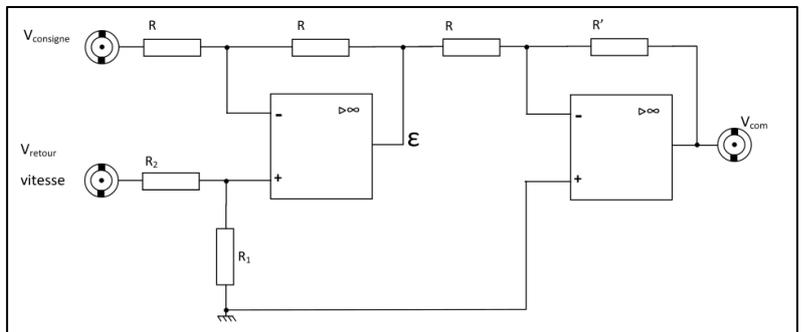
- Q1** Câbler la partie puissance et faire un essai en pilotant  $V_{com}$  par une tension réglable (Les essais seront conduits avec une tension d'alimentation du hacheur de 30 Volts).
- Q2** En instrumentant votre sous-ensemble, déterminer, sous la forme d'un gain, la fonction de transfert d'entrée  $V_{com}$  et de sortie  $\langle U_m \rangle$  (tension moyenne d'alimentation du moteur).

**Adaptation du retour vitesse**

La chaîne de retour de l'asservissement est assurée par une dynamo tachymétrique de coefficient  $K_{DT} = 3mV/tr/min$ .

Déterminer la relation liant  $R_1$  et  $R_2$  afin de satisfaire les conditions de commande (une excursion de la tension de consigne  $U_m$  entre  $-10 V$  et  $+10 V$  doit permettre d'obtenir une vitesse de rotation de la centrifugeuse variant entre  $-1000$  et  $+1000 tr/min$ ).

- Q3** Compléter le câblage pour réaliser un asservissement de vitesse de la centrifugeuse.
- Q4** Déterminer les valeurs relatives de  $R_1$  et  $R_2$  et proposer un choix de valeurs.



**Essai de la boucle complète**

- Q5** Procéder à un essai pour vérifier la bonne adaptation du retour vitesse.
- Q6** Simuler la réponse indicielle dans les conditions demandées.
- Q7** Relever le temps de réponse à 5%.
- Q8** Relever la valeur du premier dépassement le cas échéant. L'exprimer en %.
- Q9** Relever l'erreur statique (écart entre la position réelle et la position de consigne).
- Q10** Proposer un modèle de comportement de ce système automatique asservi.
- Q11** Compléter le document de synthèse **CENTRIFUGEUSE\_SYNTHESE**

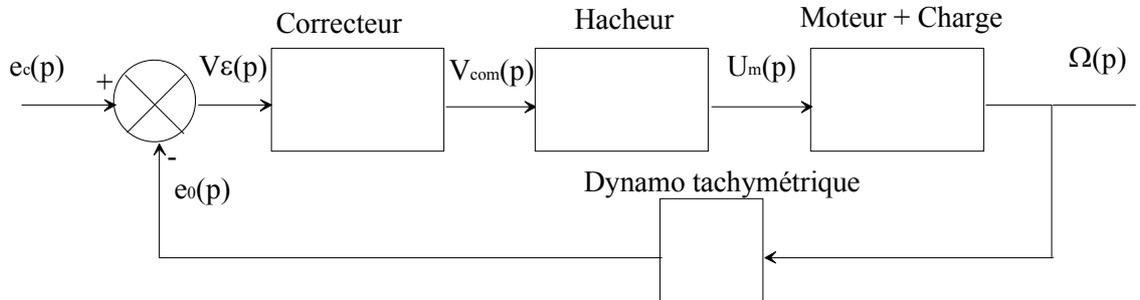
# Activité 3

Responsabilité : Vous établissez un modèle numérique à l'aide du logiciel Matlab Simulink, en utilisant les résultats du modèle de connaissance (Activité 1) et du modèle de comportement (demander les résultats de vos camarades afin de renseigner le modèle).

Documents	Doc présentation guide modèle Matlab	systemes/ dans un navigateur web Prise en main de Matlab Simulink CENTRIFUGEUSE_A3_DOC
	Conditions de la simulation	<ul style="list-style-type: none"><li>Gain du correcteur : 10</li><li>Consigne : Echelon de 5 Volts</li></ul>

## Questions

### Schéma fonctionnel de la commande de la centrifugeuse



### Modèle numérique

**Q1** Créer le modèle numérique dans l'outil Matlab-Simulink.

**Q12** Simuler la réponse indicielle dans les conditions demandées.

**Q13** Relever le temps de réponse à 5%.

**Q14** Relever la valeur du premier dépassement le cas échéant. L'exprimer en %.

**Q10** Relever l'erreur statique (écart entre la position réelle et la position de consigne).

**Q11** Compléter le document de synthèse **CENTRIFUGEUSE\_SYNTHESE**.