

# Exercices Réaction Négative (2-ème séance)

## Exercice 1 (propriétés générales)

Considérez le circuit montré à la Fig. 1, dans lequel l'ampli-op possède une résistance d'entrée infinie et une résistance de sortie nulle, mais un gain en boucle ouverte  $A$  fini.

(a) En posant  $A = \infty$ , trouvez les expressions pour le gain en boucle fermée,  $A_f$ , et le  $\beta$ .

(b) Si  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ , trouvez  $R_2$  donnant  $A_f = 10 \text{ V/V}$  pour les trois

cas suivants :

(i)  $A = 1000 \text{ V/V}$

(ii)  $A = 100 \text{ V/V}$

(iii)  $A = 20 \text{ V/V}$

(c) Pour chacun des trois cas de (b), déterminez le pourcentage de variation de  $A_f$  lorsque  $A$  diminue de 10 %.

Commentez les résultats.

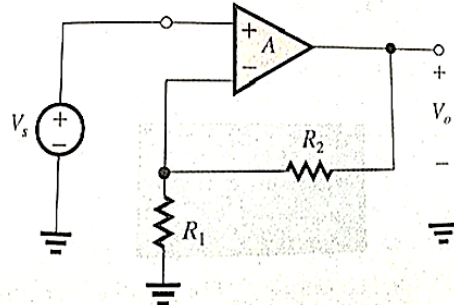


Figure 1

## Exercice 2 (propriétés générales)

Concevez un amplificateur à réaction négative de façon à obtenir un gain en boucle fermée  $A_f$  idéal de 10, et un **taux de réaction** (voir définition cours) d'au moins 40 dB.

Quelle est la valeur requise de  $\beta$  ?

Quelle est la valeur minimale requise du gain en boucle ouverte,  $A$  ?

Quelle est la valeur réalisée correspondante du gain en boucle fermée,  $A_f$  ?

## Exercice 3 (propriétés générales)

Concevez un amplificateur à réaction négative qui présente un gain en boucle fermée  $A_f = 100 \text{ V/V}$  et qui soit relativement insensible aux variations du gain de l'amplificateur de base  $A$  (gain boucle ouverte). En particulier, il doit aboutir à une réduction de  $A_f$  à  $99 \text{ V/V}$  lorsque le gain en boucle ouverte est réduit au dixième de sa valeur nominale,  $A$  ( $A \rightarrow 0.1A$ ).

Quel est le gain de boucle ( $A\beta$ ) requis ?

Quelle valeur nominale de  $A$  est nécessaire ?

Quelle valeur de  $\beta$  doit être utilisée ?

Que deviendrait le gain en boucle fermée  $A_f$  si  $A$  était multiplié par 10 ? Et si  $A$  devenait infini ?

*Note : La "valeur nominale de  $A$ " fait référence au gain en boucle ouverte très élevé et spécifié par le constructeur.*

## Exercice 4 (l'effet de la RN sur les impédances d'entrée et sortie)

La réaction négative doit être utilisée pour modifier les caractéristiques d'un amplificateur particulier à diverses fins. Identifiez la topologie (type de connexion) à utiliser si :

(a) la résistance d'entrée doit être abaissée et la résistance de sortie augmentée.

(b) les résistances d'entrée et de sortie doivent être augmentées.

(c) les résistances d'entrée et de sortie doivent être abaissées.

## Exercice 5 (RN non-idéale)

L'amplificateur de transconductance à réaction négative dans la Fig. 2 utilise un amplificateur différentiel d'un gain en tension  $\mu$ , d'une résistance d'entrée  $R_{id} = 100 \text{ k}\Omega$  et d'une résistance de sortie  $r_{o1} = 1 \text{ k}\Omega$  ; ainsi qu'un MOSFET avec  $g_m = 2 \text{ mA/V}$  et  $r_{o2} = 20 \text{ k}\Omega$ .

(a) Identifier l'amplificateur en boucle ouverte, le bloc de réaction et le type de connexion.

(b) Trouvez la valeur de  $R_2$  qui donne au gain en boucle fermée  $A_f = I_o / V_s$  la valeur idéale de  $100 \text{ mA/V}$ .

(c) Trouvez la valeur de  $\beta$  et esquissez le circuit de réaction à deux ports (ou quadripôle, c'ad représentation du circuit avec les 2 entrées et 2 sorties comme illustre ci-après) et calculez  $R_{in\beta}$  et  $R_{out\beta}$

(d) Déterminez les résistances qui charge l'ampli  $A$  à l'entrée et à la sortie (voir modèle RN non-idéale ou réelle ; notez que  $R1$  représente la charge du transistor comme 'étage' final - on peut la noter aussi  $R_s$ )

(e) Trouvez l'expression du gain total  $A$  total en fonction de  $\mu$ .

(f) Déterminez la valeur de  $\mu$  qui conduit à un taux de réaction de 40 dB.

(g) Trouvez la valeur de  $A_f$

(h) Trouvez  $R_{in}$  et  $R_{out}$

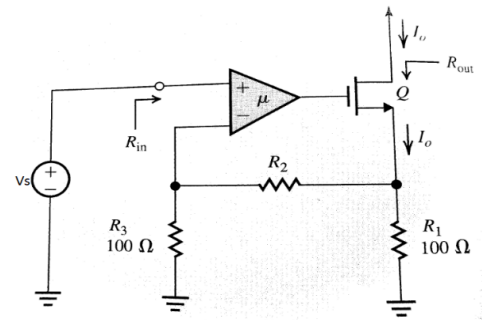


Figure 2

## Exercice 6 : Réaction négative – application à la robotique

### Description de l'application

Les robots utilisent la réaction négative pour contrôler avec précision divers mouvements. Un exemple intéressant se rencontre dans les mains robotisées, utilisées pour saisir des objets et dont le champ d'application va des fonctions de « pick-and-place » en usine jusqu'à la chirurgie sur l'être humain.

Lors de la saisie d'un objet, par exemple un œuf (🥚), une main robotisée doit appliquer une pression suffisante pour empêcher l'objet de glisser, sans toutefois l'écraser. Cette opération délicate est réalisée comme l'illustre la Fig. 3, où la main robotisée emploie des capteurs de pression sur ses doigts. Chaque capteur se comporte comme une résistance,  $R_s$ , dont la valeur dépend de la pression. L'étage constitué de  $R_s$ ,  $R_f$  et de l'amplificateur opérationnel génère la tension  $V_x$  c'est-à-dire une tension représentant la pression. Ce résultat est numérisé par un convertisseur analogique-numérique (CAN) et soustrait d'une valeur de référence. La différence (l'erreur) commande la pression appliquée par le doigt à l'objet. Cette boucle à réaction négative cherche à minimiser l'erreur entre la sortie du CAN et la référence, et finit par se stabiliser à une certaine pression. Bien entendu, la valeur de référence doit être choisie avec soin.

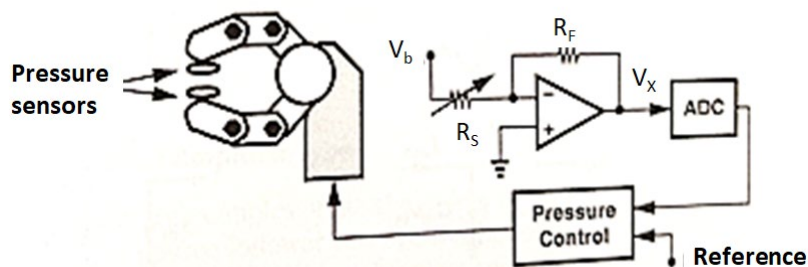


Figure 3

### Énoncé du problème :

Données de conception pour un doigt robotisé :

- Modèle du capteur (linéarisé autour de la zone d'utilisation) :  $R_s(P) = R_0 - k \cdot P$ , avec  $R_0 = 20 \text{ k}\Omega$  et  $k = 100 \text{ }\Omega/\text{kPa}$
- Tension d'alimentation capteur :  $V_b = 0.5 \text{ V}$

- Résistance de réaction :  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$
  - Amplificateur opérationnel : rails  $\pm 5 \text{ V}$  ; courants d'entrée négligeables ; gain en boucle ouverte  $A = 100000$
  - CAN : 12 bits bipolaire, pleine échelle  $\pm 5 \text{ V}$  (codes en complément à deux)
- 
- a) Identifiez le type de réaction négative (connexions à l'entrée et sortie)
  - b) Déterminez l'expression de  $A_f$  pour  $A \rightarrow \infty$  (idéal)
  - c) Déterminez l'expression de  $A_f$  pour  $A$  de valeur finie ( $A_f$  inclue  $A$ ). Commentez l'erreur par rapport au cas idéal (considérez  $P=0$ )
  - d) Calculer  $V_x$  pour  $P = 0, 50, \text{ et } 90 \text{ kPa}$ . Vérifier les rails d'alimentation.
  - a) Si l'on souhaite que  $V_x$  augmente avec la pression tout en conservant la même gamme de valeurs, citer une modification analogique simple de l'étage à ampli op permettant d'y parvenir et le type de réaction négative (connexions à l'entrée et sortie)