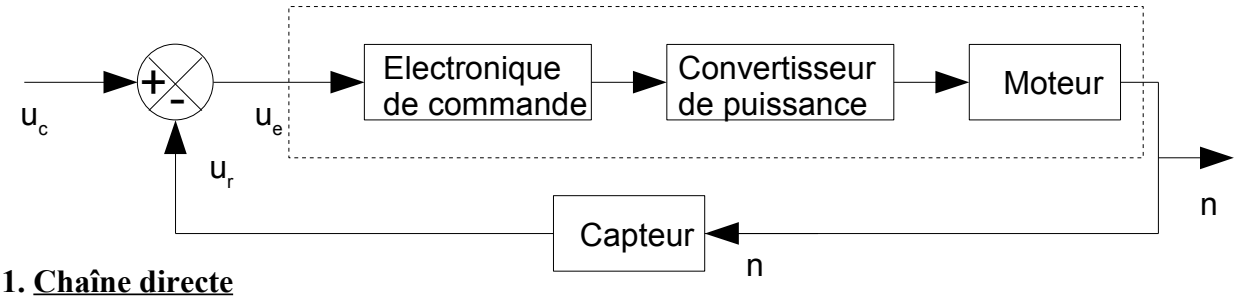
Devoir n°12: régulation de vitesse et amplificateur opérationnel

Un tapis roulant servant au transport de lourdes pièces doit être entraîné à vitesse constante.
Le schéma d'un système de régulation est donné ci-dessous, une tension d'entrée u_c permet à l'électronique de commande d'agir sur les durées de conduction des interrupteurs du convertisseur de puissance et de régler ainsi la vitesse du moteur.
Le système égulation comprend trois parties: la chaîne directe, la chaîne de retour et l'opérateur de différence.

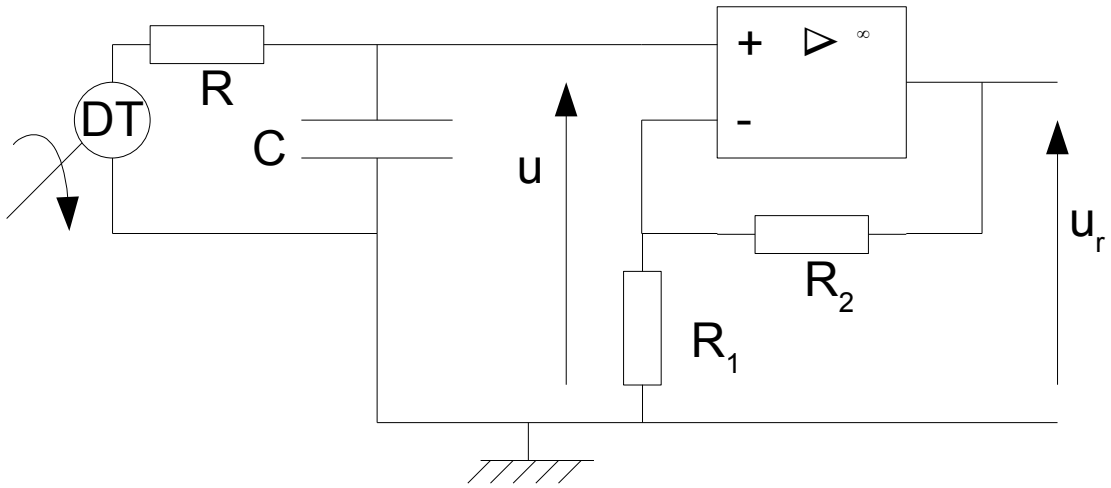


1. Chaîne directe

1.1. Quelles sont les éléments constituant la chaîne directe ?
1.2. Pour une tension $u_e = 0{,}240$ V, la fréquence de rotation du moteur est $n = 24{,}0$ tr.s^{-1}. **Déterminer** la transmittance H de la chaîne directe en précisant son unité.

2. Chaîne de retour

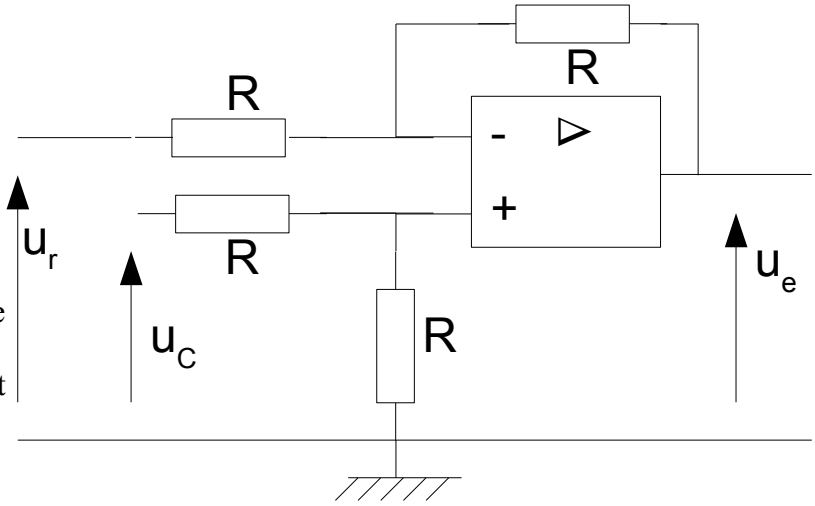
Le schéma de la chaîne de retour qui effectue une conversion vitesse/tension est représenté sur la figure ci-dessous. Le capteur de vitesse est une dynamo tachymétrique suivi d'un filtre RC et d'un amplificateur de tension.
On peut considérer que u = E, E étant la force électromotrice de la dynamo telle que $E = 50{,}0.10^{-3}\,n$ (n en tr.s^{-1}).



2.1. L'amplificateur opérationnel étant considéré comme parfait, **exprimer** la tension u_r en fonction de u, R_1 et R_2.
2.2. On donne $R_1 = 1{,}00$ kΩ, **déterminer** la valeur de R_2 pour avoir $u_r = 11{,}76$ V lorsque $n = 24{,}0$ tr.s^{-1}.
2.3. Calculer la transmittance K de la chaîne de retour.
Dans la suite du problème, on prendra K = 0,490 U.S.I.

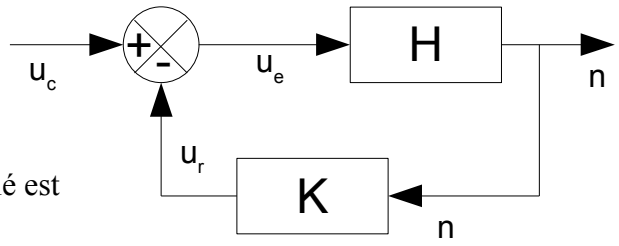
3. Opérateur de différence

L'opérateur de différence est réalisé grâce à un amplificateur opérationnel supposé parfait selon le schéma présenté sur la figure ci-contre.



3.1. Exprimer le potentiel V^- de l'entrée inverseuse en fonction de u_r et de u_e.
3.2. Exprimer le potentiel V^+ de l'entrée inverseuse en fonction de u_c.
3.3. En déduire la relation entre u_e, u_c et u_r.
3.4. Déterminer la valeur de la tension de consigne u_c en utilisant les données des questions 1.2. et 2.2.

4. Système bouclé



Le système complet est représenté ci-contre.

4.1. Montrer que la transmittance T du système bouclé est égale à $\frac{H}{1+HK}$.

4.2. Le tapis roulant fonctionne maintenant à vide et la transmittance de la chaîne directe prend la valeur H' = 120 USI.
4.2.1. Le système étant en boucle ouverte et la tension u_c réglée à 0,240 V, **calculer** la fréquence de rotation à vide du moteur n_v.
En déduire la variation de fréquence de rotation en boucle ouverte $\Delta n_0 = n_v - n$.
4.2.2. Le système étant en boucle fermée, **montrer** que la tension u_c doit être réglée à 12,0 V si l'on souhaite une fréquence de rotation du moteur de 24,0 $tr.s^{-1}$.
Quelle sera alors la fréquence de rotation à vide du moteur n'_v ?
En déduire la variation de la fréquence de rotation en boucle fermé $\Delta n_f = n'_v - n$.

4.2.3. Calculer le rapport $\frac{\Delta n_0}{\Delta n_f}$. **Comparer** sa valeur avec celle de 1+H'K.