

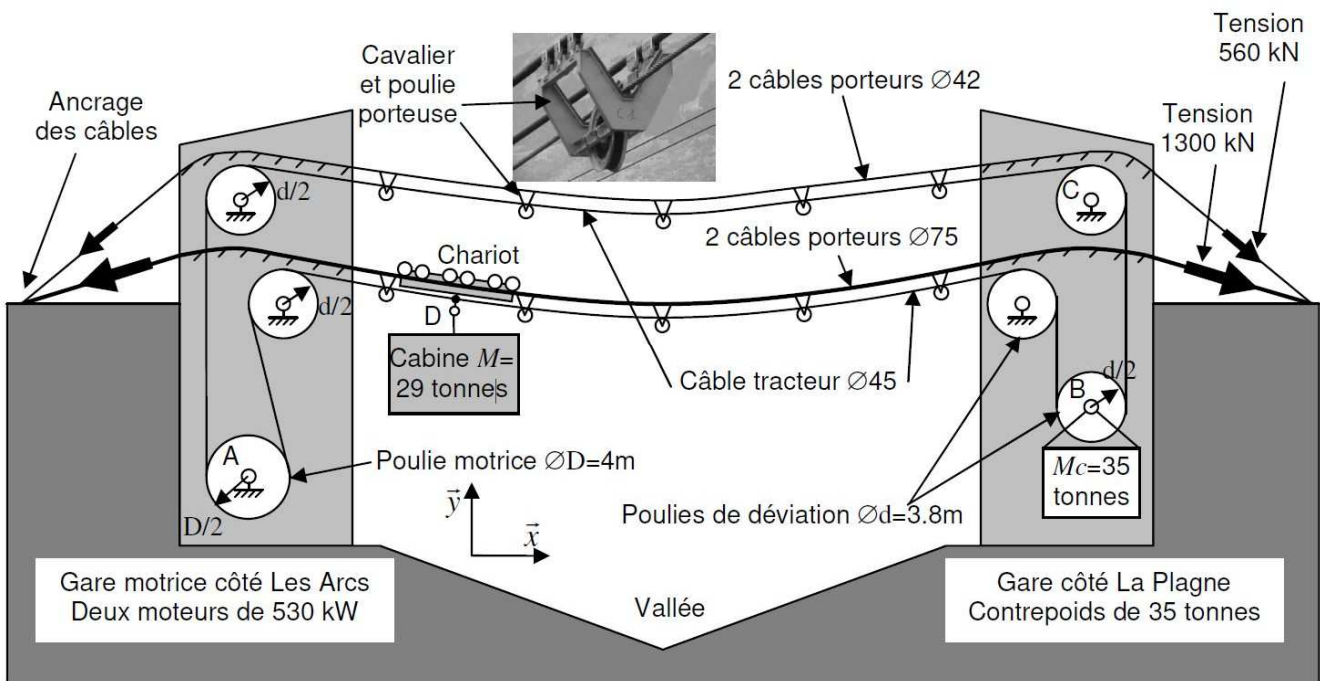
**DM CI2 - PSI****Téléphérique Vanoise Express****09-11-2024**

**Présentation du système**

**Mise en situation**

le téléphérique Vanoise Express relie les domaines skiables de La Plagne et Les Arcs, Il existe deux cabines mais qui sont indépendantes. Ce qui signifie que le système peut fonctionner avec une seule cabine. Cas le plus défavorable où l'une des cabines ne fait pas contrepoids à l'autre. On se place donc dans ce cas.

La cabine est suspendue à un chariot qui roule sur deux câbles porteurs. Elle est tirée par un câble tracteur. Ce câble tracteur est mis en mouvement par une poulie motrice de diamètre  $D$  laquelle est entraînée par deux moteurs à courant continu via un réducteur pour chaque moteur. Cinq poulies de déviation de diamètre  $d$  réorientent le câble. Lequel est guidé par 50 poulies porteuses de diamètre  $d_p$  en liaison pivot sur les cavaliers fixés sur les câbles porteurs. Enfin un contre poids de masse  $M_C$  permet de maintenir la tension du câble tracteur.



**Données inertielles :**

- ☞  $M$  : Masse de l'ensemble cabine + chariot
- ☞  $m$  : Masse du câble tracteur
- ☞  $M_C$  : Masse du contrepoids
- ☞  $M_{pm}$  et  $J_{pm}$  : Masse et moment d'inertie de la poulie motrice par rapport à son axe de rotation
- ☞  $M_{pd}$  et  $J_{pd}$  : Masse et moment d'inertie de chaque poulie de déviation par rapport à son axe.
- ☞  $M_{pp}$  et  $J_{pp}$  : Masse et moment d'inertie de chaque poulies porteuse par rapport à son axe.
- ☞  $J_m$  : Moment d'inertie du rotor d'un seul moteur par rapport à son axe de rotation. (Il y en a 2)
- ☞  $J_r$  : Moment d'inertie d'un seul réducteur ramené sur l'axe de la poulie motrice. (Il y en a 2)

**Paramètres cinématiques :**

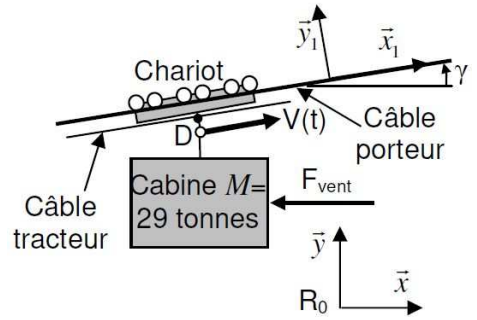
- ☞  $\theta_m$  et  $\omega_m$  : Position et vitesse angulaire du rotor du moteur.
- ☞  $\theta$  et  $\omega$  : Position et vitesse angulaire de la poulie motrice.
- ☞  $\omega_{pp}$  et  $\omega_{pd}$  : Vitesses angulaires des poulies porteuses et de déviation.
- ☞  $x$  et  $v$  : Position et vitesse de la cabine

Rapport de transmission du réducteur :

$$r = \frac{\omega}{\omega_m} = \frac{1}{20}$$

**Hypothèses et autres données**

- ☞ Le câble roule sans glisser sur toutes les poulies
- ☞ L'accélération de pesanteur est définie par le vecteur  $\vec{g} = -g \cdot \vec{y}$ .
- ☞ Le vent exerce sur la cabine une force  $\vec{F}_{vent} = -F_{vent} \cdot \vec{x}$
- ☞ La cabine avance à une vitesse  $\vec{V}_{cab/sol} = v \cdot \vec{x}_1$  où  $\vec{x}_1$  est un vecteur unitaire tangent au câble qui est incliné d'un angle  $\gamma$  par rapport au vecteur horizontal  $\vec{x}$ .
- ☞ Toutes les liaisons sont des liaisons parfaites. Seul le roulement sans glissement du chariot sur le câble porteur induit une force de frottement visqueux sur la cabine.



$$\vec{F}_{RsG} = -b \cdot v \cdot \vec{x}_1$$

**Caractéristiques du moteur à courant continu**

Tension d'alimentation : $u(t)$	Courant de l'induit : $i(t)$	Force contre électromotrice : $e(t)$
Vitesse de rotation : $\omega_m(t)$	Couple moteur : $c_m(t)$	Résistance de l'induit : $R = 0,0386 \Omega$
Inductance : $L = 0,59 \text{ mH}$	Constantes de couple et force électromotrice : $K_C = K_E = 5,76 \text{ N.m.A}^{-1}$ .	

Equation électromécaniques de fonctionnement :

$$u(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \cdot \frac{d i(t)}{dt} \qquad e(t) = K_E \cdot \omega_m(t) \qquad c_m(t) = K_C \cdot i(t)$$

- Remarques :
- ☞ Ces équations sont celles d'un seul moteur.
  - ☞ Les deux moteurs sont alimentés avec la même tension  $u(t)$ .

**Objectif**

Il s'agit de mettre en place le schéma bloc de l'asservissement en vitesse de la cabine.

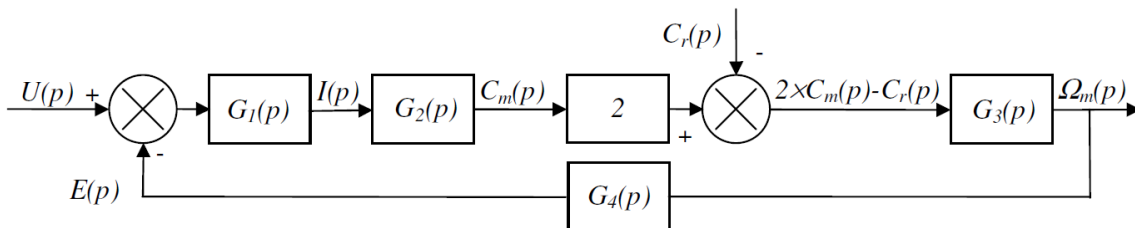
**Questions**

1- Les pièces en mouvement sont : les deux moteurs, les deux réducteurs, la poulie motrice, les cinq poulies de déviation, les cinquante poulies porteuses et la cabine. On appelle S le système constitué de l'ensemble des ces pièces en mouvement.

Montrer que l'énergie cinétique de ce système S dans son mouvement par rapport au sol s'écrit :  $E_C(S/sol) = \frac{1}{2} \cdot J_{eq} \cdot \omega_m^2$  Et donner l'expression de  $J_{eq}$  en fonction des constantes du système.

2- En écrivant un théorème de l'énergie cinétique au système S, établir l'équation mécanique de fonctionnement du système. Montrer quelle s'écrit sous la forme :  $2 \cdot C_m(t) - C_r(t) = J_{eq} \cdot \frac{d \omega_m(t)}{dt} + f \cdot \omega_m(t)$  et donner les expressions de  $C_r(t)$  et  $f$  en fonction des constantes du système.

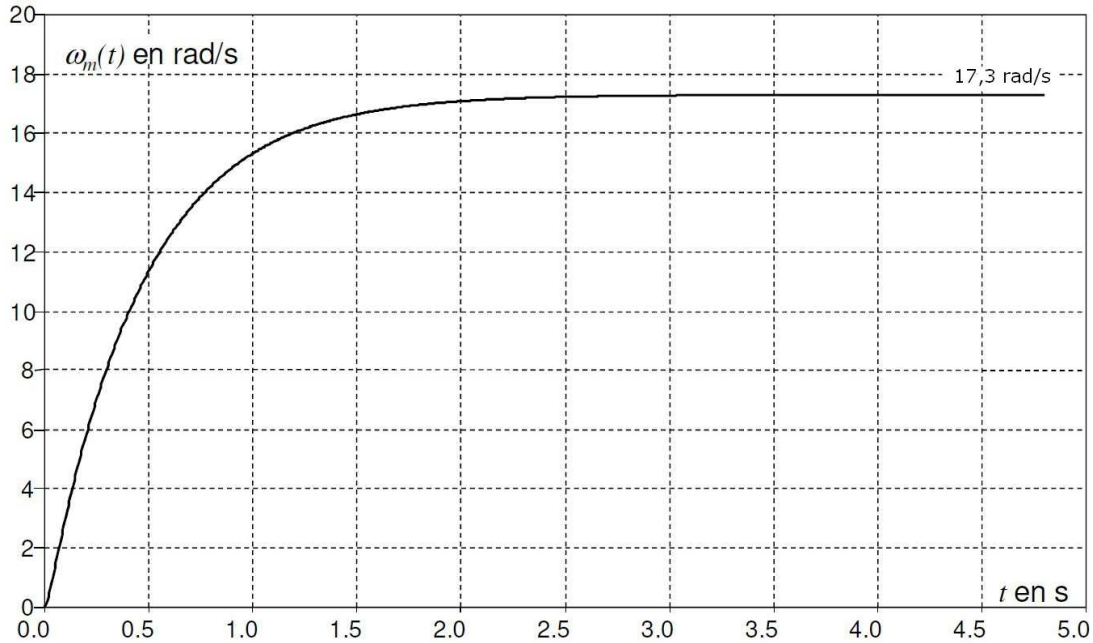
3- On donne ci-contre le schéma bloc de la double motorisation. Déterminer les fonctions de transfert  $G_1(p)$ ,  $G_2(p)$ ,  $G_3(p)$  et  $G_4(p)$  en fonction de  $R$ ,  $L$ ,  $K_C$ ,  $K_E$ ,  $f$  et  $J_{eq}$ .



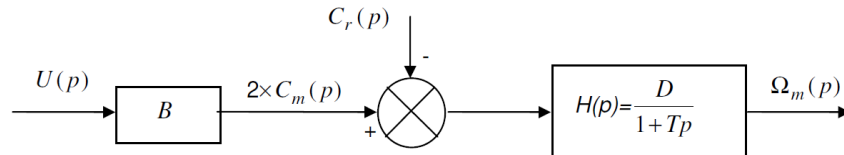
4- La fonction symbolique  $\Omega_m(p)$  peut se mettre sous la forme  $\Omega_m(p) = F_1(p) \cdot U(p) - F_2(p) \cdot C_r(p)$ . Exprimer  $F_1(p)$  et  $F_2(p)$  en fonction de  $R$ ,  $L$ ,  $K_C$ ,  $K_E$ ,  $f$  et  $J_{eq}$ . Donner les expressions de ces fonctions de transfert sous leur forme canonique.

5- On effectue une expérimentation sur le système, constitué des deux moteurs à courant continu. Les conditions de l'expérimentation sont les suivantes. Le système est placé de telle sorte que :  $C_r(t) = 0$  et on soumet les deux moteurs à un même échelon de tension  $u(t) = 100 \text{ V}$  à la date  $t = 0$ . On relève alors l'évolution temporelle de la vitesse de rotation des deux moteurs. On obtient la courbe ci-dessous.

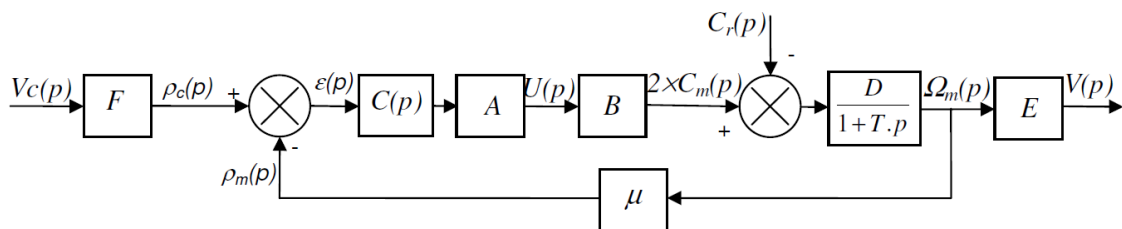
Justifier le fait que l'on puisse négliger l'inductance  $L$  des moteurs à courant continu, et déterminer les valeurs numériques de  $f$  et  $J_{eq}$ .



6- le schéma bloc peut alors se mettre sous la forme ci-dessous. Donner les valeurs numériques des trois constantes  $B$ ,  $D$  et  $T$ .



La motorisation modélisée ci-dessus est insérée dans une boucle d'asservissement de vitesse. On obtient alors le schéma bloc ci-dessous de cet asservissement.



- ☞ La consigne de vitesse  $v_c(t)$  est donnée en entrée. Elle est convertie en tension  $\rho_c(t)$  avec le gain « F ».
- ☞ Une génératrice tachymétrique de gain  $\mu = 0,716 \text{ V.s.rad}^{-1}$  transforme la vitesse de rotation  $\omega_m(t)$  du moteur en une tension  $\rho_m(t)$ .
- ☞ Un correcteur de fonction de transfert  $C(p)$  corrige la différence  $\epsilon(t) = \rho_c(t) - \rho_m(t)$  et l'envoie à un amplificateur de gain  $A$ , qui alimente les deux moteurs électriques.
- ☞ La vitesse de rotation  $\omega_m(t)$  est transformée en vitesse du téléphérique  $v(t)$  avec le gain « E ».

7- Déterminer l'expression du gain  $E$  et faire l'application numérique.

8- Déterminez l'expression du gain « F » pour que  $v_c(t) = v(t)$  entraîne  $\epsilon(t) = 0$ .