

DM N°2

Le devoir comporte 1 problème

Problème : Pince de télésiège

I Mise en situation

I.1 Contexte

Le transport par câble constitue la meilleure solution pour relier deux points dont le dénivelé est important : avec peu d'infrastructure, il est possible de s'affranchir des obstacles du terrain et de fonctionner dans des conditions extrêmes. De ce fait, il est particulièrement adapté à la montagne et aux sports d'hiver : télésiège, télécabine ou téléphérique se meuvent grâce à un câble dit « de traction », entraîné par un moteur.



(a) Télésiège



(b) Télécabine

Dans de nombreuses stations de ski, l'afflux de skieurs durant la haute saison a obligé les fabricants de remontées mécaniques à **améliorer le débit** de leurs installations. Le développement du matériel porte principalement sur deux points : augmenter la capacité des sièges ou cabines et/ou augmenter la vitesse de montée. Mais en augmentant la vitesse de montée (jusqu'à $6m/s$ selon la norme, soit $21km/h$), le chargement et le déchargement des passagers devenaient compliqués, voire impossibles, en toute sécurité.

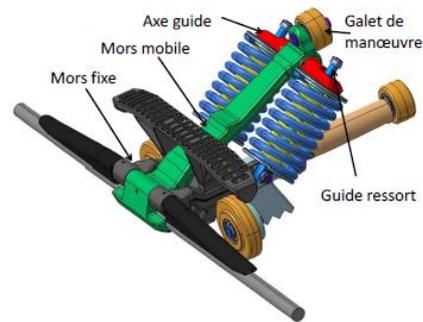
Pour y remédier, des systèmes dits débrayables ont vu le jour. Les sièges ou cabines peuvent ainsi ralentir lors de leur passage aux stations de départ et d'arrivée, puis reprendre leur vitesse de croisière ensuite, permettant alors un chargement et déchargement facile des passagers, tout en autorisant une vitesse de montée rapide. Plusieurs véhicules étant accrochés au même câble, il n'était pas possible de ralentir la vitesse du câble sans ralentir la vitesse de montée des autres véhicules. Il était donc nécessaire de désolidariser la voiture du câble lors du passage dans les stations de départ et d'arrivée. Les constructeurs ont ainsi développé des **pinces débrayables**.

I.2 Présentation de la pince débrayable Poma LPA XL

L'objet de ce devoir est la pince débrayable LPA XL utilisée sur les systèmes à grande capacité (télésièges de 6 ou 8 places, télécabines) commercialisés par la société POMA.



(a) Vue depuis le télésiège

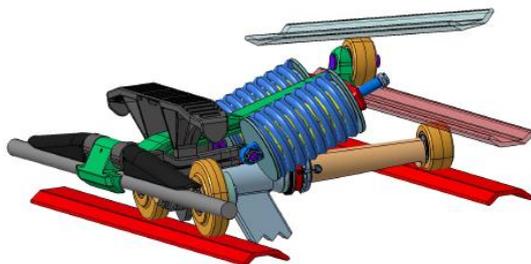


(b) Modèle CAO et vocabulaire

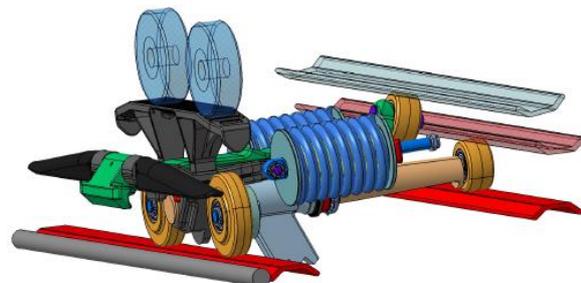
I.2.1 Fonctionnement

La pince est notamment composée d'un mors fixe et d'un mors mobile, qui permettent de fixer le siège sur le câble ou, au contraire, de l'en désolidariser. On distingue ainsi deux phases de fonctionnement :

- lors du déplacement du véhicule entre les stations, la pince enserre le câble, permettant ainsi le déplacement du véhicule à grande vitesse : le mors mobile est poussé par des ressorts ;
- lors de l'entrée dans une station, le véhicule est désolidarisé du câble (zone de débrayage) et ralenti, permettant ainsi une montée et une descente facile des passagers : un système de rails ouvre la pince (par appui sur le galet de manœuvre, le mors mobile pivote), libérant ainsi le câble. Le véhicule, lié à la pince, est alors déplacé par un système de galets qui lui permet d'avancer à vitesse réduite dans la station.



(a) Pince en phase d'ouverture



(b) Pince ouverte avec, en transparence, les deux galets permettant de mouvoir le véhicule dans la station

Pour la sortie de station, le processus est inversé (zone d'embrayage), afin de fixer l'ensemble du véhicule via la pince sur le câble : le rail n'appuie plus sur le galet de manœuvre et les ressorts poussent donc le mors mobile à pivoter pour se mettre en contact avec le câble.

Voir vidéo <https://youtu.be/UZyIHzm-hGY>

I.2.2 Performances et cahier des charges

L'un des critères prépondérants est le serrage correct du mors sur le câble, assurant le maintien du véhicule pendant le transport et donc la sécurité des passagers.

Exigence	Critère	Niveau	Limite
Fixer l'ensemble cabine sur le câble	Effort de serrage (N)	60 000	-20%

Cet effort de serrage est créé par les ressorts. L'effort exercé par un ressort de paramètres K et L_0 s'écrivant $F_R = K(L_0 - l)$, il est nécessaire de connaître, en particulier, la longueur sous charge l du ressort.

Objectif

Pour exercer l'effort de serrage validant le cahier des charges, chaque ressort doit fournir un effort F_R de $7168N$ minimum. L'objectif de ce support est de valider le choix de ressort réalisé par le constructeur, dont la raideur est $K = 250N/mm$ et la longueur à vide est $L_0 = 300mm$.

II Validation des ressorts

II.1 Modélisation du mécanisme

Les différentes pièces du mécanisme (ressorts et galets non compris) peuvent être regroupées en 5 classes d'équivalence cinématique : le mors fixe **0**, le mors mobile **1**, l'axe guide **2**, le guide ressort gauche **3** et le guide ressort droit **4**. **0** est considéré comme l'ensemble fixe (bâti).

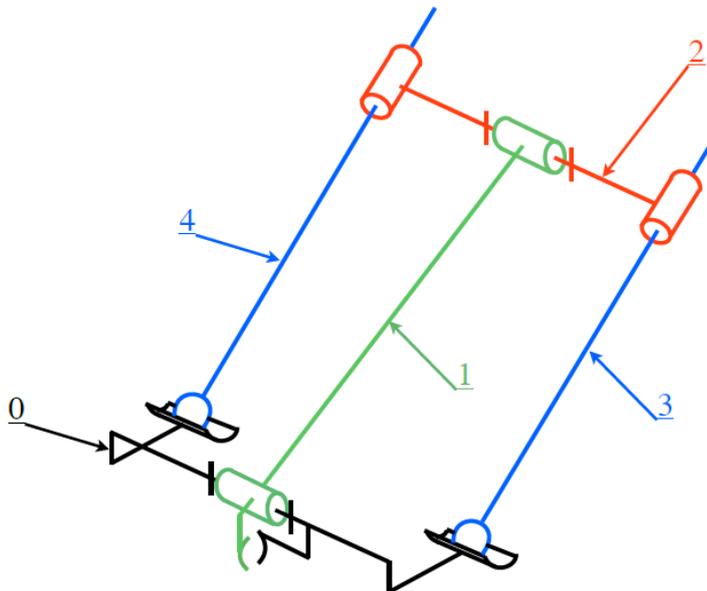


Figure 1 : Schéma cinématique spatial (ressorts non représentés)

II.2 Paramétrage

II.2.1 Paramétrage des solides

Sur les figures 2, 3 et 4 de l'annexe sont définis des points et le repère $\mathcal{R}_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ associé au solide **0**.

Q1. Sur la figure 1 du document réponse, reporter les points nécessaires et placer le repère \mathcal{R}_0

On paramètre alors les distances fixes en définissant les paramètres x_B, y_B, z_B, l_C et l_G tels que :

$$\vec{OB} = -x_B \vec{x}_0 + y_B \vec{y}_0 - z_B \vec{z}_0 \quad ; \quad CA = l_G \quad \text{et} \quad OC = l_C$$

où $x_B = 280mm$, $y_B = 135mm$, $z_B = 33mm$, $l_G = 135mm$ et $l_C = 541mm$.

Q2. Compte tenu de la symétrie du système et des mouvements utiles des pièces, dans quel plan peut-on représenter le système ?

Par symétrie, il est possible de ne travailler que dans l'une des deux boucles qui apparaissent. On propose la boucle formée par les solides **0-1-2-3**.

Q3. Compléter le schéma cinématique plan du document réponses. Vous devez représenter le solide 2 ainsi que les différentes liaisons. Vous modéliserez ces liaisons en ne prenant en compte que les degrés de liberté nécessaires à ce modèle plan (utilisez 3 pivots d'axes suivant \vec{y}_0 et une glissière d'axe \vec{AB}).

Q4. Sur ce nouveau schéma, définir un repère par solide. On notera $\mathcal{B}_i = (\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$ la base associée au solide i .

II.2.2 Paramétrage des liaisons

Q5. Combien de paramètres est-il nécessaire de définir pour l'ensemble des degrés de liberté des liaisons ? Préciser angulaires ou linéaires.

Q6. Les représenter sur le schéma cinématique. On notera $\lambda(t)$ le paramètre linéaire et $\theta_i(t)$ (avec i le numéro du solide) les paramètres angulaires.

Q7. Réaliser les figures géométrales repérant les angles $\theta_i(t)$ entre les différentes bases.

Représenter ces figures de changement de bases planes avec **l'axe commun (\vec{y}_0)** orthogonal à la feuille et « **venant vers nous** ». Les angles seront représentés **toujours positifs** et d'une vingtaine de degrés pour faciliter le travail de projection des vecteurs de bases.

II.3 Détermination de la loi entrée-sortie

On cherche maintenant à déterminer la longueur des ressorts en fonction du déplacement angulaire du mors mobile.

Q8. Au vu de la problématique, parmi les paramètres précédemment définis, lequel représente le paramètre d'entrée ? Lequel représente le paramètre de sortie ?

Q9. Écrire les fermetures géométriques angulaire et linéaire attachées à la chaîne de solides **0-1-2-3**.

$$\text{Fermeture angulaire : } (\vec{x}_0, \vec{x}_0) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) + (\vec{x}_1, \vec{x}_2) + (\vec{x}_2, \vec{x}_3) + (\vec{x}_3, \vec{x}_0) = 0$$

$$\text{Fermeture géométrique : } \vec{O\vec{O}} = \vec{O\vec{B}} + \vec{B\vec{A}} + \vec{A\vec{C}} + \vec{C\vec{O}}$$

Q10. Projeter la fermeture géométrique dans la base du repère \mathcal{R}_0 . En utilisant Pythagore ($\forall \alpha, \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$), éliminer le paramètre angulaire interne (angle orientant le solide 3 par rapport à 0) pour obtenir la relation entrée/sortie reliant la distance $AB = \lambda(t)$ (qui influe sur la longueur des ressorts) et l'angle que fait le mors mobile 1 avec le mors fixe 0.

II.4 Conclusion

Lorsque la pince est fermée, l'angle θ_1 vaut $16,8^\circ$.

Q11. En déduire la valeur de la longueur l des ressorts, définie par $AB = 56\text{mm}$.

Q12. Calculer F_R et conclure.

ANNEXE

1	Mors fixe	14	Galet de guidage
2	Mors mobile	15	Véhicule
3	Patin	16	Roue droite
4	Axe de guidage	17	Roue gauche
5	Axe guide ressort droit	18	Écrou à encoches
6	Axe guide ressort gauche	19	Disque de freinage
7	Coupelle supérieure droite	20	Axe guide mors mobile
8	Coupelle supérieure gauche	21	Support véhicule
9	Coupelle inférieure droite	22	Support de roulage
10	Coupelle inférieure gauche	23	Aiguille droite
11	Ressort principal droit	24	Aiguille gauche
12	Ressort principale gauche	25	Goupille fendue
13	Galet de manœuvre	26	Coussinet de guidage

Nomenclature des différentes pièces

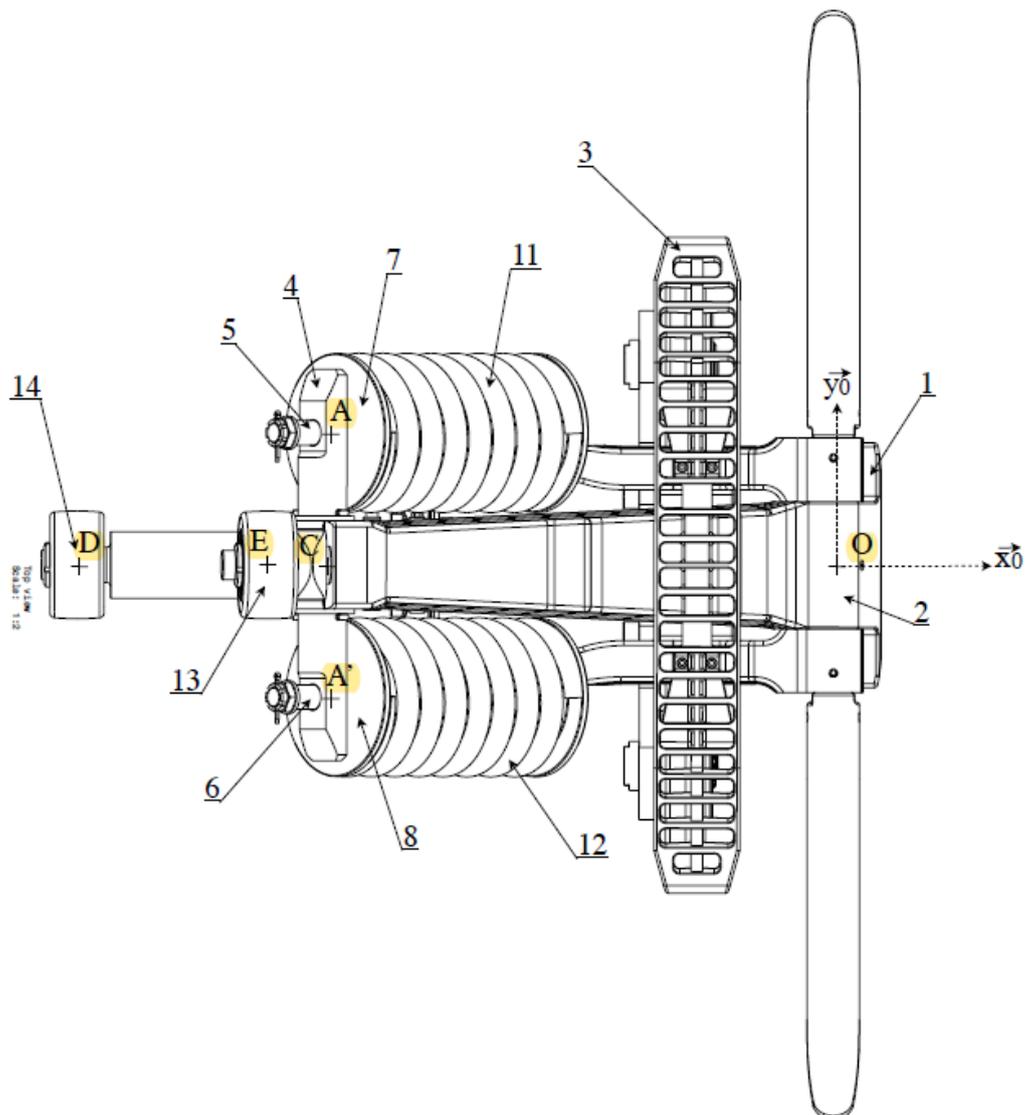


Figure 2 : Vue de face pince Poma LPA XL

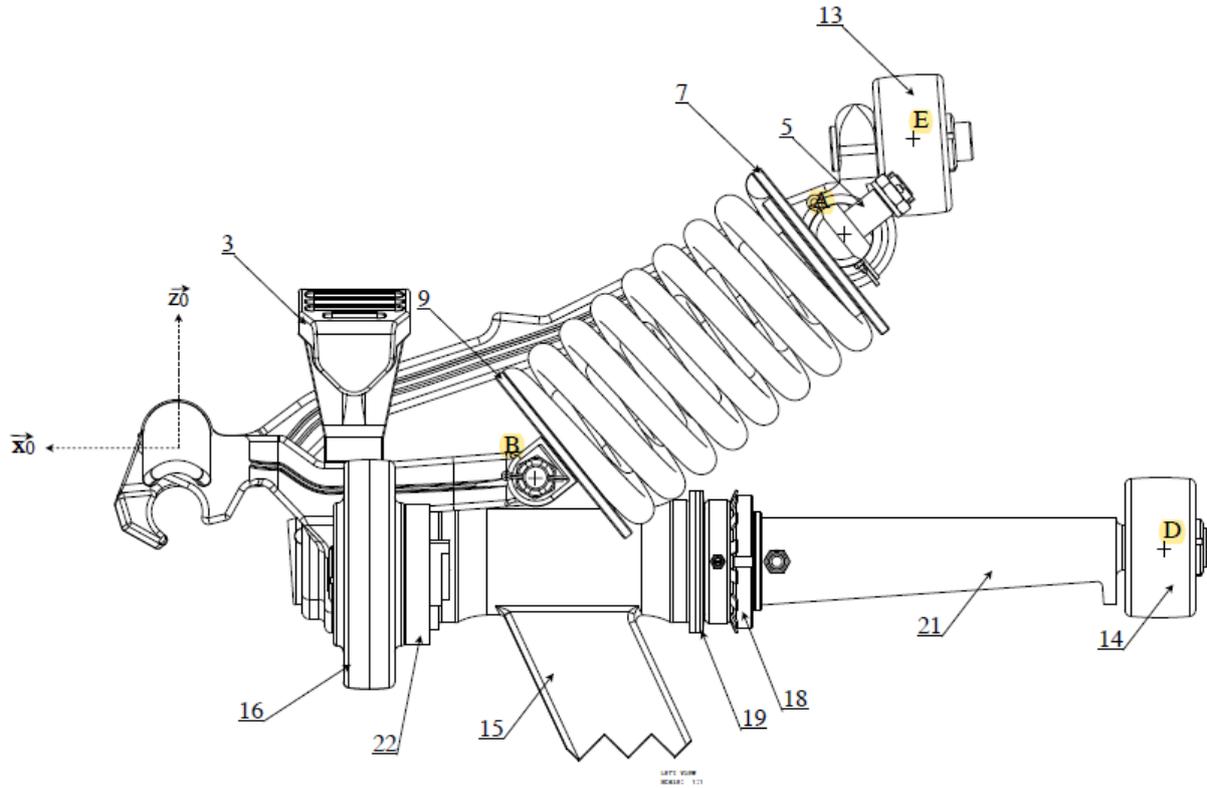


Figure 3 : Vue de droite pince Poma LPA XL

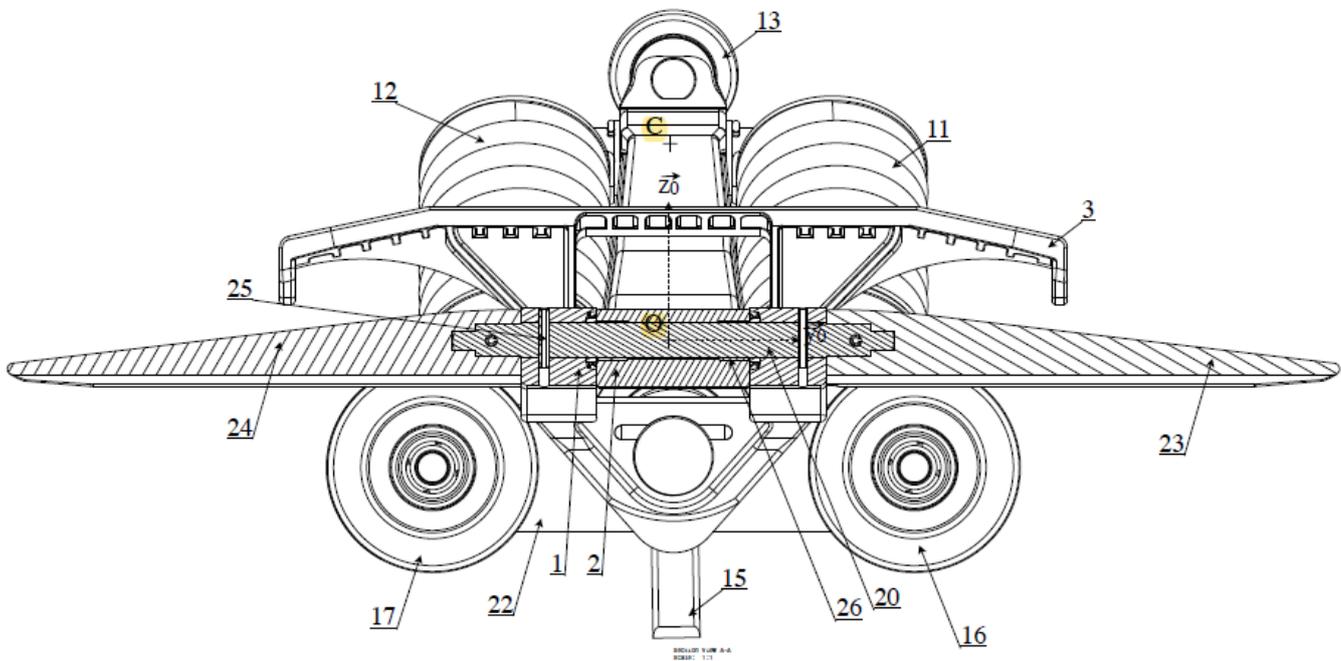


Figure 4 : Vue en coupe pince Poma LPA XL