

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

# Mécanique

## MECA2 - Mécanismes

### TD2

*La tour de la terreur*



Programme PSI/MP 2022 ( <a href="#">LIEN</a> )		
Id	Compétence développée	Connaissances associées
B2-16	Modifier un modèle pour le rendre isostatique.	Mobilité du modèle d'un mécanisme. Hyperstatisme du modèle. Substitution de liaisons.

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## *Liaisons équivalentes*

### **Exercice 1: Tour de la Terreur – X-ENS PSI 2013**

Cet exercice est un extrait remanié du sujet de concours X-ENS PSI 2013 concernant la liaison avec le bâtiment de la cabine d'ascenseur de la tour de la Terreur de Disneyland Paris.

## **La Tour de la Terreur**



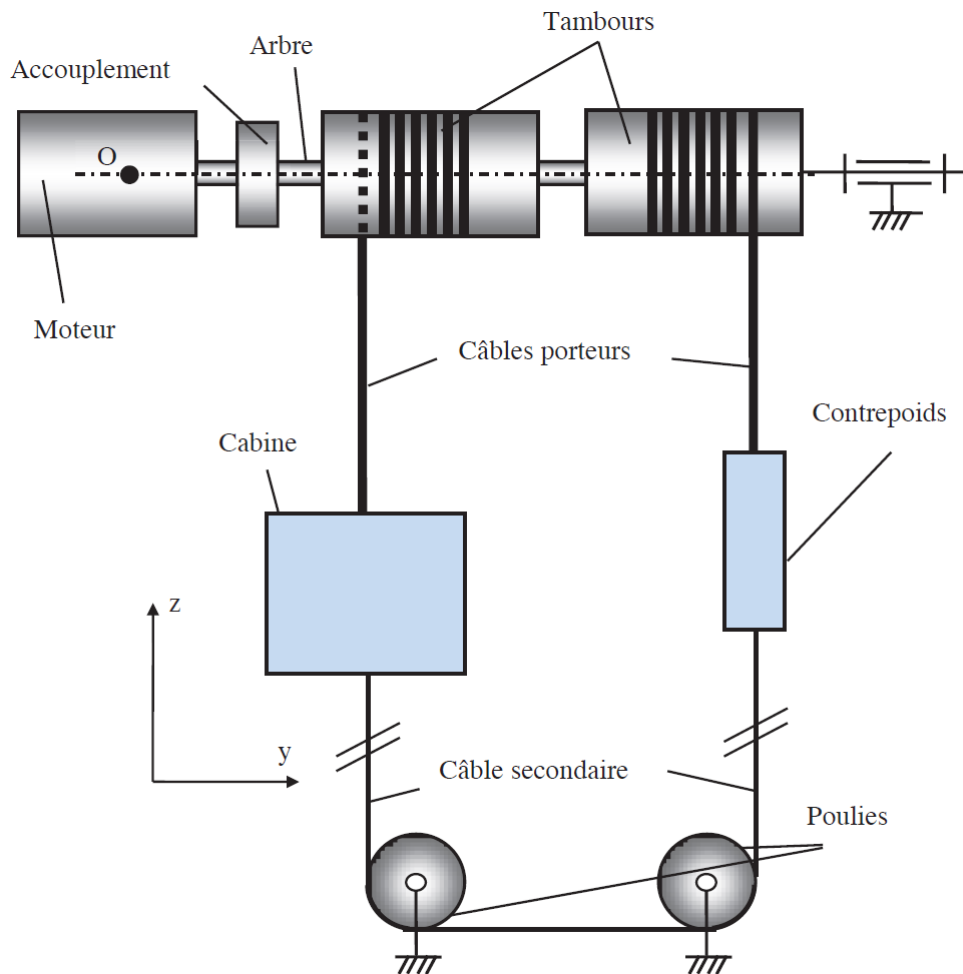
Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## *Analyse fonctionnelle*

**Question 1: Caractériser à l'aide du descripteur de votre choix l'objectif « Créer une sensation de chute libre aux passagers »**

### *Compréhension du mécanisme*

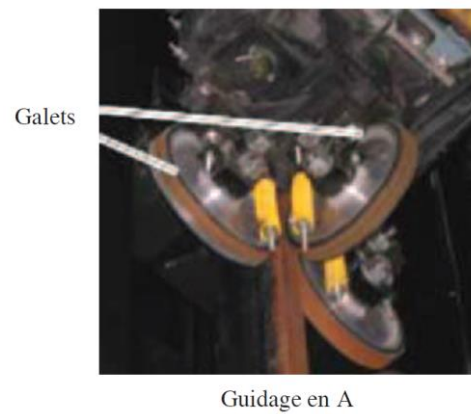
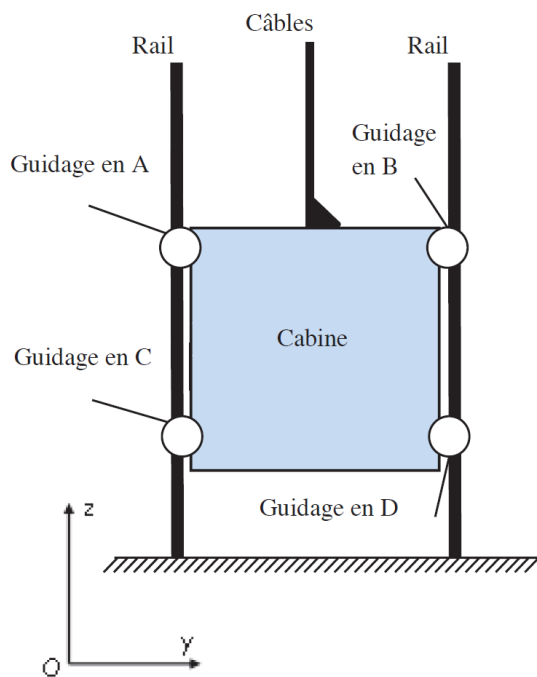
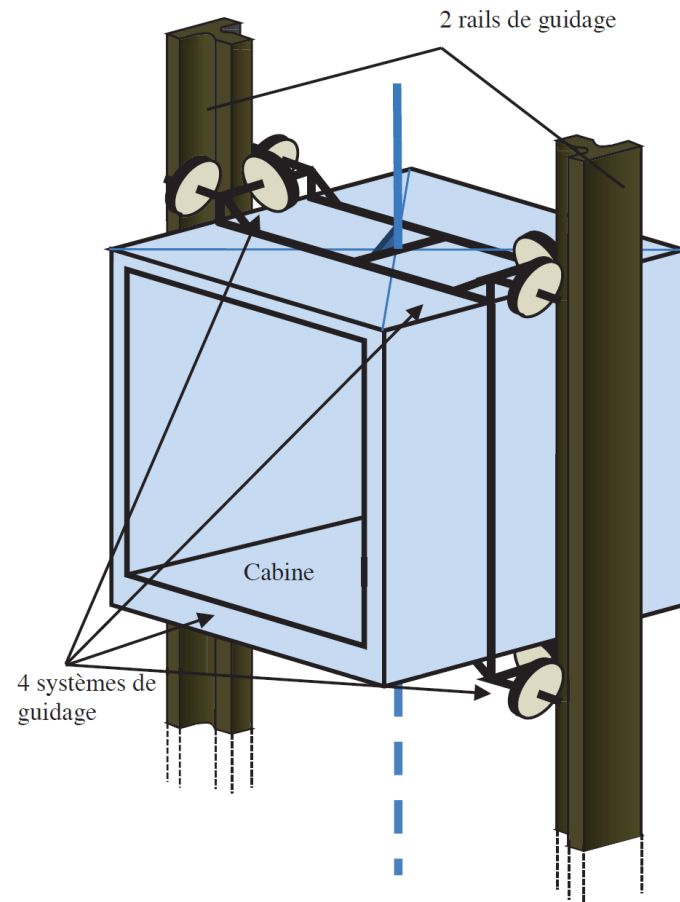
On propose ci-dessous un schéma de principe permettant de comprendre comment est mise en mouvement la cabine d'ascenseur.



**Question 2: Justifier l'intérêt de l'utilisation d'un câble secondaire**

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

Le guidage de la cabine dans le bâtiment est réalisé par l'intermédiaire de 2 rails de guidage et de 12 galets.



Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## Hypothèses et données

On s'intéresse à la liaison réalisée par l'ensemble des galets sur les rails.

Hypothèses :

- Les liaisons sont supposées parfaites
- On modélisera chaque contact galet/rail par une liaison ponctuelle
- Les pièces sont supposées indéformables
- On appelle  $\mathcal{B}$  la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$
- On définit  $\overrightarrow{AB} = l\vec{y}$  et  $\overrightarrow{AC} = -L\vec{z}$
- On définit les points  $A, B, C$  et  $D$  à l'intersection des droites normales des 3 ponctuelles de chaque guidage

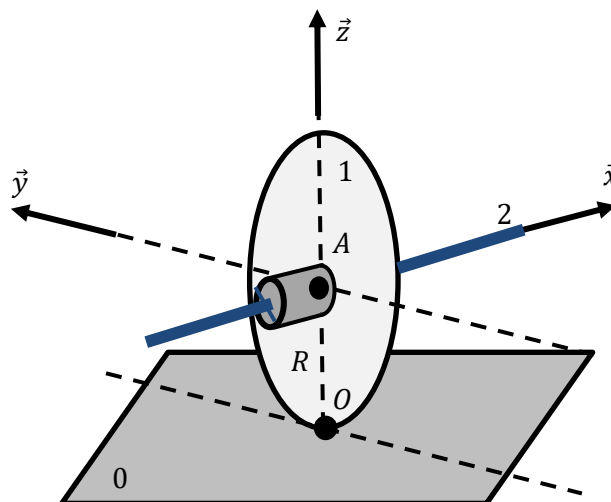
## Justification d'hypothèses

**Question 3: Proposer la liaison modélisant les contacts galets/rails en théorie**

**Question 4: Justifier le fait que les contacts galets/rails soient considérés comme des ponctuelles**

Nous souhaitons maintenant justifier le fait que dans la suite, nous considérerons que les galets sont solidaires de la cabine, c'est-à-dire qu'ils ne tournent pas sur eux même.

Soit le modèle suivant :



Le contact en O est une ponctuelle de droite normale  $(A, \vec{z})$  et la liaison entre la cabine nommée 2 et la roue nommée 1 est une pivot d'axe  $(A, \vec{x})$ . On suppose que le contact galet/rail se fait sans frottements.

**Question 5: Proposer un graphe des liaisons de ce mécanisme**

**Question 6: Préciser la méthode à privilégier pour déterminer la liaison équivalente associée**

**Question 7: En quel point et dans quelle base rechercher cette liaison équivalente ?**

**Question 8: Déterminer la liaison équivalente réalisée entre la cabine 2 et le rail 0 et en déduire qu'il est possible de ne pas tenir compte de la pivot 1/2 dans l'étude cinématique du guidage de la cabine**

**Question 9: Préciser le rôle de la rotation de la liaison pivot**

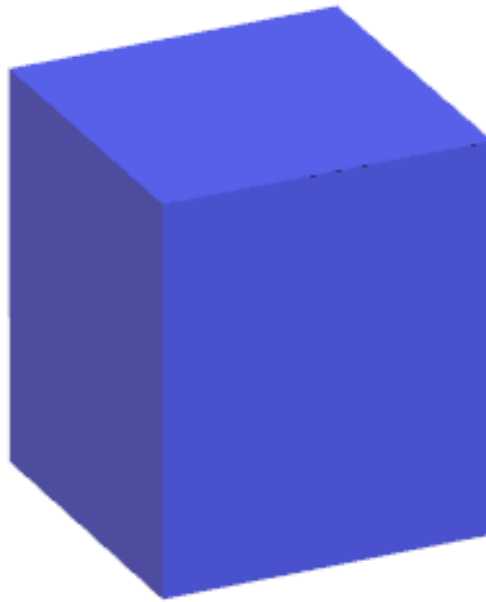
**Question 10: Que serait la liaison équivalente si la liaison 1/0 était une linéaire rectiligne (liaisons théorique) ?**

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## ***Une glissière isostatique***

**Question 11:** Préciser le nombre de ponctuelles  $n$  qu'il faudrait au minimum pour réaliser une glissière isostatique

**Question 12:** Compléter avec des flèches le schéma ci-contre avec les  $n$  ponctuelles nécessaires à la réalisation d'une glissière isostatique



## ***Analyse du guidage complet***

On étudie maintenant le guidage réel composé de 12 galets.

On suppose dans un premier temps que chaque galet est bien guidé par une liaison pivot.

**Question 13:** Donner le nombre de mobilités utiles du mécanisme

**Question 14:** Donner le nombre de mobilités internes du mécanisme

**Question 15:** Calculer le degré d'hyperstatisme du guidage de la cabine par rapport au bâtiment

A présent, on tient compte pour chaque galet de la liaison équivalente trouvée à la partie précédente.

**Question 16:** Proposer un graphe des liaisons du guidage étudié

**Question 17:** Déterminer le nouveau degré d'hyperstatisme du guidage en justifiant la réponse

**Question 18:** Justifier le choix de conception de la liaison étudiée vis-à-vis de ce résultat et proposer un mode de montage permettant d'assurer le contact de tous les galets avec les rails

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## ***Liaison équivalente du guidage étudié par étapes***

**Question 19: Réaliser le graphe des liaisons du guidage en A**

**Question 20: Préciser la méthode à privilégier pour déterminer la liaison équivalente du guidage en A**

**Question 21: En quel point et dans quelle base rechercher cette liaison équivalente ?**

**Question 22: Déterminer la liaison équivalente de ce guidage en A – On indicera par A son torseur équivalent**

**Question 23: Justifier 4 des h degrés d'hyperstatisme du guidage à l'aide du calcul de la question précédente**

**Question 24: Proposer un nouveau modèle cinématique du guidage complet comprenant uniquement 4 liaisons et son graphe des liaisons**

On remarquera que ce nouveau modèle est le même que si l'on avait enlevé 4 ponctuelles à l'origine de l'hyperstatisme de chaque guidage... Autrement dit, chaque sphère/cylindre cache un degré d'hyperstatisme dans le mécanisme réel...

**Question 25: Calculer le degré d'hyperstatisme de ce nouveau modèle (on garde en tête les 4 degrés précédemment identifiés)**

Dans la suite, nous allons de nouveau procéder par étapes pour trouver la liaison équivalente des 4 guidages en réalisant les liaisons équivalentes des guidages A+C et B+D, puis la liaison équivalente de ces deux liaisons. Alors je vous propose ci-dessous la liaison équivalente qui serait obtenue en déplaçant directement les 4 torseurs d'action mécanique de A,B,C et D en A :

$$\{\mathcal{T}_{10}^{ABCD}\} = \left\{ \begin{array}{cc} X_{10}^A + X_{10}^B + X_{10}^C + X_{10}^D & L(Y_{10}^B + Y_{10}^C + Y_{10}^D) \\ Y_{10}^A + Y_{10}^B + Y_{10}^C + Y_{10}^D & -L(X_{10}^C + X_{10}^D) \\ 0 & -l(X_{10}^B + X_{10}^D) \end{array} \right\}_A^{\mathcal{B}}$$

**Question 26: Justifier les h-4 derniers degrés d'hyperstatisme du modèle proposé**

**Question 27: Déterminer la liaison équivalente de la liaison réalisée par les guidages en A et C – On indicera par AC son torseur équivalent**

**Question 28: Proposer un nouveau modèle cinématique du guidage complet comprenant uniquement 2 liaisons et son graphe des liaisons**

Il me semble important de vous préciser ici que ce nouveau modèle ne possède pas autant de degrés d'hyperstatisme que le précédent avec 4 liaisons. Là encore, des degrés d'hyperstatisme sont cachés dans les liaisons, comme c'était le cas avec les sphères cylindres. Mais dans ce cas, c'est moins simple qu'avec les 4 ponctuelles en trop... Il faut donc bien faire attention à étudier le degré d'hyperstatisme d'un mécanisme avec son schéma d'architecture (12 ponctuelles), et non avec un schéma cinématique simplifié de celui-ci !

**Question 29: Déterminer la liaison équivalente du guidage complet et proposer son modèle cinématique**

Dernière mise à jour	MECA 2	Denis DEFAUCHY
18/01/2023	Mécanismes	TD2 - Sujet

## ***Liaison équivalente du guidage étudié en un coup***

On pose pour chaque guidage aux points A, B, C ou D :

$$\begin{aligned}
 \{\mathcal{T}_{10}^{A1}\} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^{A1} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A^{\mathfrak{B}} ; \{\mathcal{T}_{10}^{A2}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{A2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A^{\mathfrak{B}} \quad \{\mathcal{T}_{10}^{A3}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{A3} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A^{\mathfrak{B}} \\
 \{\mathcal{T}_{10}^{B1}\} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^{B1} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_B^{\mathfrak{B}} ; \{\mathcal{T}_{10}^{B2}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{B2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_B^{\mathfrak{B}} \quad \{\mathcal{T}_{10}^{B3}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{B3} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_B^{\mathfrak{B}} \\
 \{\mathcal{T}_{10}^{C1}\} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^{C1} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_C^{\mathfrak{B}} ; \{\mathcal{T}_{10}^{C2}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{C2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_C^{\mathfrak{B}} \quad \{\mathcal{T}_{10}^{C3}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{C3} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_C^{\mathfrak{B}} \\
 \{\mathcal{T}_{10}^{D1}\} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_{10}^{D1} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_D^{\mathfrak{B}} ; \{\mathcal{T}_{10}^{D2}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{D2} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_D^{\mathfrak{B}} \quad \{\mathcal{T}_{10}^{D3}\} = \begin{pmatrix} X_{10}^{D3} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_D^{\mathfrak{B}}
 \end{aligned}$$

**Question 30:** Déterminer la liaison équivalente 1/0 en une seule fois

**Question 31:** Retrouver les h conditions géométriques associées à l'hyperstatisme du guidage