

### Manège Nautilus

#### PRÉSENTATION

Pour célébrer l'année Jules VERNE, la société CONCEPT 1900 INTERNATIONAL a créé des éléments de manège de type carrousel inspirés des romans de l'auteur (montgolfière, sous-marin, biplan, fusée).

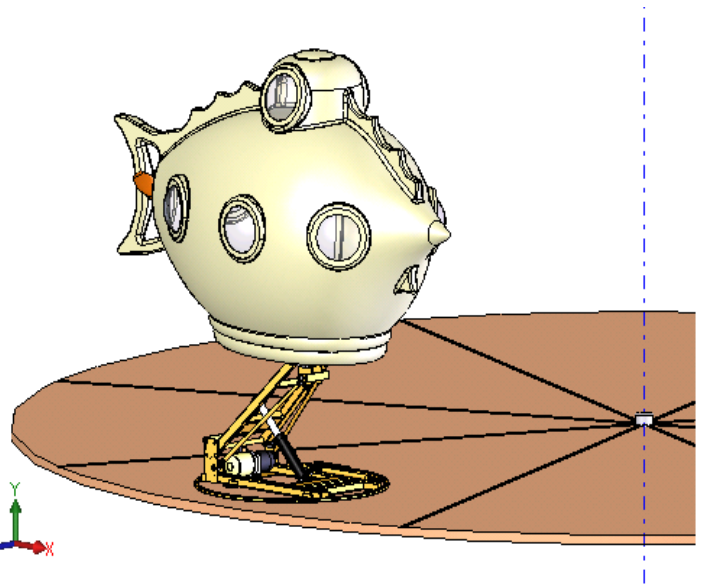
Pour rendre les manèges plus attractifs, certains éléments sont posés sur un élévateur.

Le sujet le plus lourd est celui représentant le vaisseau du capitaine NEMO, le NAUTILUS. Il a une masse propre de 116 Kg et peut accueillir 6 enfants.

L'élévateur révèle, à l'usage, quelques faiblesses :

- instabilité des éléments chargés d'enfants,
- difficultés pour soulever l'élément NAUTILUS avec 6 enfants à bord, soit une masse totale de 422 Kg.

Une étude dont l'objectif est d'éliminer ces deux défauts a conduit au modèle présenté ci-dessous.



#### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE RETENUE

Pompe à engrenage :

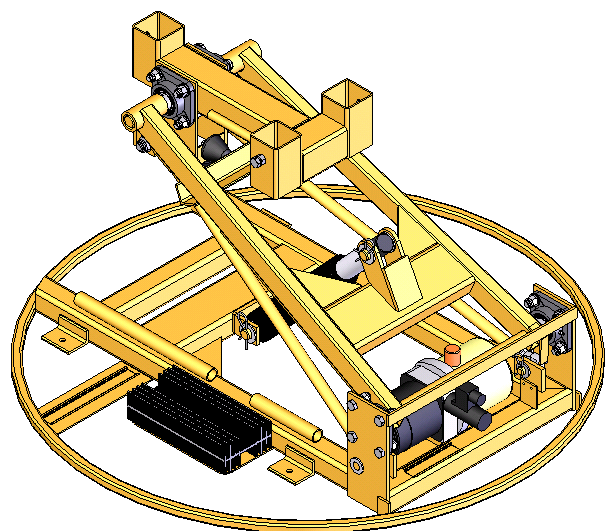
- Cylindrée :  $0,75 \text{ cm}^3$
- Débit : 3,74 litres/min

Pression de tarage : 150 bars

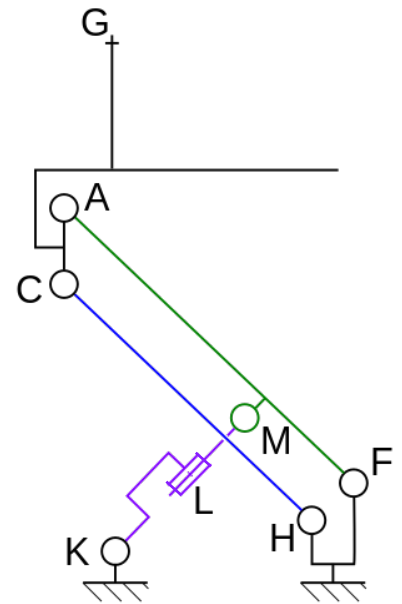
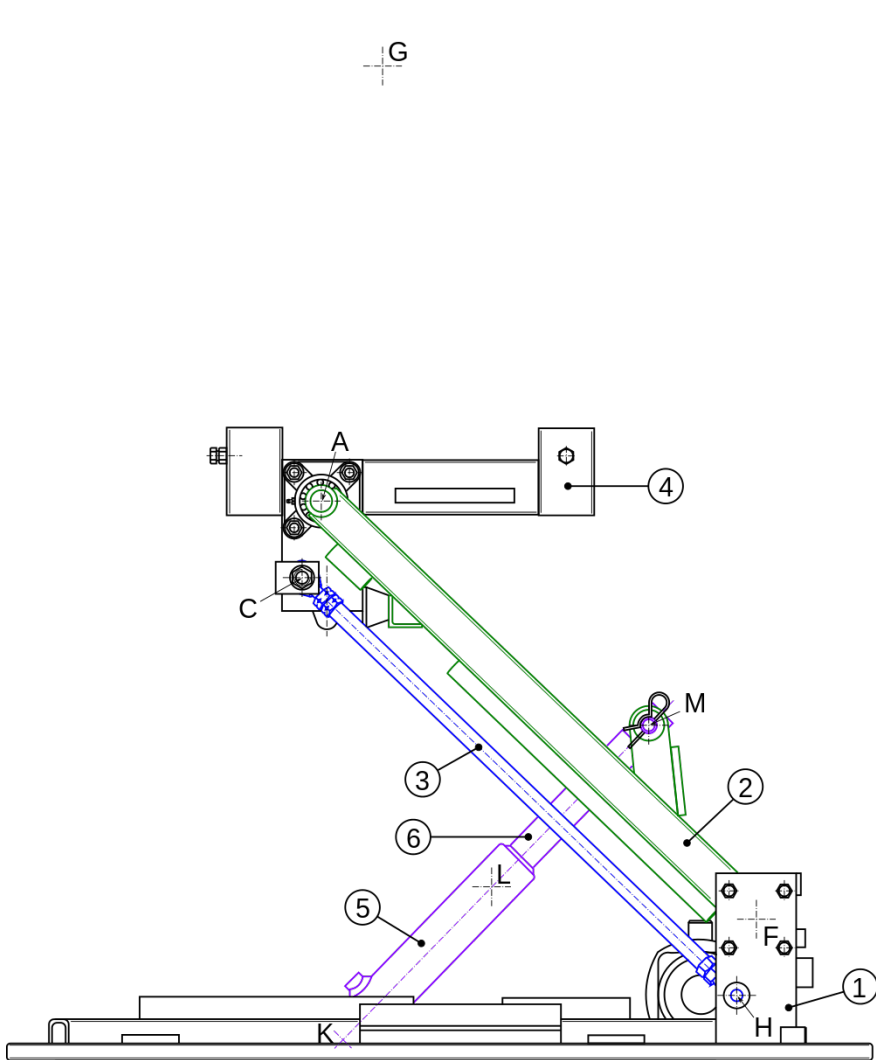
#### CARACTÉRISTIQUES DU VERIN

Diamètre piston : 40 mm

Course : 190 mm



## VUE DE CÔTÉ ET SCHÉMA CINÉMATIQUE MINIMAL



Un vérin hydraulique 5+6 exerce une action mécanique sur le bras 2.

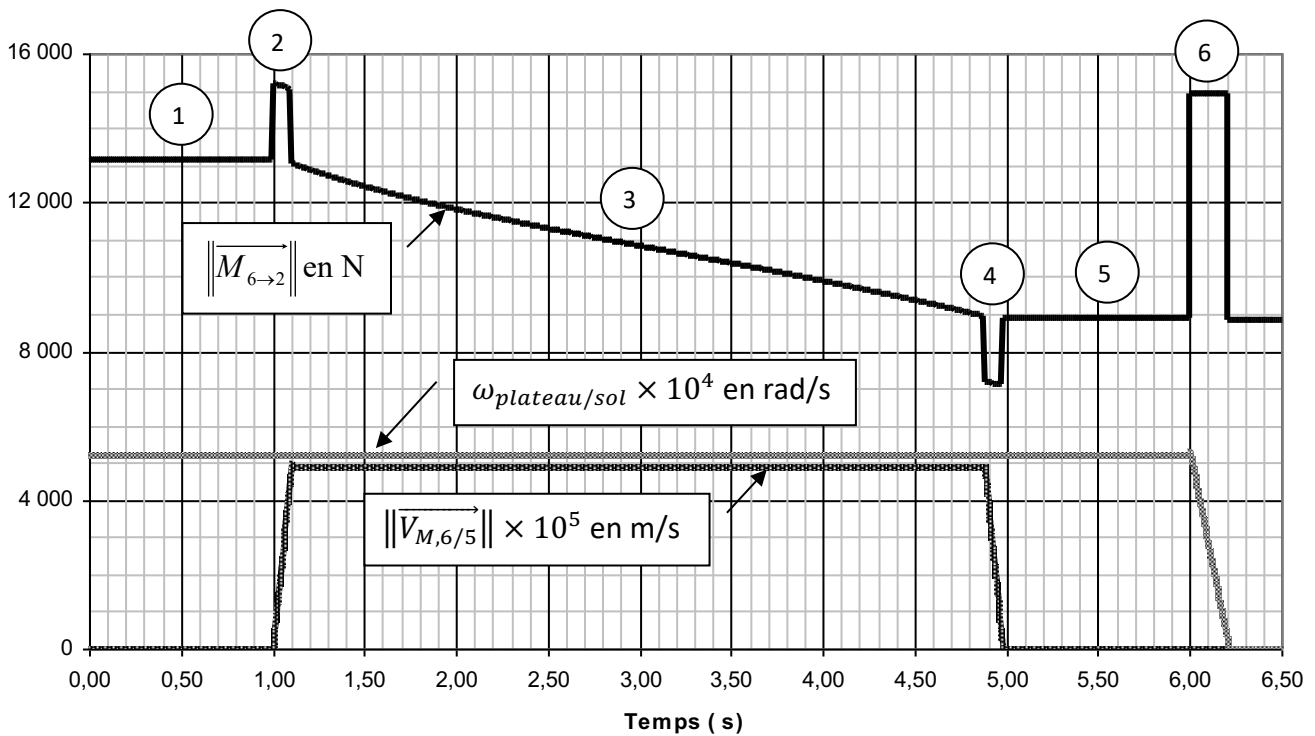
L'horizontalité de l'élément de manège est obtenue par un parallélogramme déformable composé d'une embase élévateur 1, du bras élévateur 2, du support sujet 4 (de centre de gravité G), des bielles 3.

## DESCRIPTION DES MOUVEMENTS DU NAUTILUS ET DU MANÈGE

<p>Le manège tourne. Le nautilus est en position basse Phase ①</p>	<p>Le manège tourne. L'élévateur soulève le nautilus Phases ②, ③, ④</p>	<p>Le manège tourne. Le nautilus est en position haute Phase ⑤ Arrêt d'urgence, le manège s'arrête Phase ⑥</p>

Variations en fonction du temps :

- du module de la résultante de l'action mécanique en M de la tige de vérin 6 sur le bras 2 ;
- de la vitesse angulaire du plateau par rapport au sol ;
- du module de la vitesse en M de la tige de vérin 6 par rapport au corps de vérin 5.



## TRAVAIL DEMANDÉ

Pour les 2 objectifs suivants, on vous demande de :

1. présenter une démarche permettant de résoudre le problème ;
2. en suivant les indications de l'examineur, développer tout ou partie de votre démarche.

### Objectif 1

Proposer une démarche pour déterminer l'effort à fournir par le vérin pour compenser l'effet de la pesanteur sur la nacelle du Nautilus.

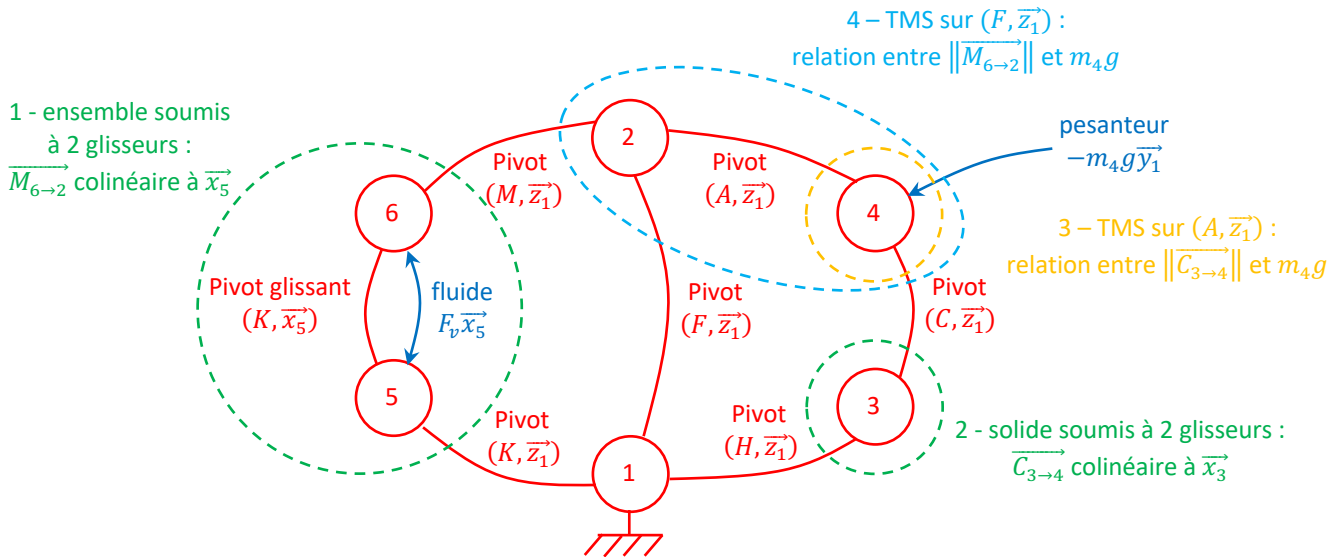
### Objectif 2

Proposer une démarche pour permettre un assemblage de la solution de levage retenue en minimisant les contraintes géométriques.

**Objectif 1**

Proposer une démarche pour déterminer l'effort à fournir par le vérin pour compenser l'effet de la pesanteur sur la nacelle du Nautilus.

On trace le graphe de structure du mécanisme correspondant au schéma cinématique minimal, en introduisant des vecteurs pour définir les axes et directions utiles :



On fait l'hypothèse d'un problème plan (justifié par la symétrie du mécanisme).

On adopte une approche statique, considérant uniquement les phases de régime permanent, lorsque les vitesses de rotation du carrousel et de translation (sortie de tige du vérin) sont constantes.

- On isole {6+5} : soumis à deux glisseurs (pivots équivalentes à des sphériques en problème plan, torseur

$$\{\mathcal{T}_{1 \rightarrow 5}\} = \begin{pmatrix} X_{15} & / \\ Y_{15} & / \\ K & / \\ & 0 \end{pmatrix}_{b_1}$$

), qui sont donc colinéaires à (KM) ; autrement dit, l'action mécanique recherchée

$\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}$  est colinéaire à  $\overrightarrow{x_5}$ .

- Pour préciser les choses, on peut aussi isoler {6} : le TRS selon  $\overrightarrow{x_5}$  donne  $\|\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}\| = F_v (\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}$  est donc bien l'action mécanique recherchée, effort à fournir par le vérin).

- On isole {3} : soumis à deux glisseurs, qui sont donc colinéaires à (HC) ; autrement dit,  $\overrightarrow{C_{3 \rightarrow 4}}$  est colinéaire à  $\overrightarrow{x_3}$ .

- On isole {4} : soumis à 3 actions mécaniques, on applique le TMS sur l'axe  $(A, \overrightarrow{z_1})$  pour obtenir une relation entre  $\|\overrightarrow{C_{3 \rightarrow 4}}\|$  et  $m_4 g$ .

- On isole {4+2} : soumis à 4 actions mécaniques, on applique le TMS sur l'axe  $(F, \overrightarrow{z_1})$  pour obtenir une relation entre  $m_4 g$  et  $\|\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}\|$ .

D'après les courbes,  $\|\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}\|$  est maximum en phase 1 en régime permanent. On a alors  $\|\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}\| \approx 13\,000$  N. Une étude dynamique permettrait de déterminer la valeur de  $\|\overrightarrow{M_{6 \rightarrow 2}}\|$ , maximale en régime transitoire en phase 2 ( $\approx 15\,000$  N).

## Objectif 2

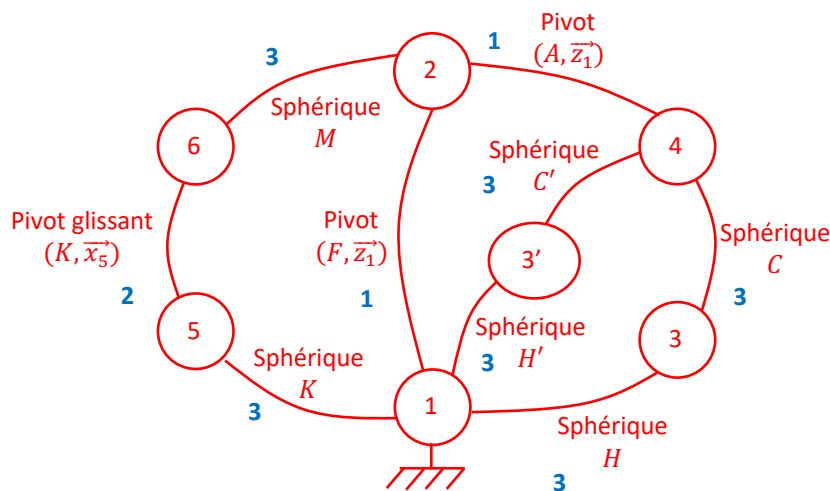
Proposer une démarche pour permettre un assemblage de la solution de levage retenue en minimisant contraintes géométriques.

Il s'agit de proposer une solution isostatique d'assemblage du mécanisme. Pour cela, on peut :

- soit analyser le modèle cinématique proposé, puis chercher à réduire le degré d'hyperstatisme si nécessaire,
- soit **proposer d'office un modèle au plus proche de la réalité**, en utilisant la vue de côté et les vues 3D du mécanisme, puis chercher à réduire le degré d'hyperstatisme si nécessaire. Il faut dans ce cas bien remarquer qu'il y a **2 biellettes 3 dans la réalité**.

Avec cette deuxième approche, pour minimiser les contraintes géométriques dans le mécanisme, on propose un montage isostatique des biellettes 3 et du vérin 5+6, avec des liaisons sphériques à leurs extrémités au lieu des liaisons pivot modélisées. En revanche, les longueurs du guidage en rotation du bras justifient de garder des liaisons pivot à ses extrémités.

On trace le graphe des liaisons de cette solution :



On compte, avec ce modèle :  $I_c = 6 \times 3 + 2 \times 1 + 2 = 22$  inconnues cinématiques et  $\gamma = 3$  boucles cinématiques indépendantes.

- Mobilité utile :  $m_u = 1$  (translation du vérin 6/5 en entrée entraîne translation circulaire de 4)
- Mobilités internes :  $m_i = 4$  (rotations propres des biellettes 3 et 3' et du corps et de la tige du vérin 5+6)

On en déduit le degré d'hyperstatisme de ce modèle au plus proche de la réalité :

$$h = m - I_c + 6 \gamma = 5 - 22 + 18 = 1$$

Il n'y a donc qu'une seule contrainte géométrique à respecter pour assembler le mécanisme avec cette solution.

**Solution isostatique** possible : remplacer une des liaisons pivot par une pivot glissant, ce qui rajoute une inconnue cinématique sans modifier les mobilités du mécanisme.