

**FINAL**  
**Automne 2017**

(Durée 1h30 heures)

Document autorisé : une page manuscrite  
recto verso format A4

**Etude du système de déploiement  
d'une antenne de satellite :**

**Vous avez un dossier  
à rendre en fin d'épreuve :  
composé de :  
DR1 à DR4**

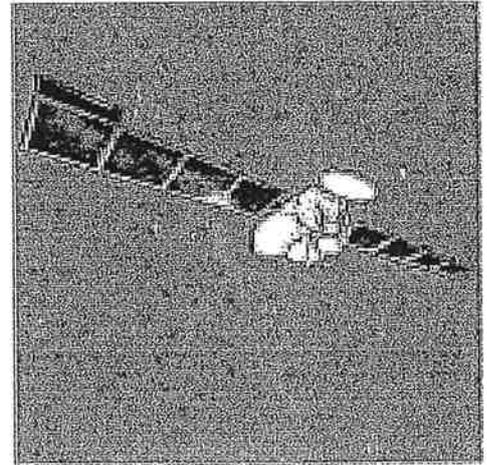
**Nota : dans l'étude du système de déploiement, les questions  
6 et 7 peuvent être traitées indépendamment des questions  
précédentes.**

## Systeme de déploiement d'une antenne de satellite

### Présentation :

La France ayant décidé très tôt de disposer d'un système national de télécommunications, quatre satellites de seconde génération Télécom 2 ont été mis en orbite géostationnaire entre décembre 1991 (Télécom 2A, pour les besoins des Jeux Olympiques d'Albertville) et août 1996 (Télécom 2D).

Ces satellites, dont la durée de vie est de 7 ans, peuvent acheminer 16000 conversations téléphoniques simultanées entre les Dom-Tom et la métropole, relayer 11 programmes de télévision au-dessus de l'Europe et assurer toute la gamme des services télématiques. Ils transportent en outre la charge utile Syracuse, système français de télécommunication militaire. L'ensemble de ces missions est assuré par un ensemble de dix « répéteurs » en bande C (6/4 GHz) et deux grandes antennes à réflecteur bien visibles sur les photos ci-contre.

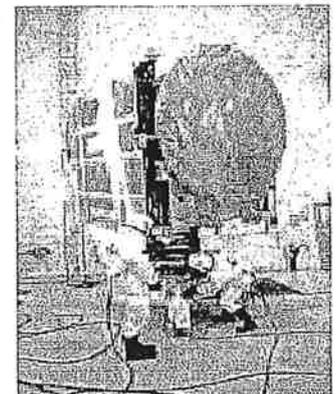


Télécom 2 en configuration déployée

Ces antennes à réflecteur de 2,2 m de diamètre, permettent de concentrer la puissance d'émission ou de réception des signaux radio-électriques du satellite sur une zone déterminée (l'Europe par exemple). Ces deux réflecteurs sont stockés et immobilisés contre la paroi du satellite pendant la phase de lancement, pour que l'ensemble puisse prendre place à l'intérieur de la coiffe de la fusée. Une fois le satellite mis à poste sur l'orbite géostationnaire, les réflecteurs sont déployés et restent dans cette position jusqu'à la fin de la vie du satellite.

L'immobilisation de chaque réflecteur est assurée en trois points par trois tripodes de conception identique. La libération du réflecteur est effectuée par la mise à feu des écrous pyrotechniques qui équipent chaque « point » de fixation. Le déploiement est réalisé par une rotation du réflecteur autour de deux articulations reliées par un axe.

La motorisation est obtenue à l'aide des ressorts précontraints fixés à chaque articulation et la vitesse angulaire de déploiement est régulée grâce à un régulateur centrifuge installé sur une des articulations, afin de limiter le choc final lors de la mise en position opérationnelle déployée. À ce moment, l'immobilisation de l'antenne est assurée par un système de verrouillage sans jeu.



Télécom 2 en cours d'essais (configuration stockée)

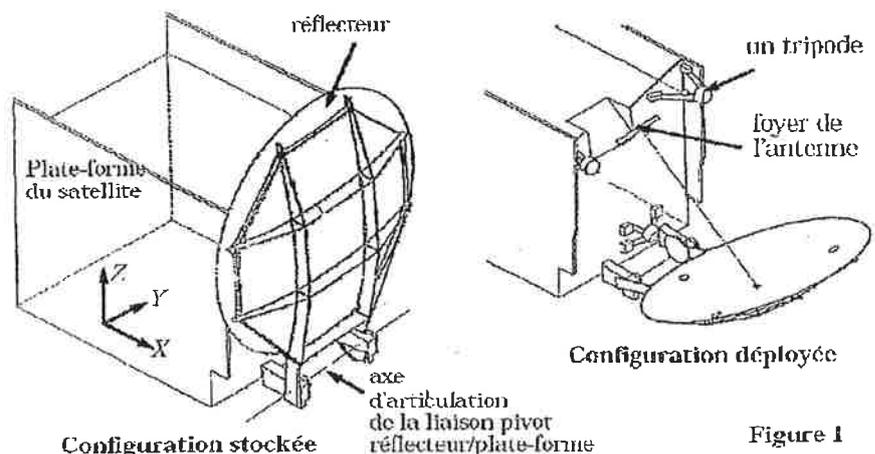
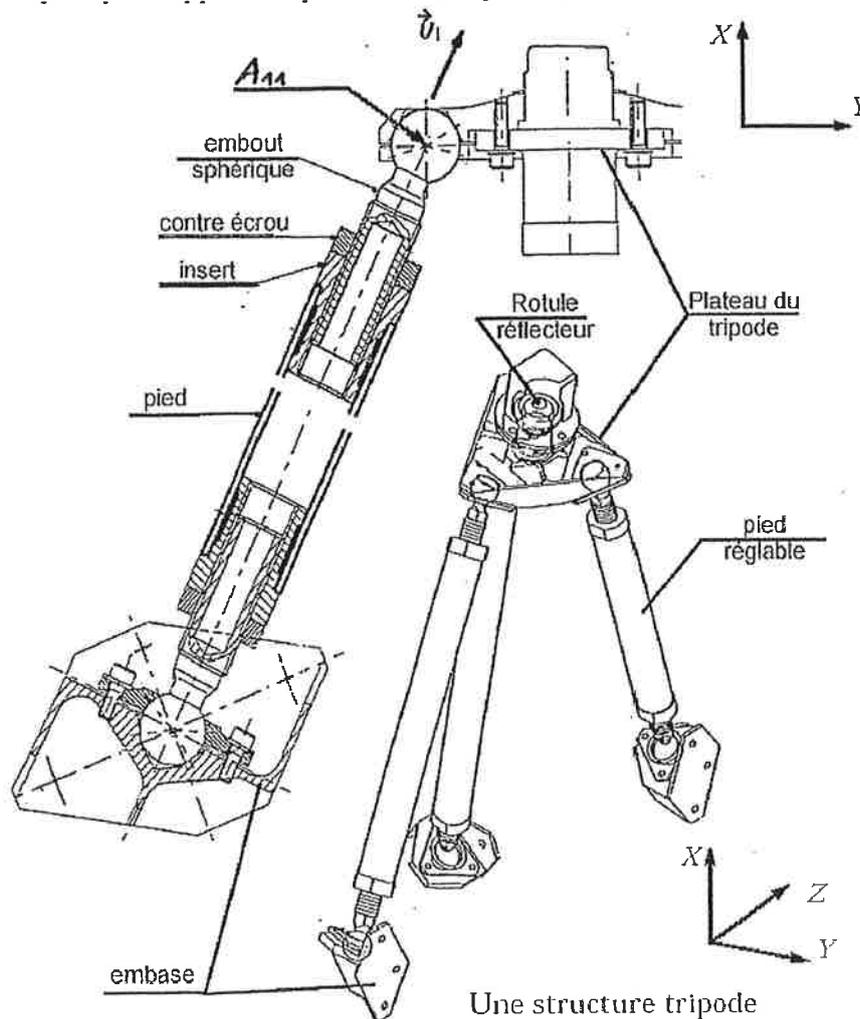


Figure 1

La fixation du réflecteur sur la plate-forme doit entre autre, autoriser une grande capacité de réglage lors du montage au sol pour éviter de déformer le réflecteur.

Le maintien du réflecteur en position repliée est assuré par trois structures tripodes identiques. Chaque pied de la structure est pourvu à chaque extrémité d'un embout sphérique monté dans un insert. Le plateau supérieur du tripode est lui-même lié au réflecteur par une rotule, non représentée sur le croquis détaillé du pied. La longueur des pieds est réglable. Lorsque tous les réglages du réflecteur sont terminés, les embouts sphériques et les rotules du réflecteur sont ensuite bloqués par rapport au plateau du tripode.



Une schématisation complète du système vous est fournie figure 1 annexe 1. Sur la figure 2, toute la terminologie associée au mécanisme « ensemble tripode » est mise en place.

L'objectif de l'étude qui va suivre est de justifier l'intérêt d'avoir des pieds de tripode réglables par rapport aux inconvénients que cela apporte : un surcout et un surpoids non négligeables.

Pour se faire, vous allez mener une étude du mécanisme « réflecteur ». Afin de vous aider, la démarche ci-après vous est proposée.

**Travail à effectuer :**

Dans toute cette partie les torseurs associés aux liaisons, au point A dans la base b, ont la forme :

**Pour le torseur cinématique :**

**Pour le torseur des efforts transmissibles :**

$$\{\mathcal{G}_{i/j}\}_{A,b} = \{\mathcal{G}_{Lij}\}_{A,b} = \begin{pmatrix} \alpha_{ij} & u_{ij} \\ \beta_{ij} & v_{ij} \\ \gamma_{ij} & w_{ij} \end{pmatrix} \quad \{\mathcal{T}_{j \rightarrow i}\}_{A,b} = \{\mathcal{T}_{Lij}\}_{A,b} = \begin{pmatrix} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{pmatrix}$$

**Question 1. Répondre sur DR1**

A partir de la lecture du schéma cinématique de la figure 1 annexe 1, compléter le graphe des liaisons figure 6 du document réponses DR1.

**Question 2. Répondre sur feuille de copie et DR1**

A partir de la figure 3 annexe 1 concernant un seul pied réglable, et après avoir complété le graphe des liaisons de la figure 7\_1, déterminer, par une étude cinématique, la liaison équivalente au point A<sub>11</sub>, notée L<sub>1</sub> des deux liaisons en série, compléter la figure 7\_2.

**Question 3. Répondre sur feuille de copie et DR1**

Après avoir complété le graphe des liaisons de la figure 7\_3, concernant un ensemble tripode, et écrit les torseurs statiques dans leur base respectives sur feuille de copie, déterminer, par une étude statique, la liaison équivalente au point H, notée L<sub>04</sub>, aux trois liaisons en parallèle entre 0 et 4. Afin de vous aider, les figures 4 et 5 de l'annexe 1 vous montrent les trois vecteurs  $\vec{U}_i$  associés aux trois pieds et leur intersection au point H. Dans un élan de générosité (Noël n'est pas si loin !!!), je vous fournis même leur expression dans la base  $(\vec{X}\vec{Y}\vec{Z})$  : soit

$$\begin{bmatrix} \vec{U}_1 \\ \vec{U}_2 \\ \vec{U}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \cos\alpha & \sin\alpha\cos\delta & \sin\alpha\sin\delta \\ \cos\alpha & \sin\alpha\cos\delta & -\sin\alpha\sin\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{X} \\ \vec{Y} \\ \vec{Z} \end{bmatrix};$$

Compléter alors la figure 8. Puis par similitude avec la première étude, compléter la figure 9.

**Question 4. Répondre sur DR2**

Après l'étude d'un seul tripode, nous faisons l'étude de l'ensemble avec les trois tripodes.  
**Compléter** la figure 10.

**Question 5. Répondre sur feuille de copie et DR2**

Sans faire aucun calcul, mais en faisant une analyse judicieuse, à **préciser** bien évidemment sur feuille de copie, **déterminer** la liaison équivalente aux trois liaisons en parallèle notée  $L_{05-4}$ . **Compléter** la figure 11 de DR2.

**Question 6. Répondre sur DR3**

Quel que soit votre résultat, on considère la liaison équivalente comme indiquée figure 12 sur DR3 avec K centre du réflecteur 5; **compléter** le graphe des liaisons puis les torseurs cinématiques et statiques sur DR3. Après avoir **dument justifié** le choix du centre de réduction de vos torseurs pour l'étude qui va suivre, **déterminer** les relations statiques : on appellera  $L_f$  la liaison équivalente ; **entourer** les relations statiques posant problème ! **en déduire** le degré d'hyperstatisme « h » ainsi que la mobilité « m » du mécanisme.

**Question 7 Répondre sur DR4**

Du point de vue technologique, **énumérer** les problèmes soulevés par l'hyperstatisme ?

**Question 8 Répondre sur DR4**

**Qu'aurait-il fallu** comme liaison en K pour que le système soit isostatique ? **Justifier** par une étude statique. Pour cela, on donne :  $\overrightarrow{KD} = b\vec{y} - c\vec{z}$

Le constructeur ne l'a pas prévu ainsi, **pourquoi ? quelle caractéristique a-t-il privilégiée ?**

**Justifier** alors son choix de prévoir des pieds réglables.

**Fin !**  
**Bon intersemestre !**

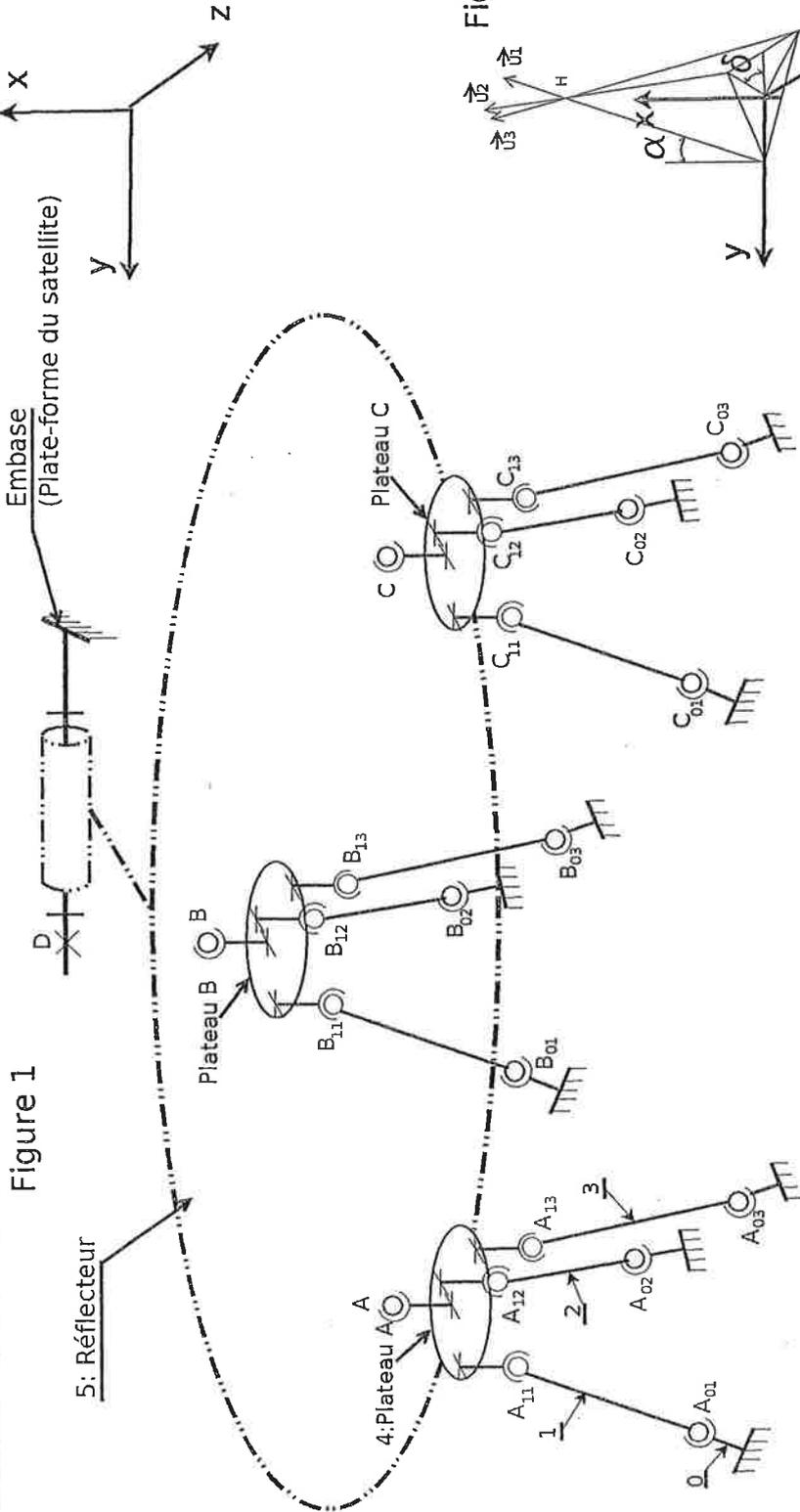


Figure 1

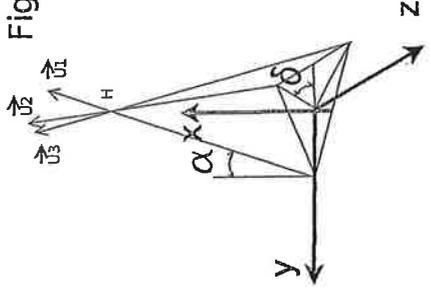


Figure 5

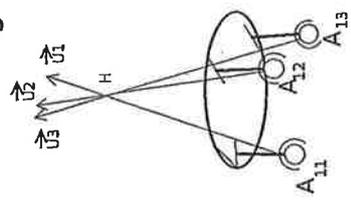


Figure 4

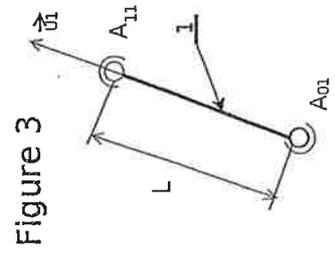


Figure 3

Figure 2 Terminologie associée au mécanisme :

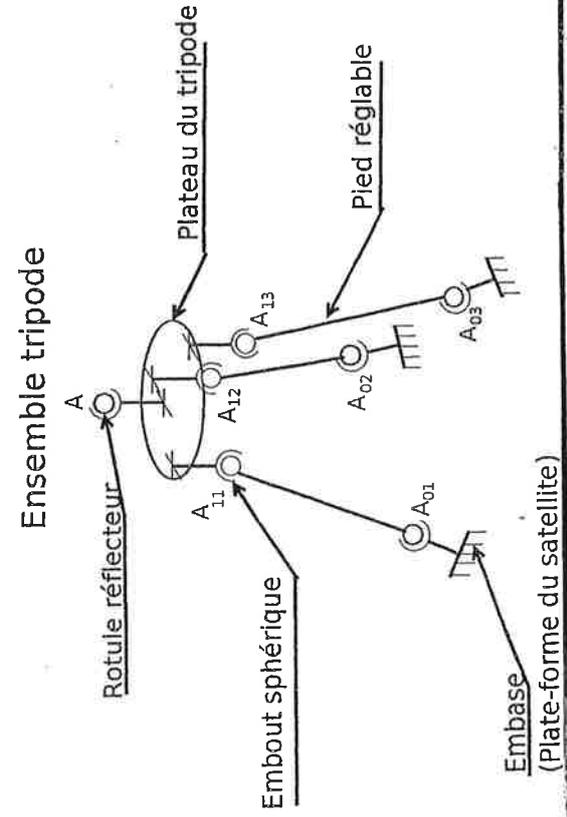


Figure 6

Graphe des liaisons à compléter

(ne compléter que les liaisons en trait fort)

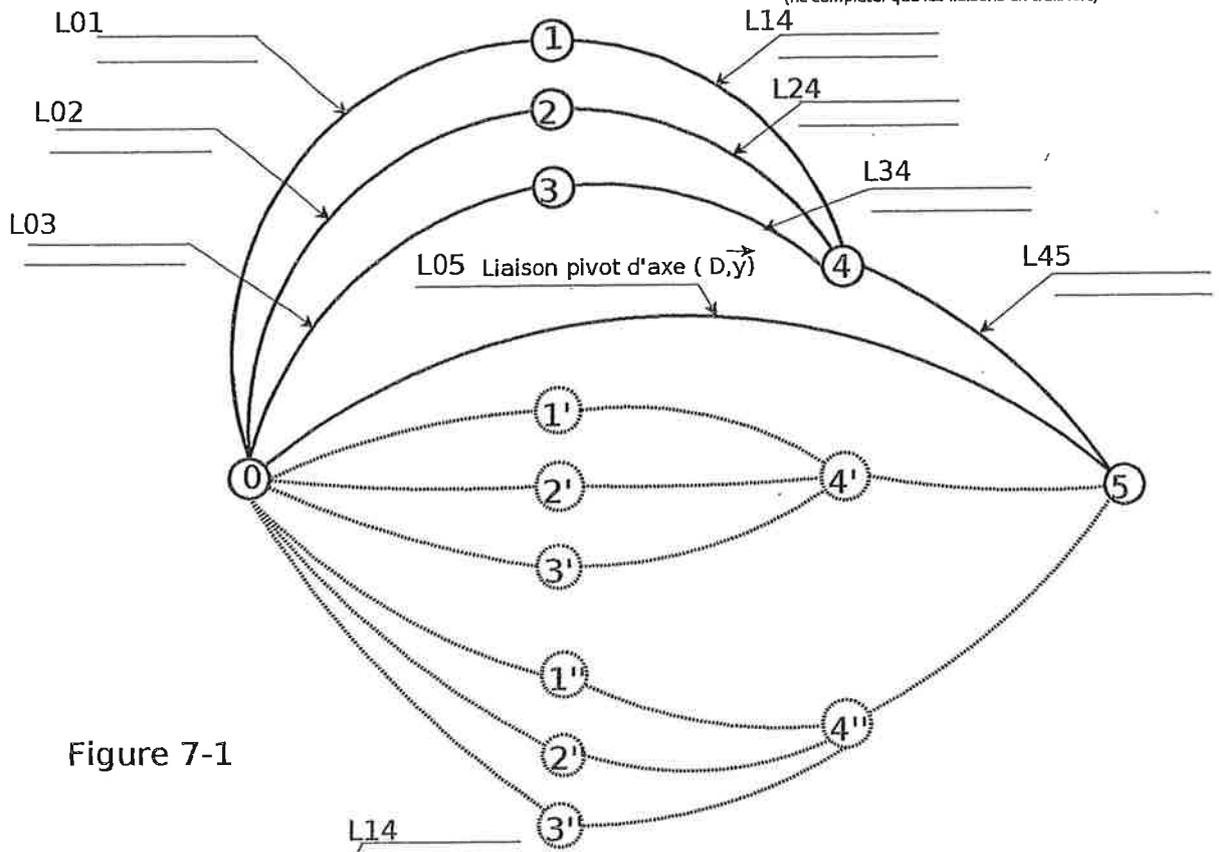


Figure 7-1

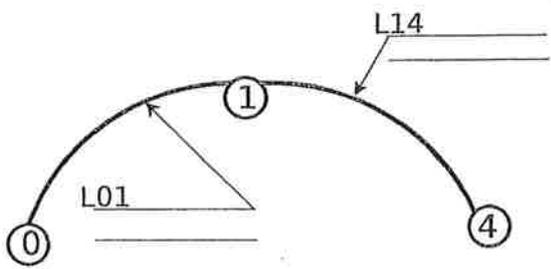


Figure 7-2

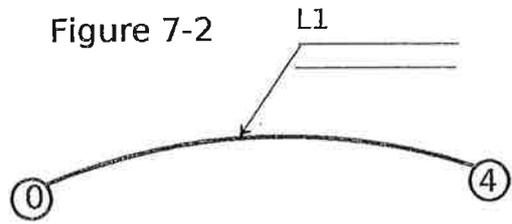
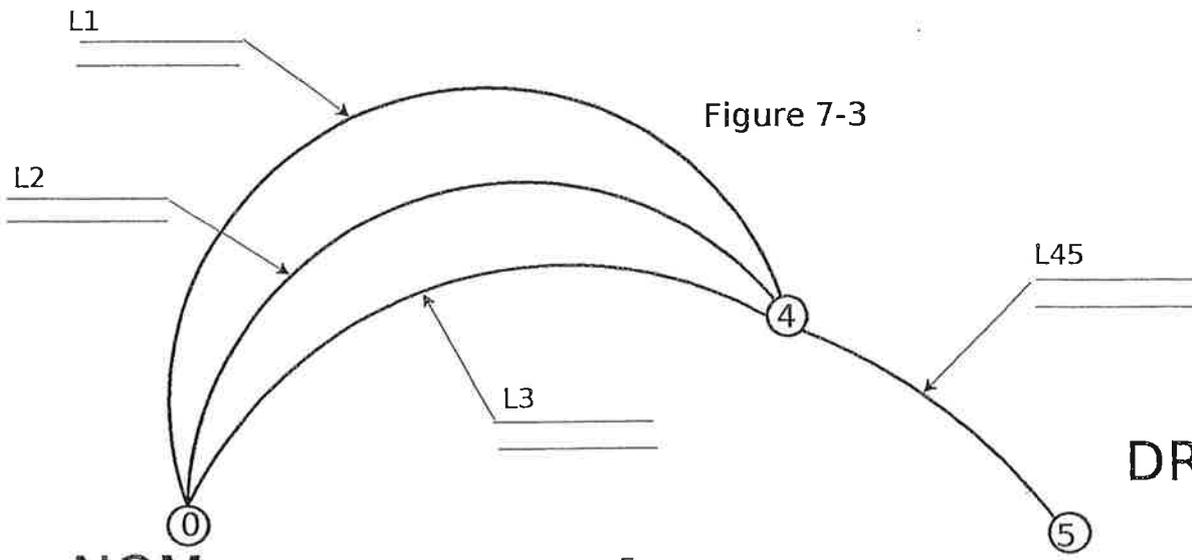
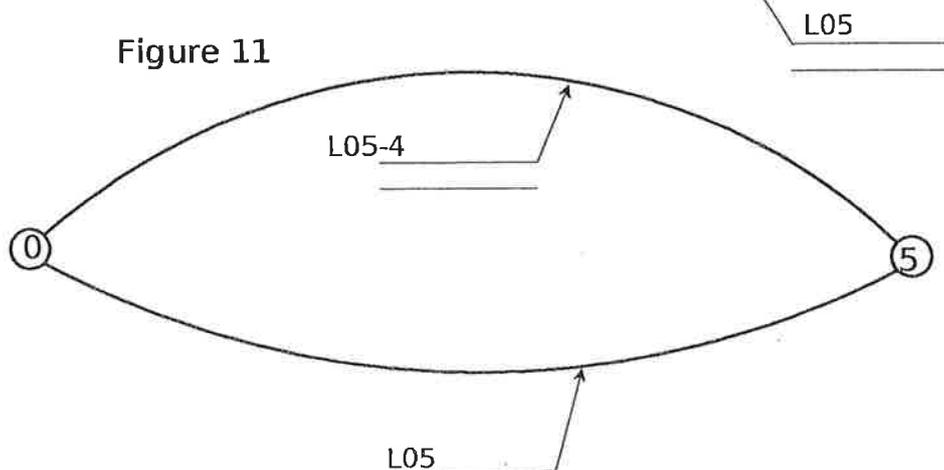
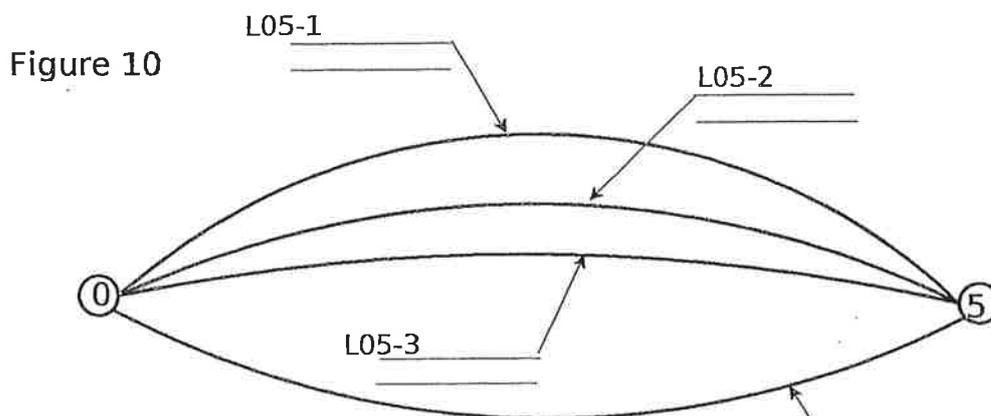
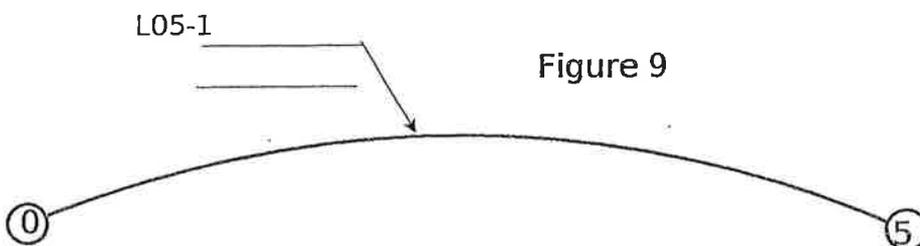
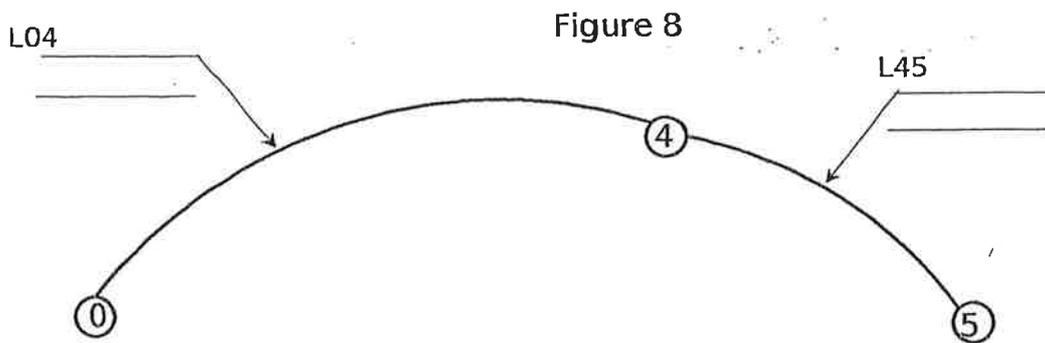


Figure 7-3



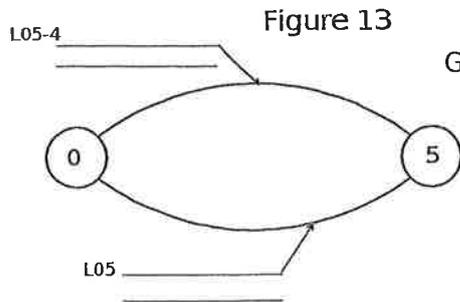
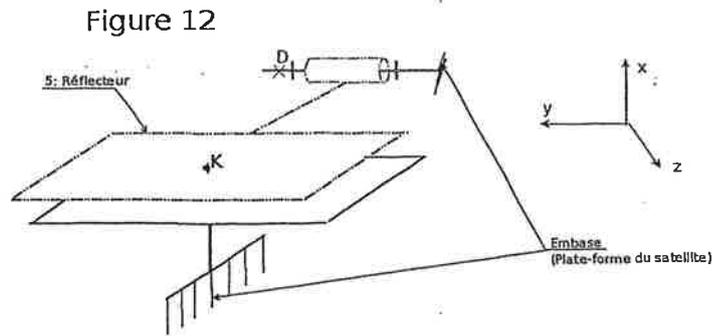
NOM :

DR1



NOM :

DR2



Graphe à compléter :

Compléter les torseurs ci-dessous

$$\{\mathcal{V}_{L05}\}_D, \vec{x}\vec{y}\vec{z} = \begin{Bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{Bmatrix} \Rightarrow \{T_{L05}\}_D, \vec{x}\vec{y}\vec{z} = \begin{Bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{Bmatrix}$$

$$\{\mathcal{V}_{L05-4}\}_K, \vec{x}\vec{y}\vec{z} = \begin{Bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{Bmatrix} \Rightarrow \{T_{L05-4}\}_K, \vec{x}\vec{y}\vec{z} = \begin{Bmatrix} - & - \\ - & - \\ - & - \end{Bmatrix}$$

Justification du choix du centre de réduction

---



---



---

Relations statiques

---



---



---



---



---

Degré d'hyperstisme h : \_\_\_\_\_

Degré de mobilité m : \_\_\_\_\_

Enumération des problèmes soulevés par l'hyperstatisme

---

---

---

---

---

Justification de la solution pour rendre le système isostatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Caractéristiques privilégiées par le constructeur :

---

---

---

---

Justification du choix de pieds réglables:

---

---

---

---