

# MAQUETTE DE LARGAGE

## I PRESENTATION :

Le Service des Grands Moyens d'Essais de l'O.N.E.R.A. (Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques) a réalisé un système de trajectographie captive. Lors du largage d'une charge par un avion porteur (missile, réservoir ...), la trajectoire réelle de la charge s'écarte parfois considérablement de la trajectoire souhaitée. Du fait des phénomènes fortement non linéaires qui caractérisent les écoulements aérodynamiques, il se peut que la charge larguée soit prise dans les turbulences engendrées par l'avion et revienne percuter celui-ci.

Pour étudier ces phénomènes, il est en principe possible de former un modèle théorique implanté sur un système informatique qui résout numériquement ces équations. Or dans les cas complexes, ce calcul numérique est encore hors de portée des meilleurs codes de calcul et des meilleurs ordinateurs actuels. On a donc recours à ce que les ingénieurs utilisent depuis l'antiquité : un modèle matériel, une maquette.

Celle-ci consiste en une maquette d'avion à l'échelle 1/16, larguant une maquette de la charge à la même échelle. Chacune est portée par un bras articulé, doté de nombreux degrés de liberté et pouvant reproduire tous les mouvements tridimensionnels des objets portés (cf. Figure 2 et figure 3, ci-dessous).

La fonction du système de trajectographie est d'observer une trajectoire représentative de la trajectoire réelle de la charge larguée par rapport à l'avion en vol.

Dans ce sujet, on s'intéressera à une sous partie du système automatisé de déplacement de la charge par son bras 'robotisé'.

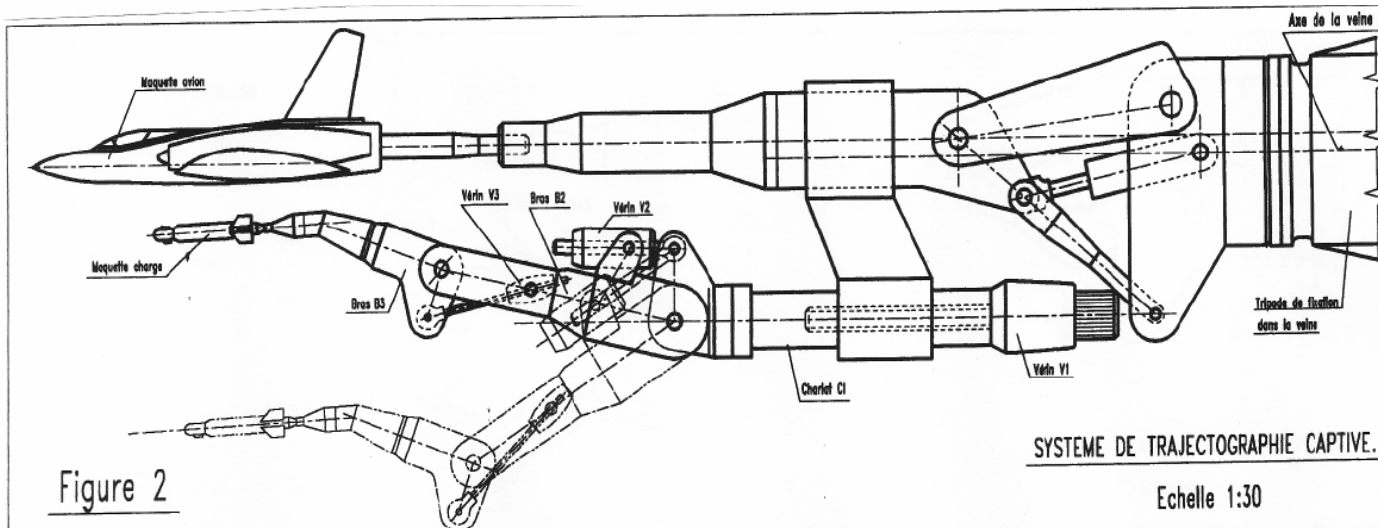


Figure 2

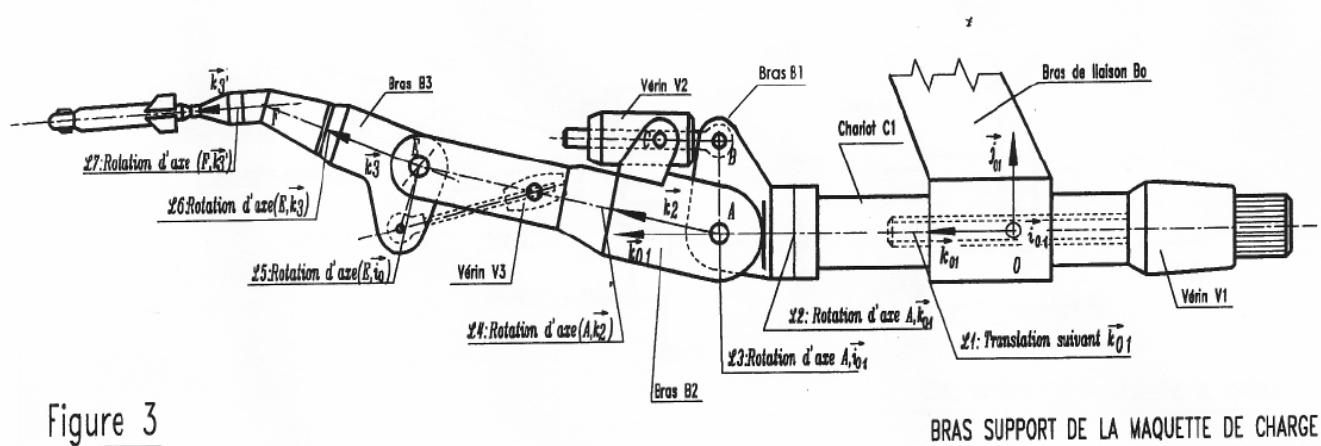


Figure 3



**ETUDE CINEMATIQUE D'UN SOUS ENSEMBLE DE ROTATION :**

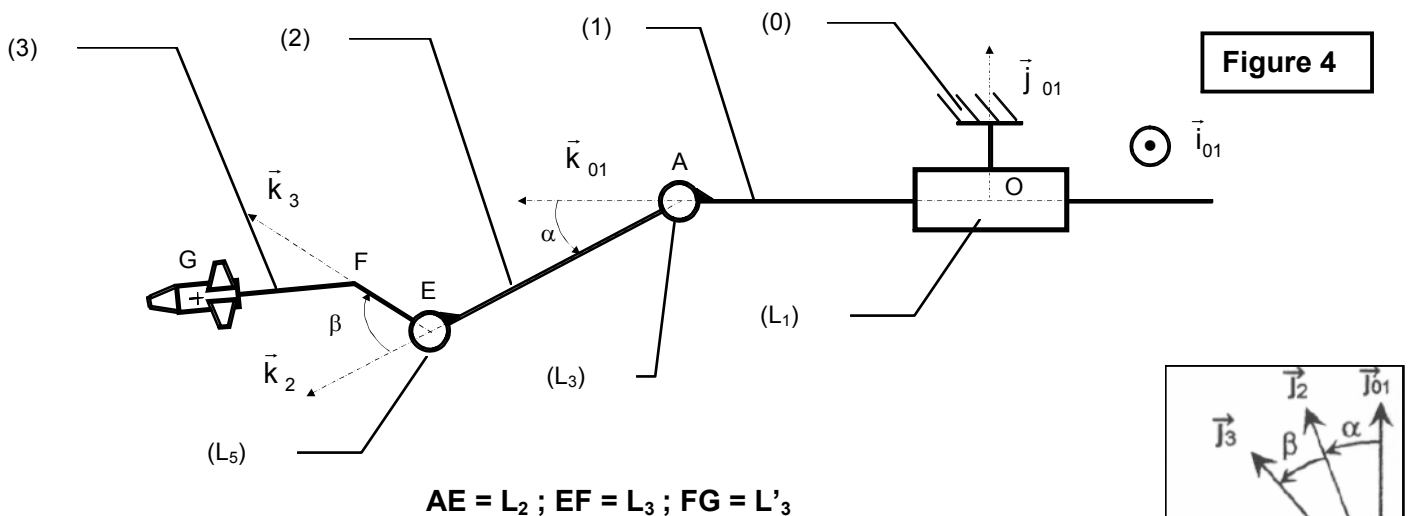
**ETUDE D'UN MOUVEMENT DE LA CHARGE.**

La définition d'une trajectoire de la charge nécessite d'imposer, en permanence, des relations entre les valeurs instantanées des paramètres cinématiques. On se propose de le montrer dans un cas simple. Seules les liaisons (L1), (L3) et (L5) sont animées (voir le paramétrage sur la figure 4 ci-dessous). Dans ce cas, le bras de liaison BO est noté(0), l'ensemble C1∪B1 forme un solide noté (1), les deux parties du bras B2 forment un solide noté (2), les deux parties du bras B3 et la charge forment un solide noté (3).

Notations : Dans un problème plan (O;  $\vec{j}, \vec{k}$ ), le torseur cinématique associé au mouvement d'un solide m par rapport à un solide n s'écrit au point P et dans la base ( $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ ) :

$${}^P\{V_{m/n}\} = \begin{cases} \vec{\Omega}_{m/n} = \omega_{m/n} \cdot \vec{i} \\ \vec{V}_{m/n}^P = V_{Ym/n}^P \cdot \vec{j} + V_{Zm/n}^P \cdot \vec{k} \end{cases}$$

- Un repère lié à un solide porte l'indice du solide ; exemple  $R_0$
- Un vecteur lié à un solide porte l'indice du solide ; exemple :  $\vec{k}_2$
- Un vecteur lié à deux solides porte les indices des solides ; exemple :  $\vec{k}_{01}$

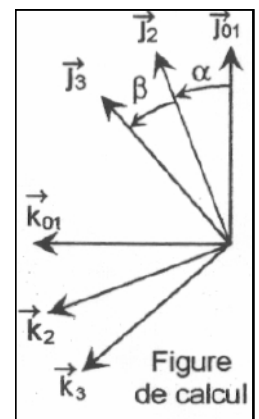


**AE = L<sub>2</sub> ; EF = L<sub>3</sub> ; FG = L'<sub>3</sub>**

(L1), liaison 0/1 :  $R_1$  se déduit de  $R_0$  par translation  $\vec{OA} = \lambda(t) \cdot \vec{k}_{01}$

(L3), liaison 1/2 :  $R_2$  se déduit de  $R_1$  par rotation d'axe (A;  $\vec{i}_{01}$ ) et d'angle  $\alpha(t) = (\vec{j}_{01}, \vec{j}_2)$

(L5), liaison 2/3 :  $R_3$  se déduit de  $R_2$  par rotation d'axe (E;  $\vec{i}_{01}$ ) et d'angle  $\beta(t) = (\vec{j}_2, \vec{j}_3)$



**ATTENTION** : Pour déterminer  $\vec{\Omega}_{3/2}$  et  $\vec{\Omega}_{2/1}$  lire **uniquement la figure de calcul** ci-dessus

**II TRAVAIL DEMANDE :**

1) Donner l'expression du vecteur vitesse  $\vec{V}_{3/0}^F$  en fonction du paramétrage proposé. (On exprimera le résultat sous la forme vectorielle la plus simple, utilisant les vecteurs unitaires définis sur la figure 4).



2) Dans le repère lié à l'avion, un des mouvements de la charge (3/0) le plus simple que l'on puisse envisager est une translation suivant  $-\vec{j}_{01}$  (c'est bien  $-\vec{j}_{01}$  !).

Dans ce cas :

2.1) Quelle relation existe-t-il alors entre  $\omega_{2/1}$  et  $\omega_{3/2}$  ?

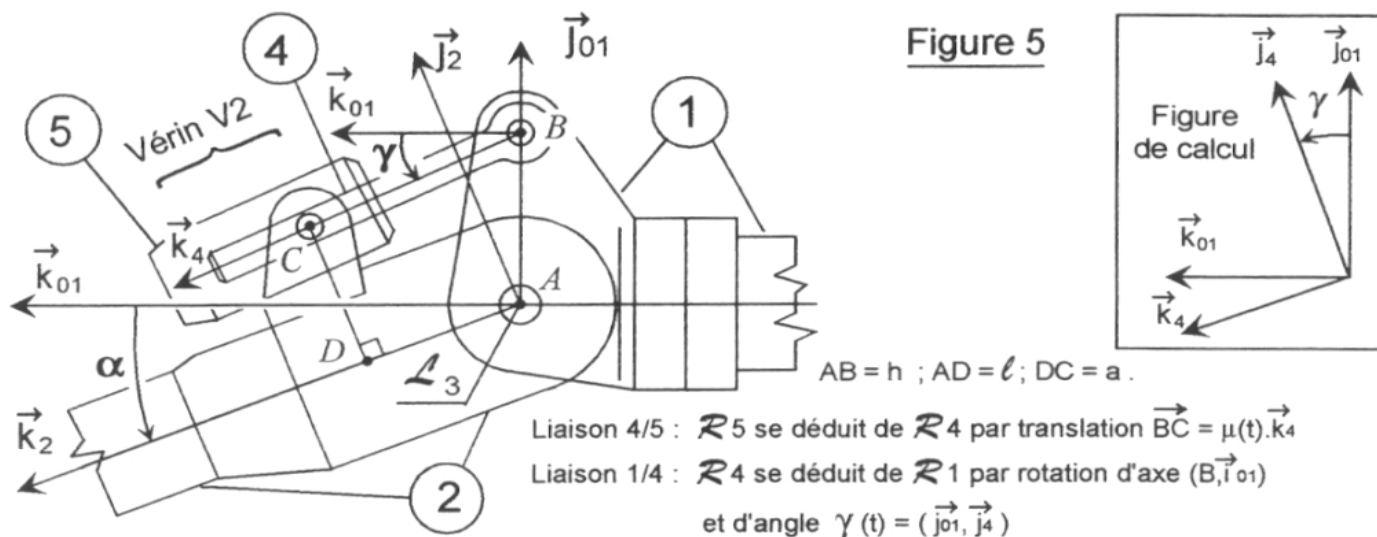
2.2) Quelle relation existe-t-il alors entre  $\alpha, \dot{\alpha}$  et  $\dot{\lambda}$  ?

2.3) Donner l'expression de la norme de  $\vec{V}_{3/0}^F$ .

2.4) Donner l'expression du vecteur  $\vec{V}_{3/0}^G$ . Justifier votre réponse.

Par la suite, on envisage d'autres mouvements de la charge par rapport à l'avion.

3) Etude du dispositif animant la liaison L3 (voir figure 5).



Le vérin à vis V2 permet d'animer la liaison L3 grâce à un mécanisme assurant une transformation de mouvement : la translation de la tige (4) du vérin par rapport au corps (5) provoque une rotation du solide (2) par rapport au solide (1). Ce vérin doit être piloté de manière à assurer un mouvement de la charge conforme aux efforts mesurés. Cette transformation de mouvement s'exprime par deux lois entrée-sortie reliant la translation de la tige (4) du vérin à la rotation du solide (2):

$$\mu = f(\alpha) \text{ et } \dot{\mu} = g(\alpha, \dot{\alpha}) \text{ où } (\alpha, \dot{\alpha}, \mu, \dot{\mu}) \text{ sont des fonctions du temps.}$$

3.1) A l'aide du paramétrage proposé sur la figure 5 ci-dessus, donner une équation vectorielle traduisant la disposition géométrique des liaisons entre les solides 1, 2, 4, 5. (fermeture géométrique de la chaîne de solides).

3.2) A partir de cette équation vectorielle faire des projections dans la base de référence afin d'éliminer  $\gamma$  pour en déduire la loi entrée-sortie des espaces :  $\mu = f(\alpha)$

3.3) La courbe ci-contre (figure 6) donne une représentation de la variation de  $\mu$  dans un domaine où  $\alpha$  est compris entre  $-\pi/2$  et  $\pi/2$  rad.

Les dispositions constructives placent la zone d'évolution du bras dans un domaine où  $\alpha$  varie de  $-0.26$  à  $+0.7$  rad.

Quel avantage ces dispositions constructives procurent-elles ?

