

## CINÉMATIQUE

TD

Réf. Programme: S411 - Solide indéformable, lois de mouvement  
Compétences visées: B2-06, B2-07, C2-12

v1.2

*Lycée Richelieu – 64, rue Georges Sand – 92500 Rueil-Malmaison - Académie de Versailles*

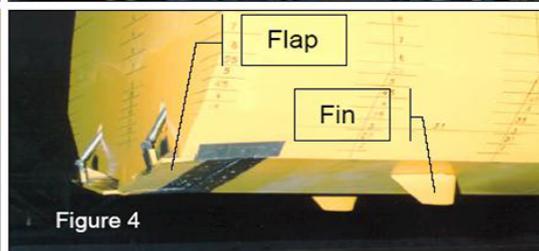
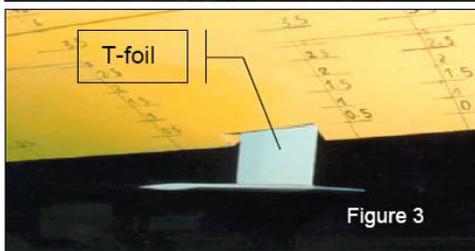
## Lois d'entrée-sortie

## SYST. DE STABILISATION POUR NAVIRE À GRANDE VITESSE

## 1 Présentation

La photographie ci-dessous (Figure 1) représente un navire à grande vitesse de la SNCM qui assure la liaison entre la Corse et le continent en 3 heures 30 minutes (au lieu de 5 heures pour un ferry\* classique).

La vitesse de croisière de ce navire est de 37 noeuds\* (70 km/h). Cette vitesse exceptionnelle pour un navire commercial est impulsée par quatre hydrojets : l'eau, aspirée dans les turbines, est éjectée sous pression créant ainsi une poussée qui propulse le navire. Cette technologie, empruntée aux scooters des mers, permet d'abandonner les hélices classiques et ainsi de réduire considérablement le tirant d'eau. Cet « hydrodynamisme » est renforcé par la longueur et la finesse de la coque (forme « semi-planante » en V profond) qui évoque les bateaux de course off-shore.



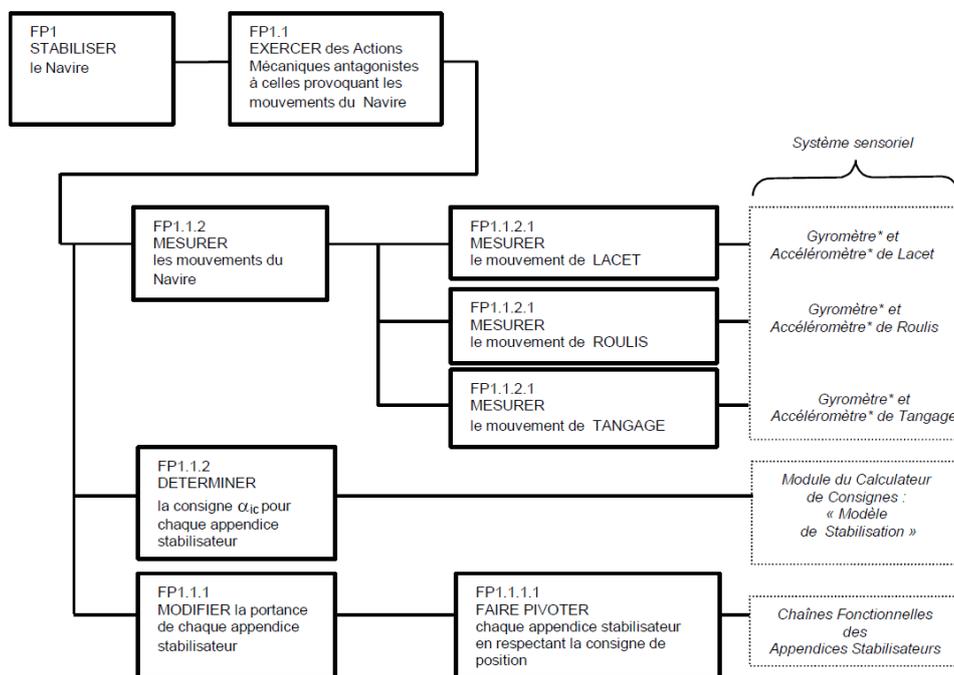
Le mode de propulsion utilisé et les formes de la coque ne peuvent assurer seuls ce niveau de vitesse. Pour l'atteindre, il est nécessaire de réduire la surface mouillée de la carène\* en générant une sustentation dynamique du navire et en minimisant les mouvements parasites de rotation de lacet\*, roulis\* et tangage\*, ceci que la mer soit formée ou non.

Un système de stabilisation active équipe ces navires. Il utilise des appendices ou « Foils ». Sur le NGV3, on en trouve sept (voir les figures de 2 à 4) : un « T-foil » à l'avant, deux « Flaps » arrières et

quatre safrans inclinés ou « Fins ». Tous ces appendices garantissent la stabilité du navire et le confort des passagers. Ils sont en effet pilotés en « temps réel » par un ordinateur à partir des informations fournies par un ensemble de capteurs (le système sensoriel) et permettent de créer des actions mécaniques hydrodynamiques qui vont s'opposer à celles qui provoquent les mouvements du navire réduisant ainsi leur amplitude.

La « vitesse » de ce navire se joue aussi aux escales : les manœuvres portuaires sont facilitées par deux propulseurs d'étrave et par deux hydrojets latéraux dont le jet orientable sert de gouvernail. L'embarquement et le débarquement des 500 passagers et de 148 véhicules (dont quatre autocars) s'effectuent en 20 minutes.

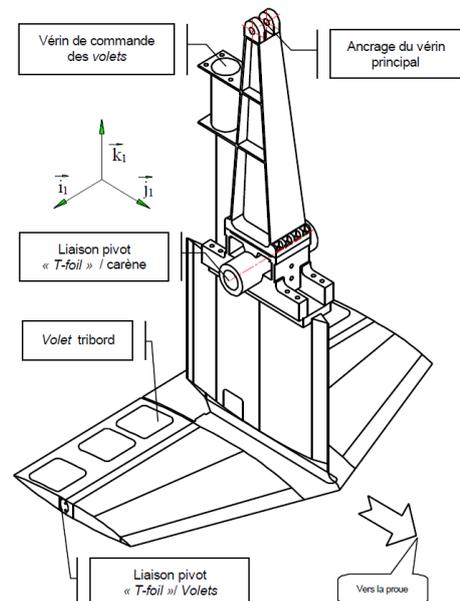
Du système que constitue le NGV3, l'étude qui va suivre isolera l'exigence : « Permettre de stabiliser le navire ». La composition de cette fonction peut être illustrée par le diagramme FAST représenté ci-après.



### Le T-foil

Le « T-foil » (en forme de T renversé, voir figure ci-contre) est l'appendice actif le plus massif. Il est situé à l'avant du navire, dans son plan de symétrie. Il est en liaison pivot d'axe  $(O, \vec{i}_1)$  avec la carène du navire.

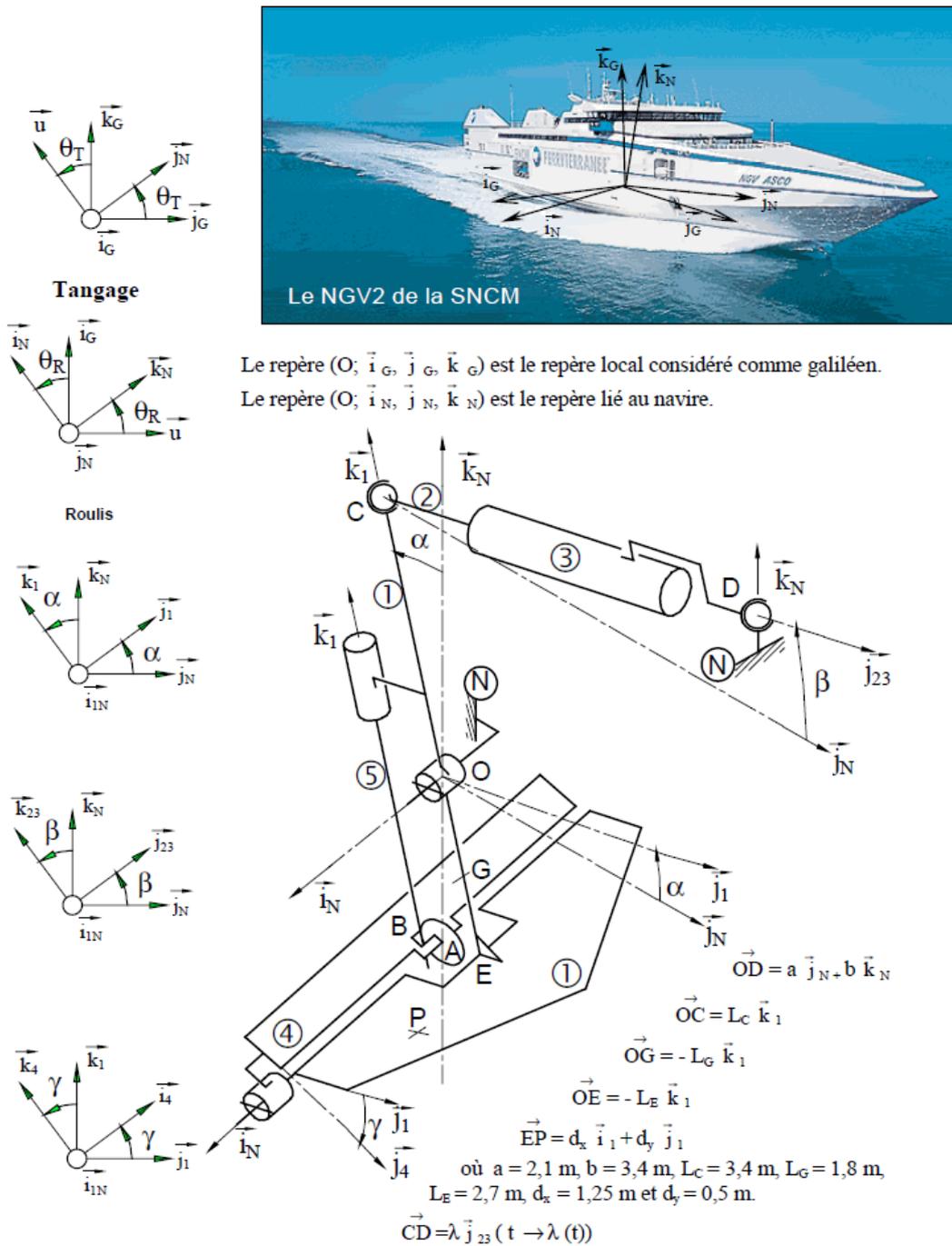
Un vérin dit « vérin principal » permet l'animation de cette liaison. Deux volets en liaison pivot avec le « T-foil » sont actionnés simultanément par un vérin secondaire embarqué sur le « T-foil ».



**Objectif**

Quelle est la loi entrée-sortie de la chaîne de commande du « T-foil » ? Comment linéariser cette loi autour d'un point de fonctionnement ?

**Paramétrage**



## 2 Travail demandé

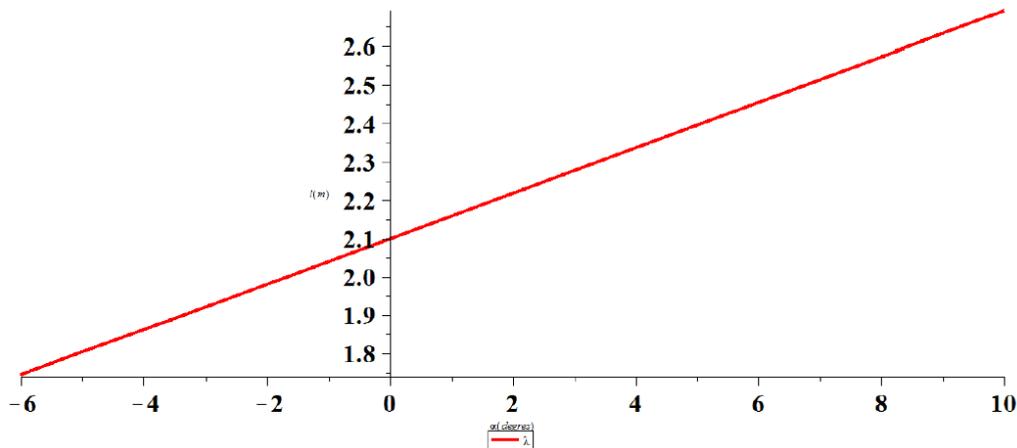
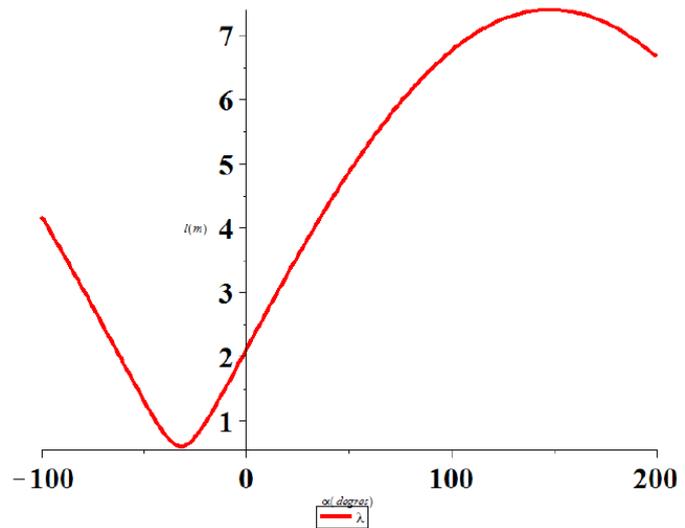
**Question 1** Établir le graphe des liaisons.

**Question 2** Établir la loi géométrique d'entrée-sortie, soit  $\lambda = f(\alpha)$ . Vous déterminerez cette loi par deux méthodes.

- Par fermeture géométrique.
- Par analyse géométrique.

**Question 3** La figure ci-contre et son « zoom » donnent la courbe représentative de cette loi  $\lambda = f(\alpha)$ . Le domaine utile d'évolution de  $\alpha$  est  $[-5^\circ, 9^\circ]$ .

En linéarisant la courbe autour du point de fonctionnement  $\{\alpha = 0^\circ, \lambda = 2,1 \text{ m}\}$ , déterminer l'équation  $\lambda = f(\alpha)$ , par lecture graphique.



### 3 Glossaire

**Ferry (ou Ferry-boat) :** navire spécialement conçu pour le transport des véhicules et de leurs passagers.

**Nœud :** unité de vitesse : 1nœud = 1 mille marin (1852 m) par heure.

**Carène :** surface immergée de la coque d'un navire.

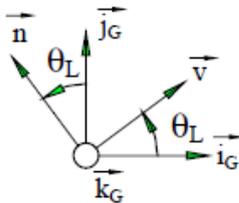
**Proue :** avant du navire.

**Poupe :** arrière du navire.

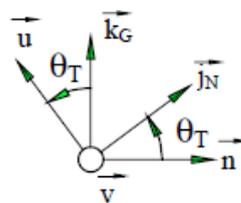
**Bâbord :** coté gauche du navire en regardant vers l'avant, la proue.

**Tribord :** coté droit du navire en regardant vers l'avant.

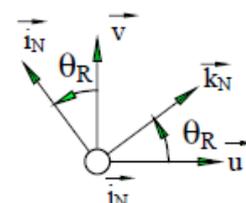
**Lacet, Roulis, Tangage :** mouvements de rotation d'axes orthogonaux du navire représenté par le repère  $(G_N, \vec{i}_N, \vec{j}_N, \vec{k}_N)$  par rapport au repère terrestre local  $(G_G, \vec{i}_G, \vec{j}_G, \vec{k}_G)$ . Ces rotations ainsi que les vecteurs intermédiaires  $\vec{u}$ ,  $\vec{v}$ , et  $\vec{n}$  sont définis par les figures de changements de base suivantes :



$\theta_L$  : Angle de Lacet



$\theta_T$  : Angle de Tangage



$\theta_R$  : Angle de Roulis

**Gyromètre :** capteur délivrant une tension proportionnelle à la variation de direction angulaire de son axe de montage par rapport à une direction galiléenne.

**Accéléromètre :** capteur délivrant une tension proportionnelle à l'accélération galiléenne de son support dans une direction.

**Entrée T.O.R. :** entrée Tout Ou Rien, entrée binaire.