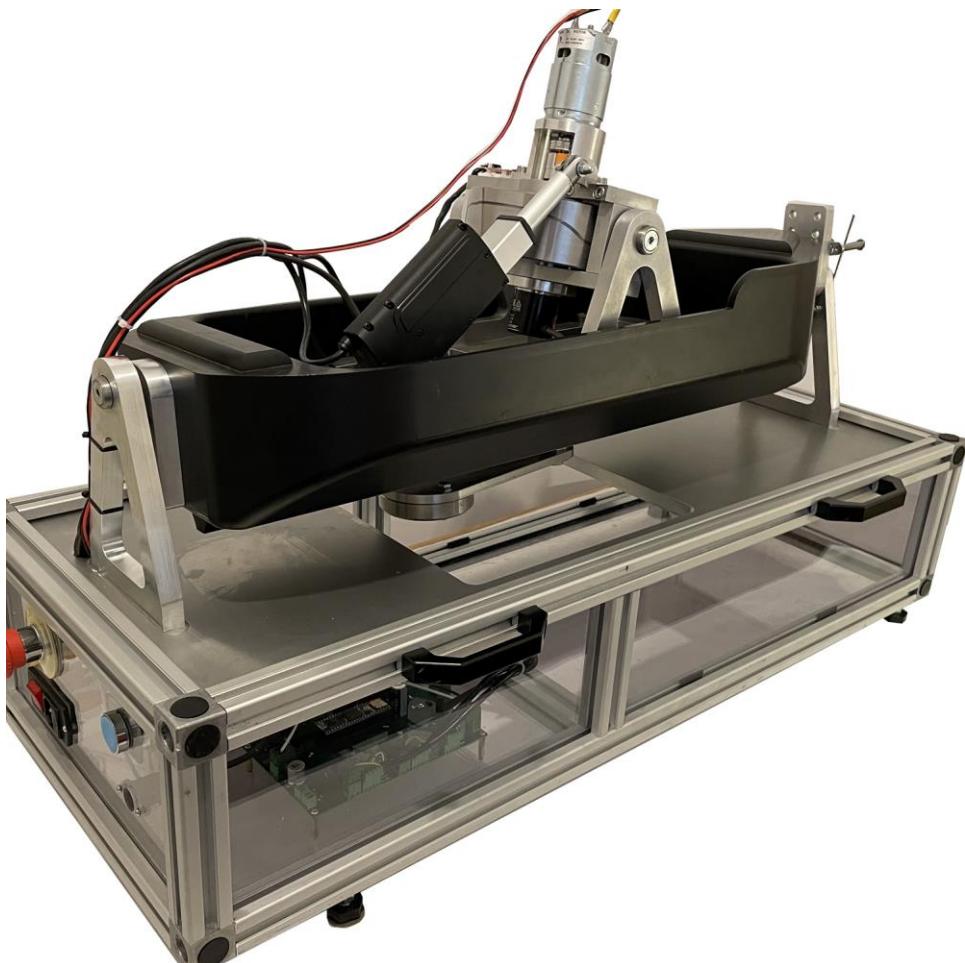


STABILISATEUR GYROSCOPIQUE DE BATEAU

DOSSIER RESSOURCES



PRESENTATION DU SYSTEME

Le stabilisateur gyroscopique de bateau est un système didactisé qui s'inspire de systèmes réels embarqués sur des bateaux de pêche ou de plaisance permettant de stabiliser le bateau lors des phases de mouillage (manœuvre qui consiste à immobiliser le bateau en mer, grâce à une ancre, chaîne ou cordage) permettant ainsi à l'équipage de bénéficier d'un mouvement réduit du bateau causé par la houle.

Le support pédagogique propose une solution basée sur la génération d'un couple gyroscopique à partir de la mise en mouvement d'un volant d'inertie afin de contrer le mouvement de roulis (mouvement de rotation autour de l'axe principal du bateau). L'inclinaison du bateau due au roulis est appelée gîte.

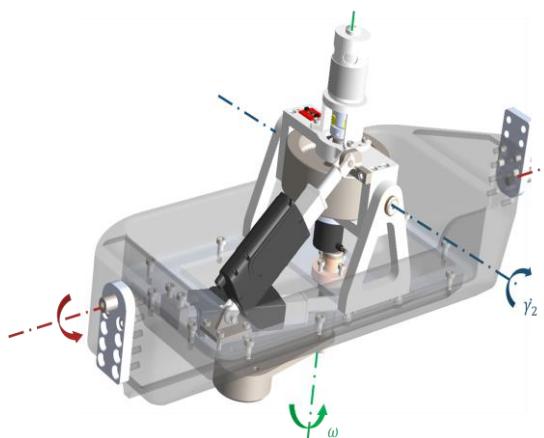


Figure 1 : Illustration du couple gyroscopique

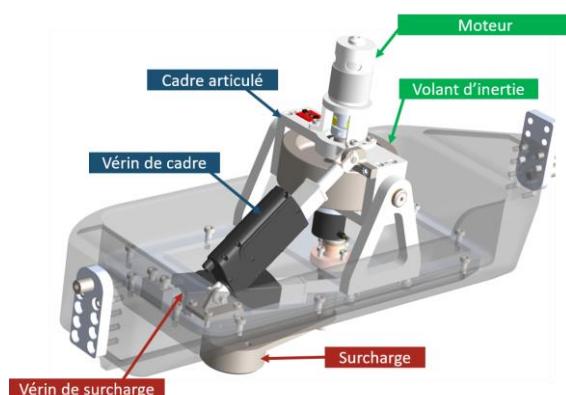


Figure 2 : Conception mécanique du support pédagogique

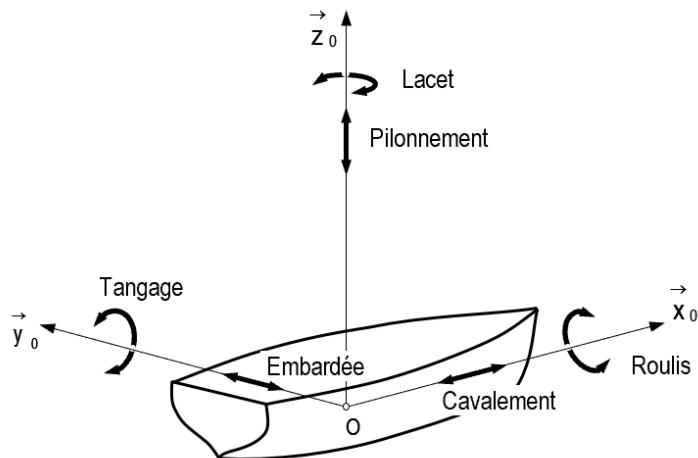
La Figure 1 illustre le phénomène : le volant d'inertie tourne à la vitesse ω autour de son axe de symétrie, un mouvement du cadre du volant d'inertie est imposé à la vitesse γ_2 qui permet de générer un couple gyroscopique autour de l'axe du roulis tel que $C_g = C_3\omega\gamma_2$ avec C_3 le moment d'inertie du volant d'inertie autour de son axe de symétrie.

La rotation du **volant d'inertie** est réalisée par un **moteur électrique** asservi en vitesse et monté directement sur l'arbre du volant. La mise en mouvement du **cadre** est réalisée grâce à un système articulé actionné par un vérin électrique, appelé **vérin de cadre**, asservi en vitesse et en position. Enfin, la génération du mouvement de roulis est réalisée par une **surcharge** qui se déplace de part et d'autre de l'axe du bateau grâce à un système articulé actionné par le **vérin électrique de surcharge** asservi en position.

Mouvements du bateau

Le système étudié est un dispositif de stabilisation gyroscopique pour bateaux permettant de réduire (voire de neutraliser) le mouvement de roulis.

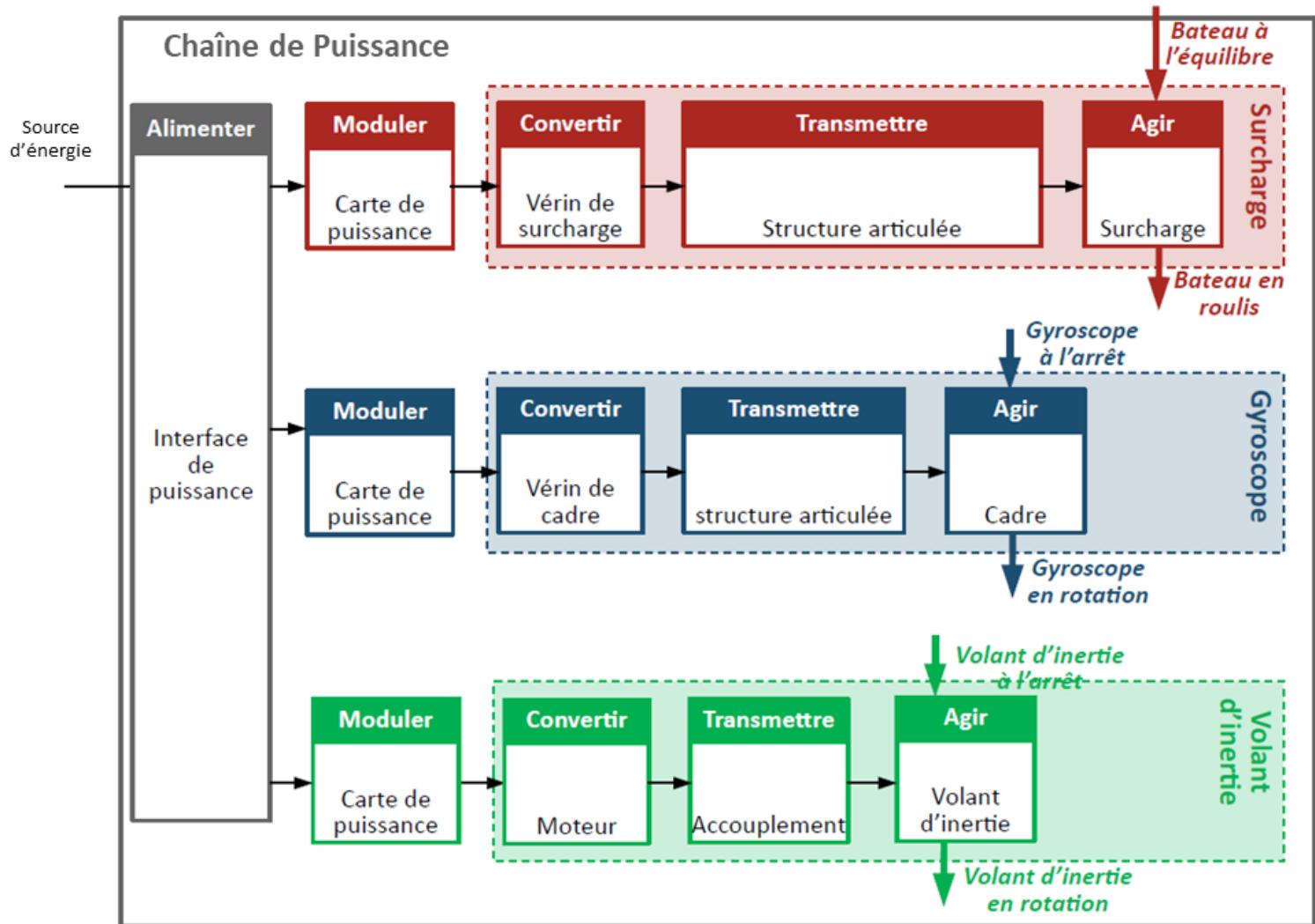
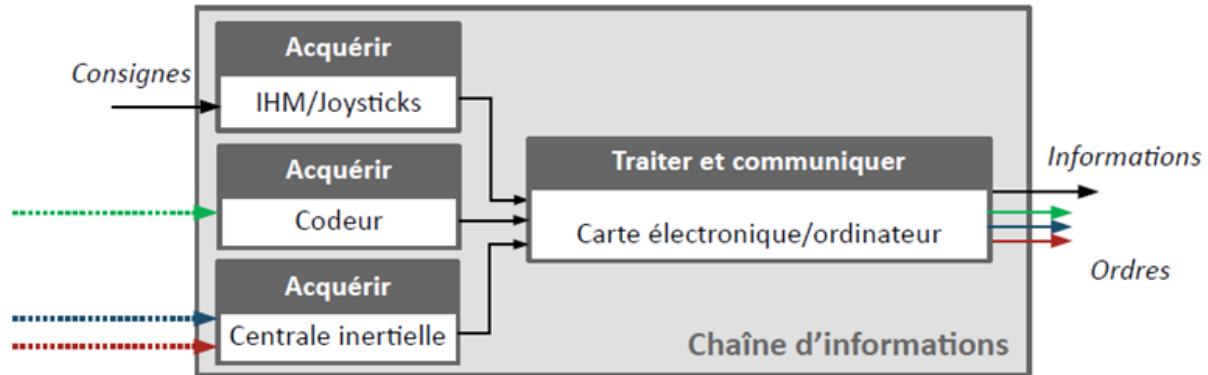
Par rapport au repère $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ lié à la Terre 0 (galiléen) un bateau, sur la mer, est soumis à 6 degrés de liberté. Dans les paragraphes suivants nous nous intéresserons qu'au mouvement de roulis, selon (O, \vec{x}_0) , provoqué par la houle de travers selon (O, \vec{y}_0) .



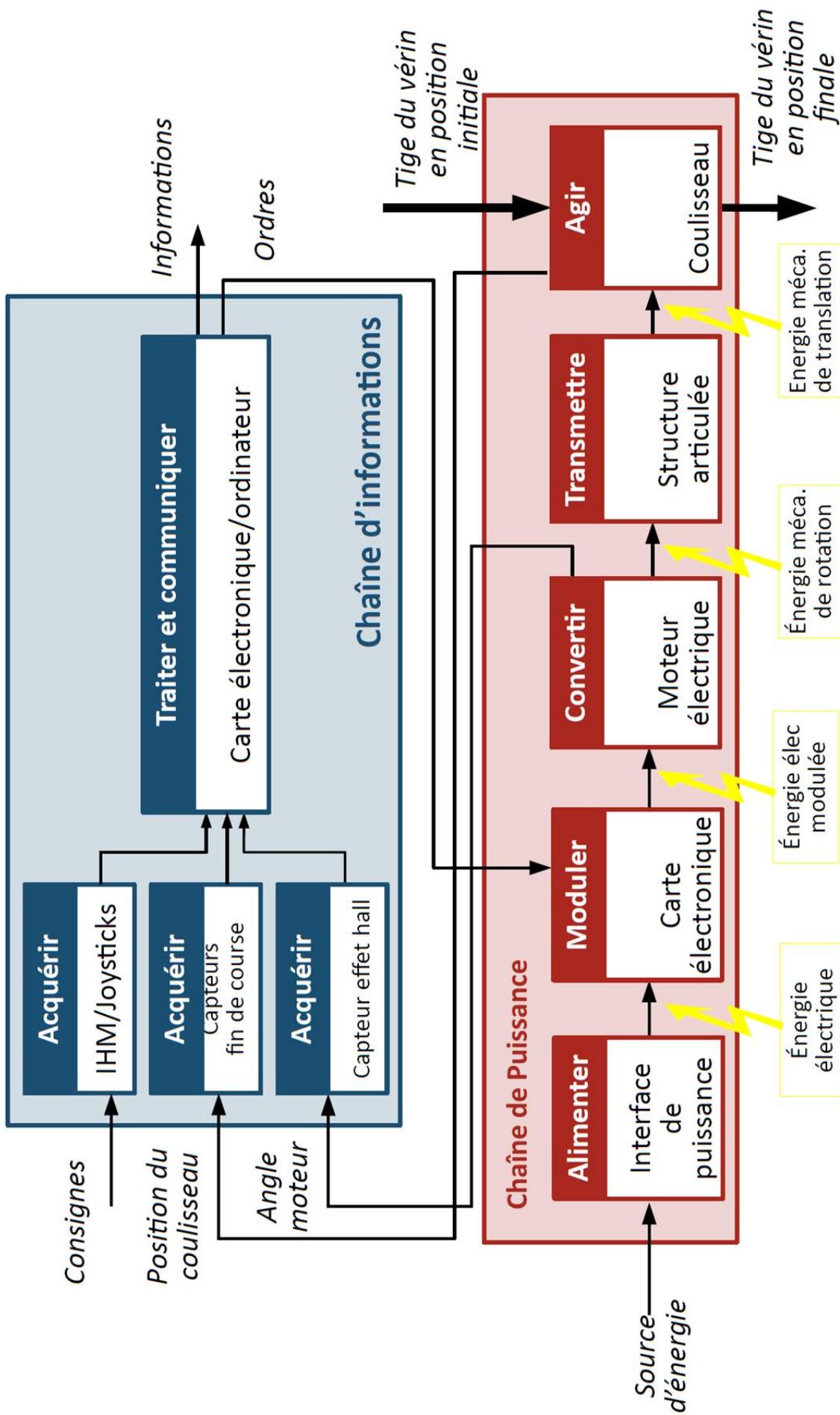
Définition des 3 translations et des 3 rotations d'un bateau par rapport au référentiel terrestre

ANALYSE SYSTEME – CHAINES FONCTIONNELLES

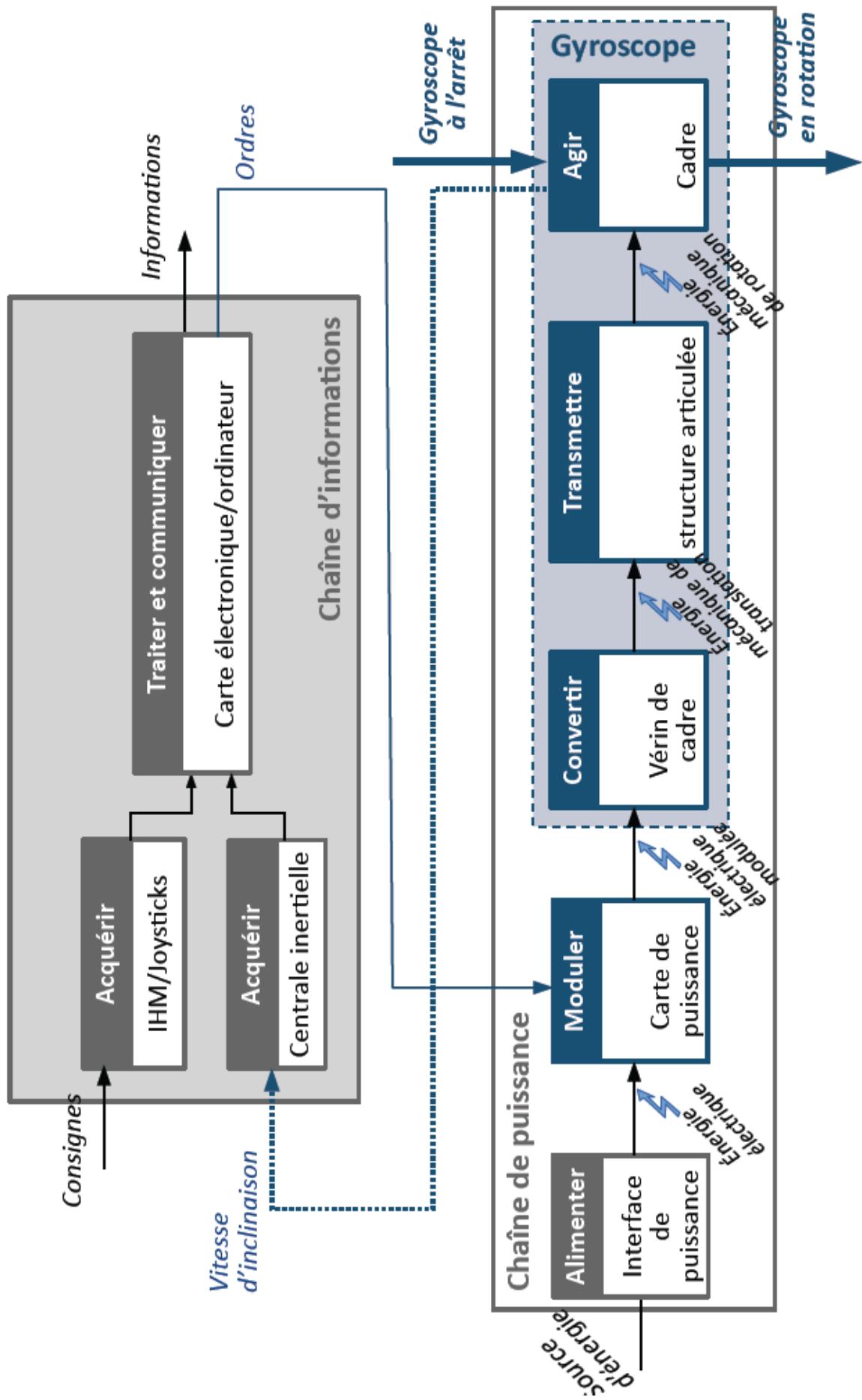
Chaine d'Information et de Puissance du SYSTEME GLOBAL



Chaine d'Information et de Puissance du VERIN



Chaine d'Information et de Puissance du CADRE



ANALYSE SYSTEME – SYSML

DIAGRAMME DE CONTEXTE

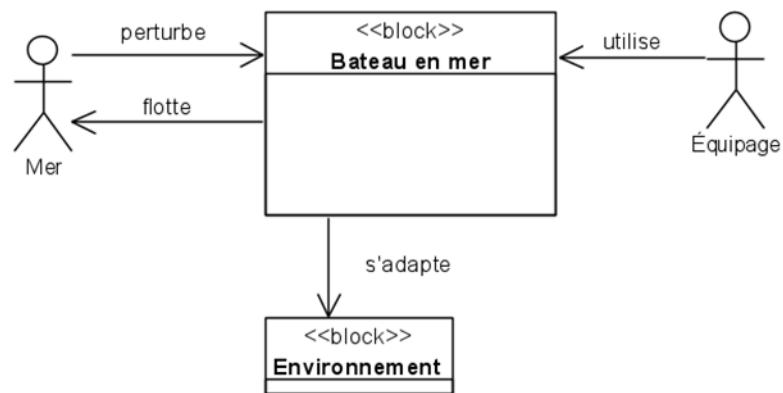
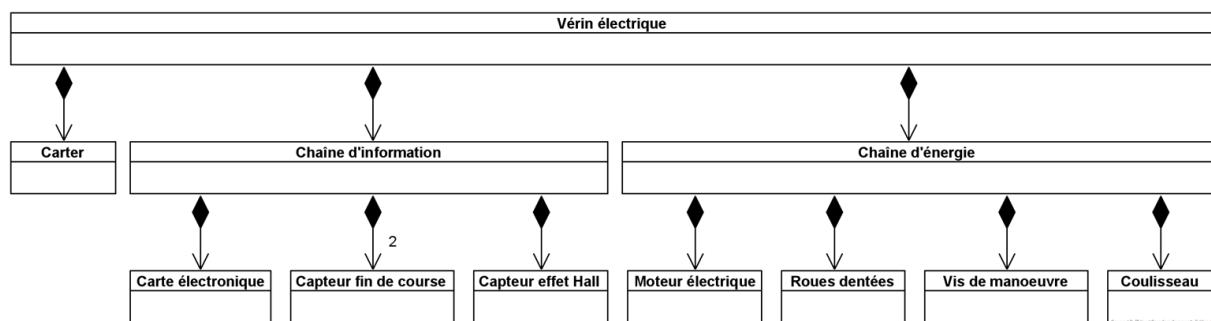
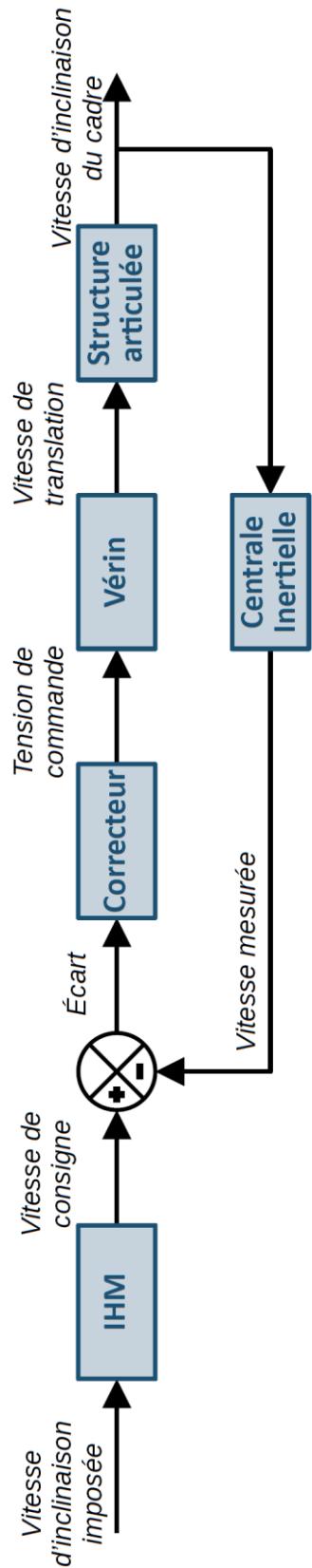


DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOC DU VERIN



SCHEMA BLOC FONCTIONNEL DE L'ASSERVISSEMENT
EN VITESSE DU CADRE



MODELE DYNAMIQUE DU STABILISATEUR

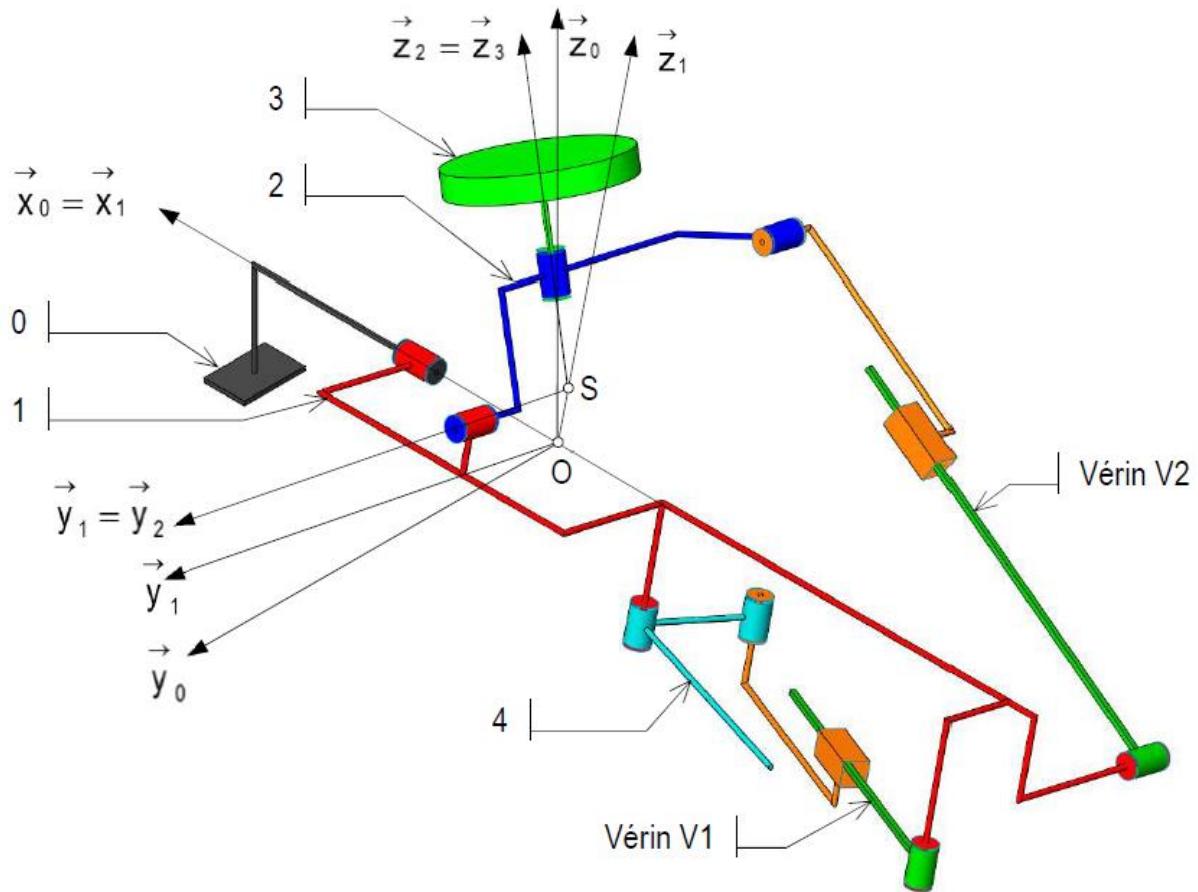
Schéma du stabilisateur

Le stabilisateur est principalement constitué, de manière simplifiée, de quatre solides assemblés par trois liaisons pivot en série.

En outre un solide 4 se déplace dans le bateau grâce au vérin électrique V1.

Un deuxième vérin électrique V2 assure l'orientation du solide 2 par rapport au solide 1.

Le détail des vérins électriques et le moteur qui actionne le volant 3 ne sont pas représentés.



Paramétrage

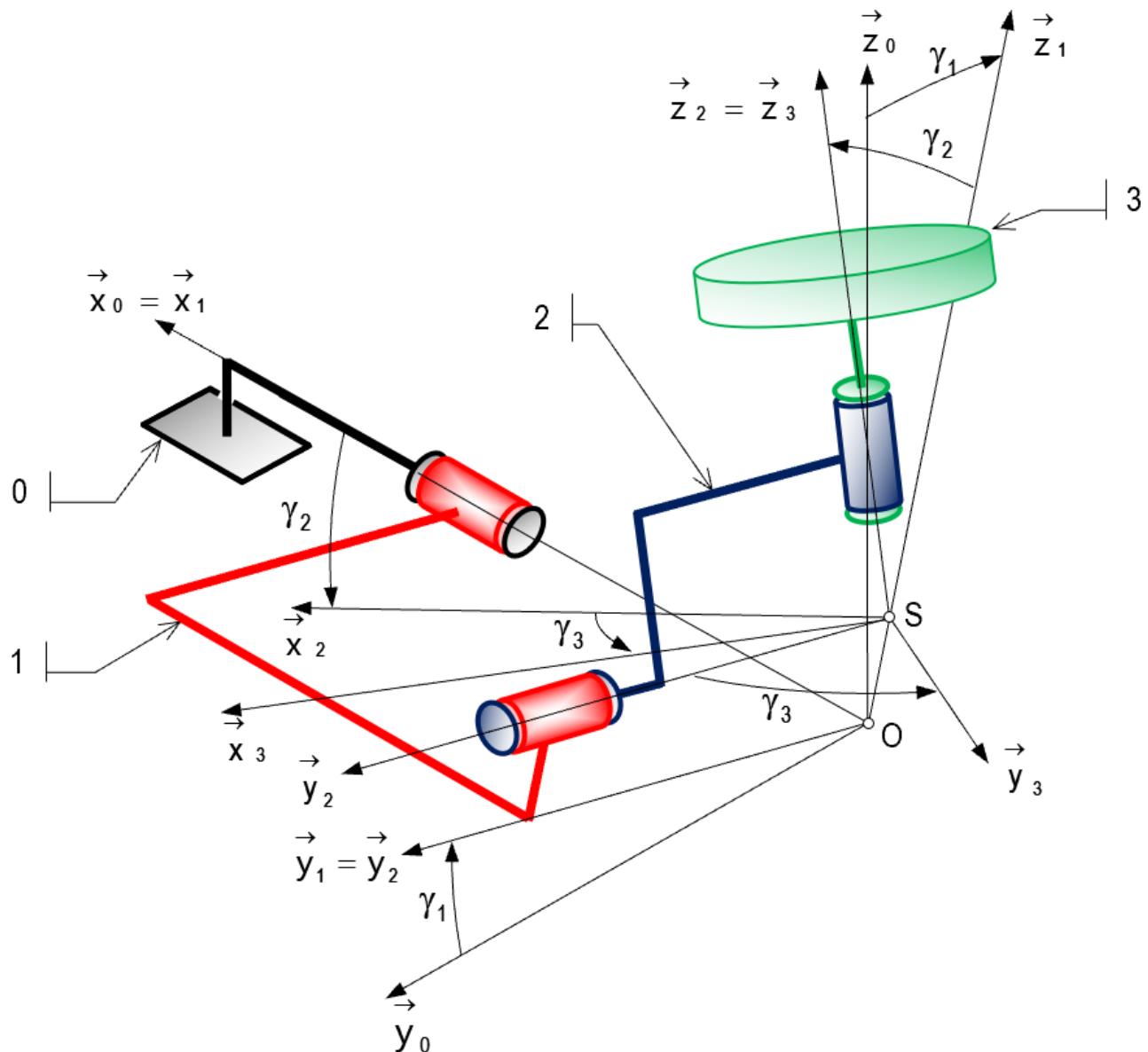
- Le repère $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est lié à la Terre 0 (galiléen).
- Le repère $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ est lié au bateau 1.
- Le repère $(O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ est lié au cadre 2.
- Le repère $(O, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ est lié au volant 3.

Les rotations des solides sont paramétrées par les coordonnées articulaires :

$\gamma_1 = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$ qui correspond au mouvement de roulis du bateau par rapport au repère galiléen.

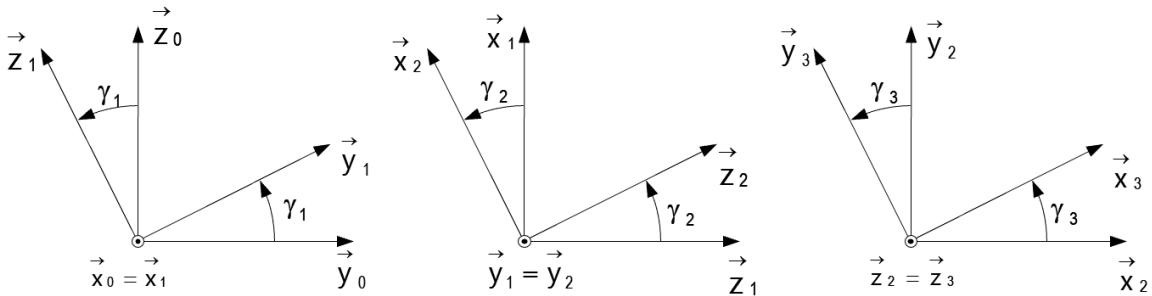
$\gamma_2 = (\vec{z}_1, \vec{z}_2) = (\vec{x}_1, \vec{x}_2)$ qui correspond à la rotation du cadre 2 par rapport au bateau 1.

$\gamma_3 = (\vec{x}_2, \vec{x}_3) = (\vec{y}_2, \vec{y}_3)$ qui gouverne la rotation du volant d'inertie 3 par rapport au cadre 2.



Hypothèse :

- le plan $(O, \vec{x}_1, \vec{z}_1)$ est le plan de symétrie longitudinal du bateau.
- les plans $(S, \vec{x}_2, \vec{z}_2)$ et $(S, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ sont deux plans de symétrie du cadre 2.



Les liaisons sont supposées géométriquement et énergétiquement parfaites.

Le bateau 1 de centre de masse G_1 , $\overrightarrow{OG_1} = a_1 \cdot \vec{x}_1 + c_1 \cdot \vec{z}_1$, et de masse m_1 a une inertie :

$$I_{O,(1)} = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & -E_1 \\ 0 & B_1 & 0 \\ -E_1 & 0 & C_1 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)}.$$

Le cadre 2 de centre de masse G_2 , $\overrightarrow{SG_2} = c_2 \cdot \vec{z}_2$, et de masse m_2 a une inertie :

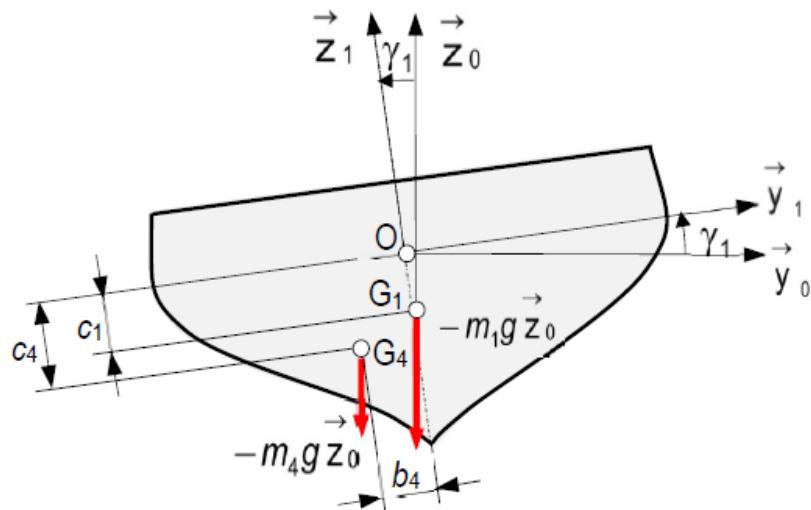
$$I_{G_2,(2)} = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)}.$$

Le volant 3, de masse m_3 étant un solide de révolution d'axe $(S, \vec{z}_3) = (S, \vec{z}_2)$, sa matrice d'inertie a la même expression dans les bases B_2 et B_3 soit :

$$I_{G_3,(3)} = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & A_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_3 = \vec{z}_2)}$$

La masse du volant 3 est m_3 et $\overrightarrow{SG_3} = l_3 \cdot \vec{z}_2 = l_3 \cdot \vec{z}_3$ et $\overrightarrow{OS} = \lambda_1 \cdot \vec{z}_1$

La masse ponctuelle m_4 du solide 4 se déplace dans le plan $(G_4, \vec{x}_1, \vec{y}_1)$ et $\overrightarrow{OG_4} = a_4 \cdot \vec{x}_1 + b_4 \cdot \vec{y}_1 + c_4 \cdot \vec{z}_1$, $c_4 = \text{cste}$ mais a_4 et b_4 sont fonction du temps.



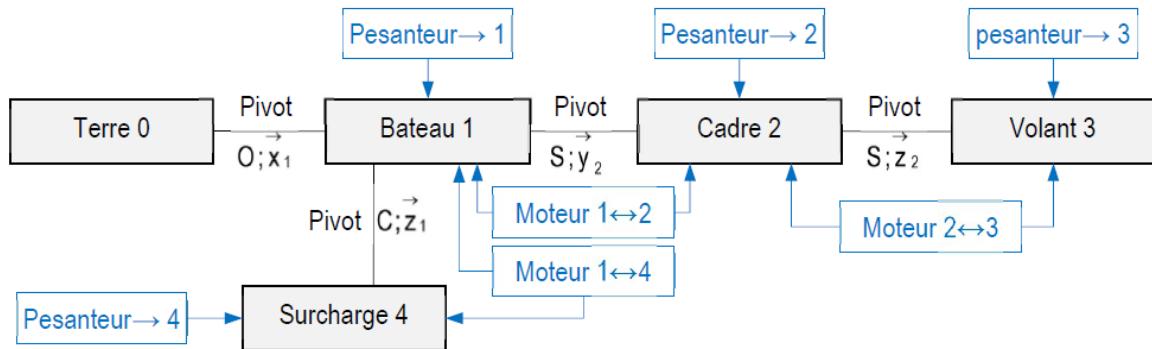
Gîte du bateau

On note :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{moteur } 2 \rightarrow 3 \\ \text{moteur } 1 \rightarrow 2 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{\text{moteur } 2 \rightarrow 3} = \vec{0} \\ \vec{M}_{\text{moteur } 2 \rightarrow 3} = M_m(t) \vec{z}_3 \end{array} \right\}$$

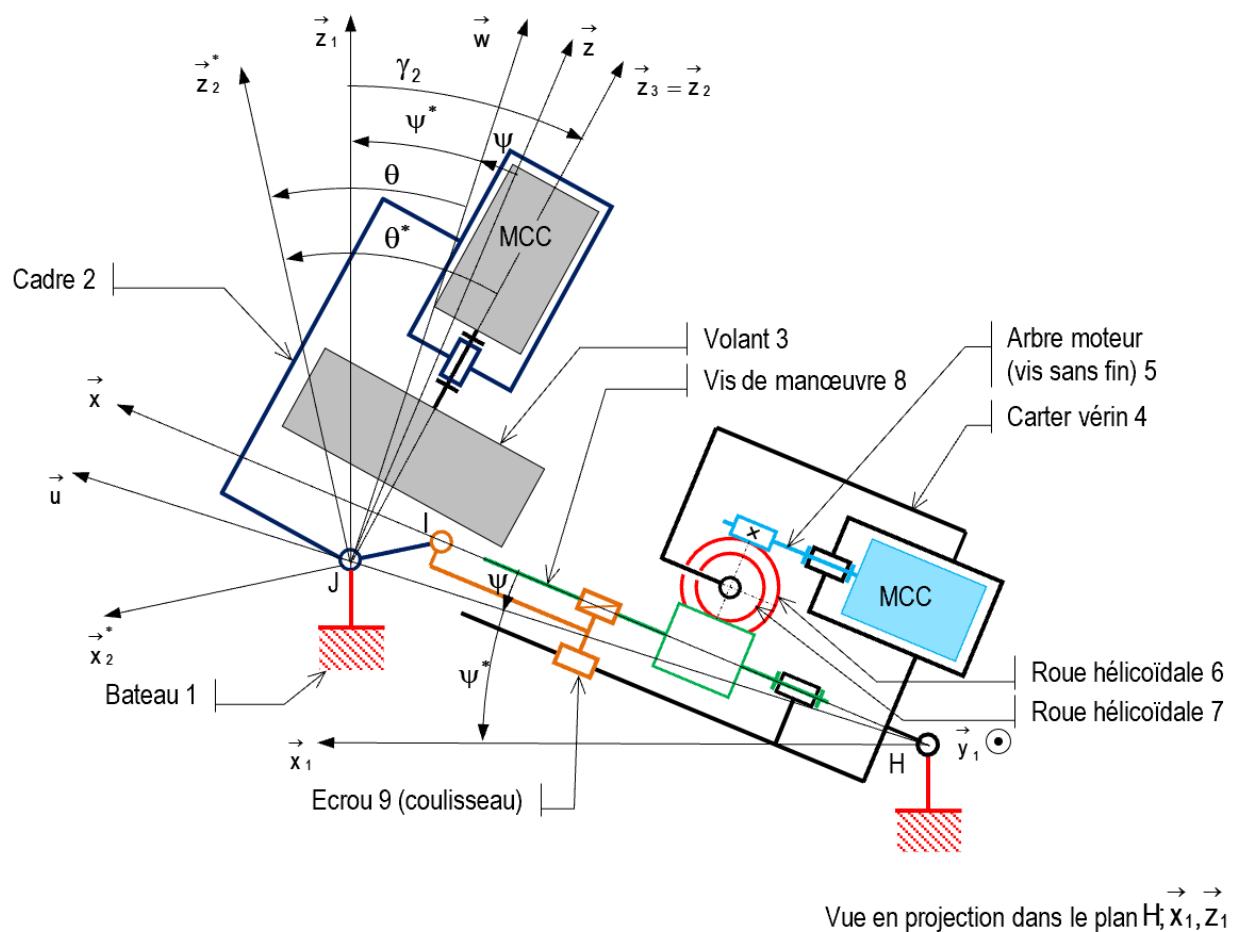
$$\left\{ \text{moteur } 1 \rightarrow 2 \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{\text{moteur } 1 \rightarrow 2} \\ \vec{M}_{0, \text{moteur } 1 \rightarrow 2} = M(t) \underbrace{\vec{y}_1}_{= \vec{y}_2} \end{array} \right\}$$

Les moteurs sont de masses négligeables.

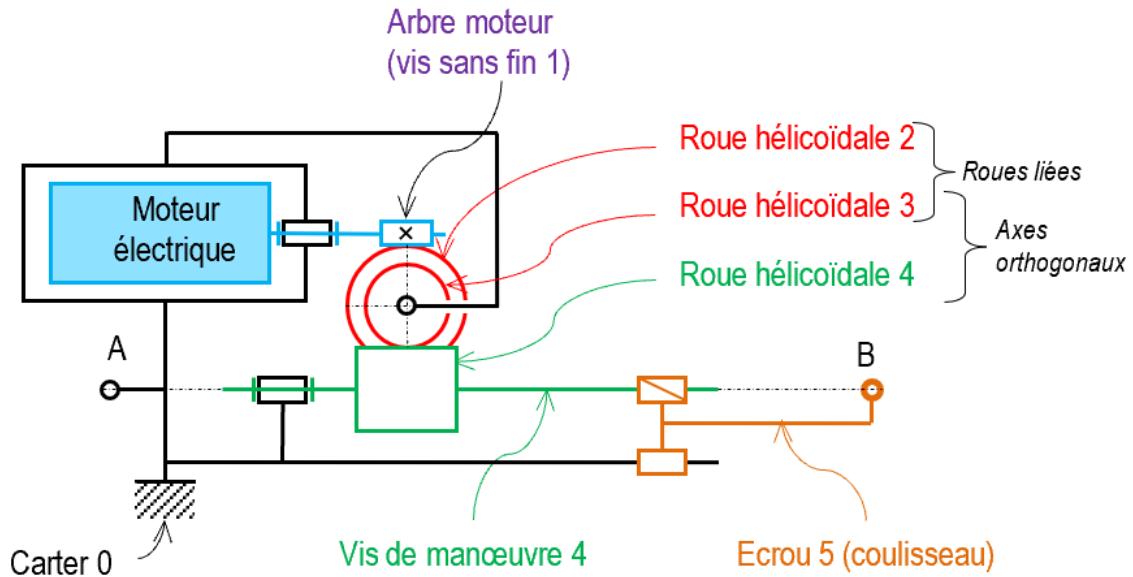


Graph de structure et actions mécaniques

SCHEMA CINEMATIQUE DU SYSTEME COMPLET



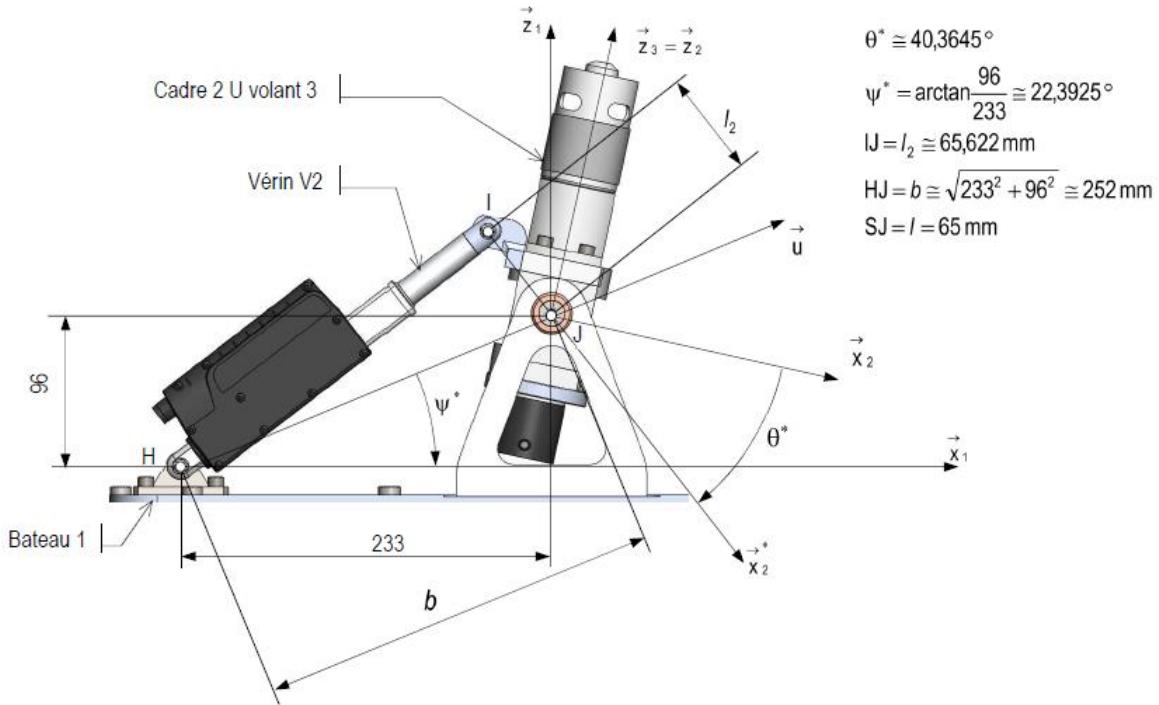
SCHEMA CINEMATIQUE DU VERIN SEUL



D'après le schéma cinématique, la transmission de mouvement depuis l'arbre moteur jusqu'au coulisseau comporte :

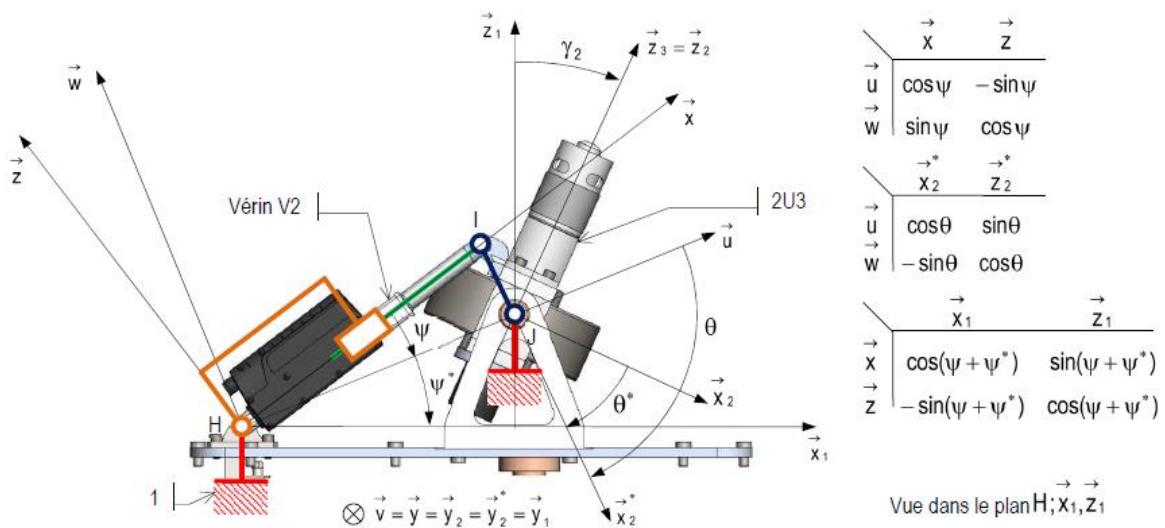
- L'arbre moteur qui est une vis sans fin 1 à deux filets à droite, $Z_1 = 2$.
- La roue hélicoïdale 2 associée à 1, avec $Z_2 = 25$ dents.
- La roue hélicoïdale 3 liée à 2 et d'axes communs, $Z_3 = 6$ dents.
- La roue hélicoïdale 4 d'axe orthogonal à l'axe de la roue 3, $Z_4 = 11$ dents (cette roue est liée à la vis de manœuvre).
- Le coulisseau 5 (le système vis-écrou est au pas $p = 3 \text{ mm}$ à droite).

SCHEMA DE CONFIGURATIONS GENORMETRIQUES



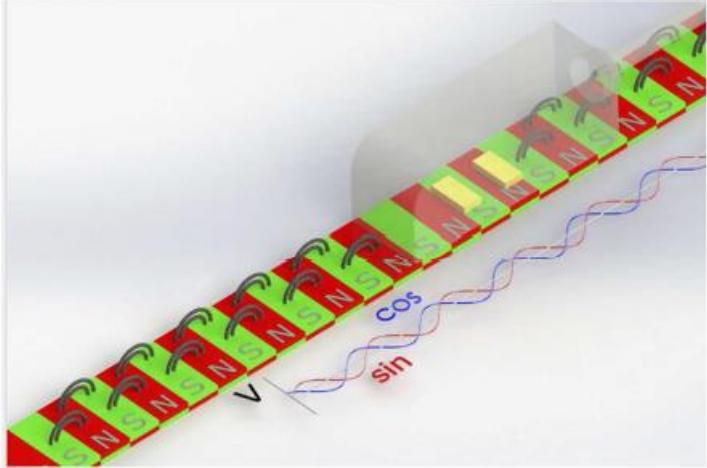
L'angle θ est lié à l'angle γ_2 :

$$\left(\begin{array}{c} \vec{x}_1 \\ \vec{x}_2 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \vec{x}_1 \\ \vec{u} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \vec{u} \\ \vec{x}_2 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \vec{x}_2 \\ \vec{x}_2 \end{array} \right) \text{ soit } \gamma_2 = -\psi^* + \theta - \theta^*$$



CAPTEURS

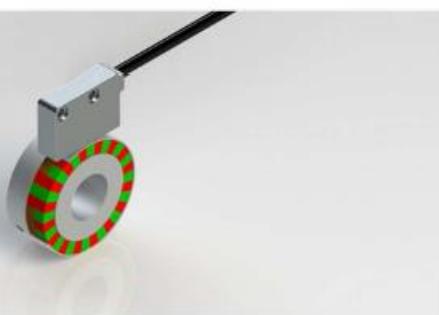
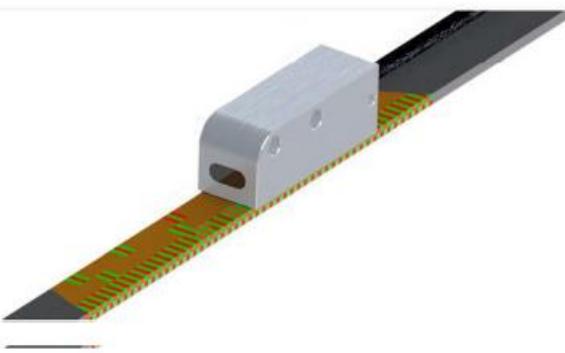
Codeurs magnétiques incrémentaux



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

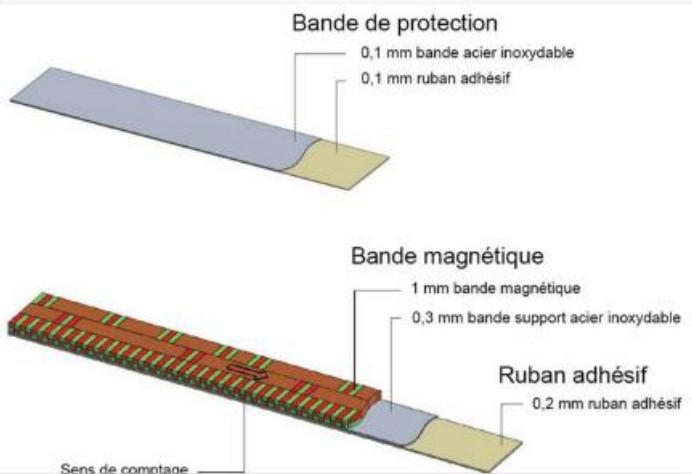
Une bande magnétique encodée avec des polarisations alternées est balayée, sans contact, par un capteur magnétique. Une onde sinusoïdale est générée à chaque passage de pôle. Le signal est interpolé électroniquement. L'interpolation et l'espacement des pôles de la bande magnétique vont déterminer la résolution du système de mesure.
L'interpolation transforme les signaux sinusoïdaux en signaux de sortie carrés compatibles avec tous les systèmes classiques comme les codeurs rotatifs ou les mesures linéaires optiques.
Dans le cas des systèmes absolus, la bande magnétique est codée sur 3 pistes parallèles.

Nos systèmes magnétiques de mesure se composent d'un capteur, ou tête de lecture, et d'une bande ou d'un anneau magnétique. Les capteurs magnétiques sont disponibles en différents modèles pour les mesures incrémentales, quasi-absolues ou absolues. Selon l'application, nous proposons plusieurs classes de précision de 1mm à 5µm.

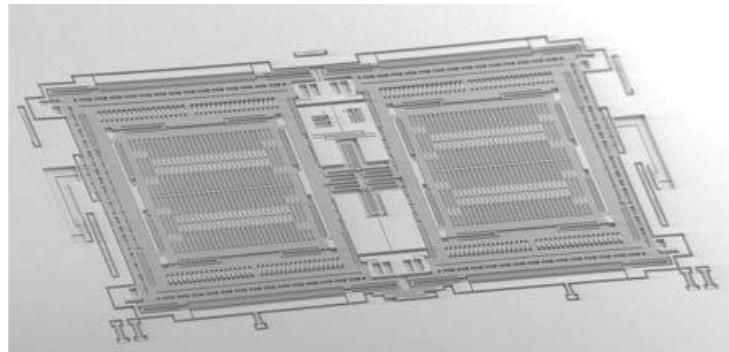
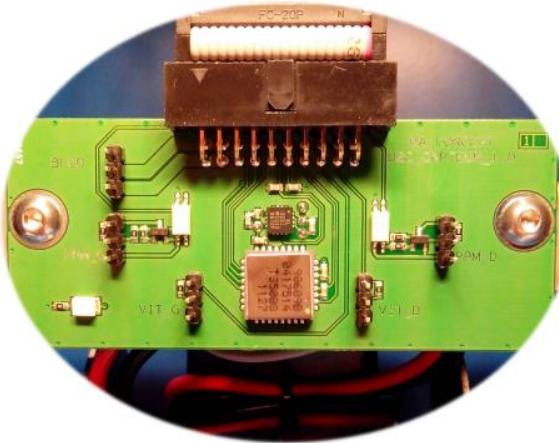


Les anneaux magnétiques, en combinaison avec nos capteurs, offrent une alternative de mesure précise de rotation, position et vitesse angulaire. Nos anneaux magnétiques sont caractérisés par une conception peu encombrante, une grande insensibilité à la poussière, à l'humidité et aux copeaux. Ils assurent un fonctionnement à haute résolution, sans usure.

Les bandes magnétiques sont disponibles pour des longueurs jusqu'à 100m, avec un pas de pôle de 5mm, 2mm ou 1mm. Des bandes de protection, en acier inoxydable, sont également disponibles pour protéger la bande magnétique.



Gyromètre



Le gyromètre se compose de puces de silicium : principalement pour l'élément de mesure et le circuit d'interprétation.

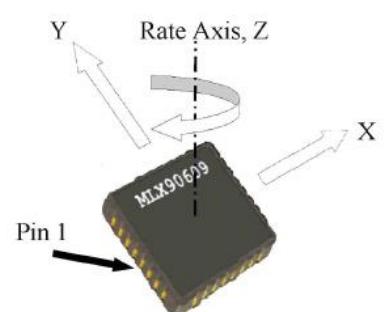
Le cœur de l'élément de mesure dans sa structure n'est reconnaissable qu'au microscope ; il s'agit d'un ensemble de peignes capacitifs réalisés en technologie de silicium micro-usiné.

Principe de la mesure sur un axe :

Axe de mesure fixé par le constructeur :

Sur le Gyromètre MLX 90609 la mesure de vitesse s'effectue autour d'un axe nommé Z qui est perpendiculaire au plan de montage de la puce :

Remarque : La rotation indiquée autour de l'axe Z est de sens trigo < 0 (donc de sens horaire > 0).

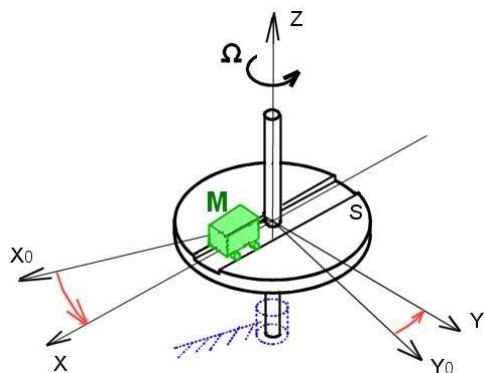


Accélération de Coriolis

La mesure de la vitesse angulaire repose sur une observation des accélérations de Coriolis.

Très schématiquement, l'effet de Coriolis (ou accélération de Coriolis) se manifeste par l'accélération tangentielle subie par un corps en mouvement évoluant dans un milieu en rotation.

Considérons un mobile M qui possède une possibilité de mouvement radial (selon la direction X) par rapport à un solide S, lui-même en rotation d'axe Z, à la vitesse angulaire Ω par rapport à un support fixe O.

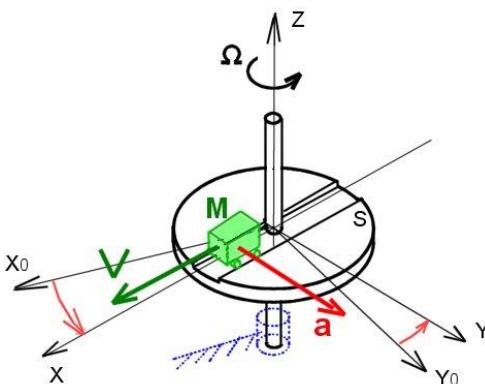


Les lois de la mécanique qui s'appliquent à ce mobile M, permettent de mettre en évidence le fait que lorsqu'il se déplace radialement à la vitesse V par rapport à S (dans la direction X), il subit une accélération « a » dite « accélération de Coriolis » qui s'exerce dans la direction Y.

La valeur de cette accélération est : $a = 2 \cdot \Omega \cdot V$

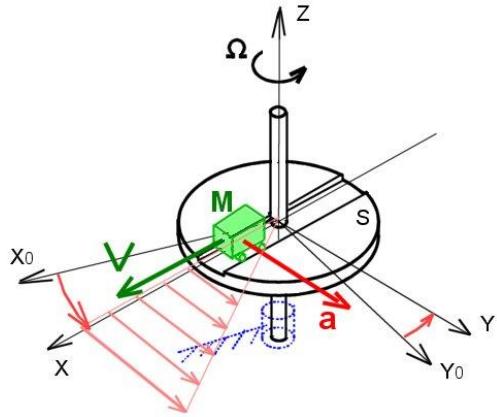
Le principe de la mesure de vitesse angulaire est le suivant :

En mesurant « a » (par exemple avec un accéléromètre), si l'on connaît « V », alors on peut en déduire la vitesse angulaire Ω .

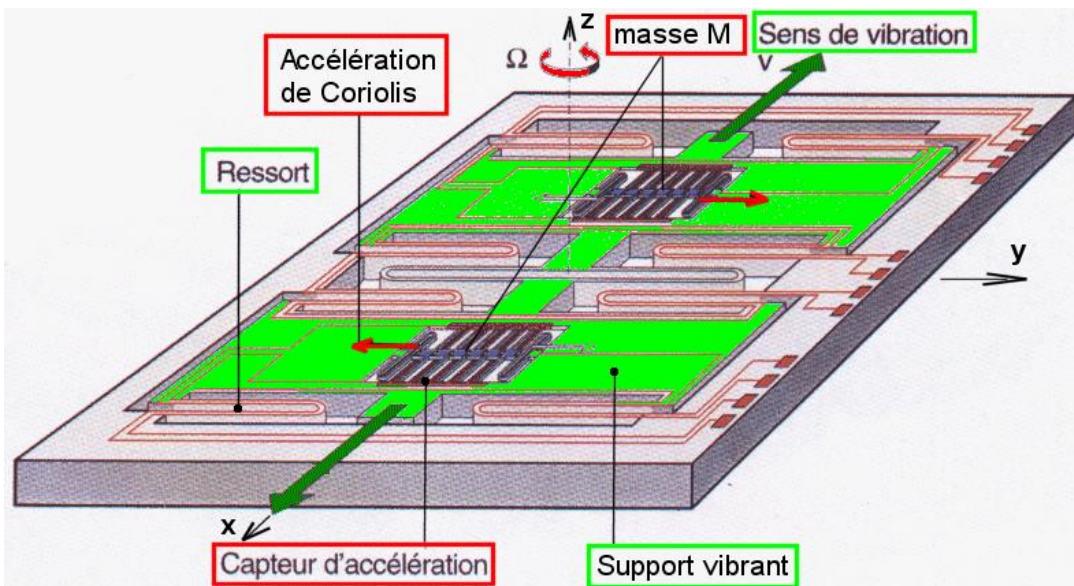


Remarque : Il existe aussi une accélération dite « centrifuge » qui s'exerce dans la direction X, et qu'il n'est pas nécessaire de prendre en compte dans cette explication.

Remarque : Une explication intuitive de cette accélération de Coriolis peut être fournie en considérant que le mobile doit subir une vitesse tangentielle de plus en plus importante lorsqu'il s'éloigne de l'axe de rotation ; donc pendant son déplacement à la vitesse V dans la direction X, il doit accélérer selon la direction Y.



Application au cas du gyromètre micro-usiné à peignes (MEMS)



Sur le croquis ci-dessus, deux capteurs d'accélération micro-usinés sont utilisés et placés dans la direction de mesure Y; leur masse sismique M constitue l'élément soumis à l'accélération de Coriolis.

Pour réaliser la mise en mouvement de ces masses dans la direction X, ces accéléromètres ont été installés sur un ensemble « support vibrant » qui se translate à une vitesse V; cette vitesse V est variable, mais connue à chaque instant.

La relation « $a = 2 \cdot \Omega \cdot V$ » s'applique toujours, mais les grandeurs a et V sont des grandeurs qui évoluent de manière sinusoïdale, ce qui nécessite un traitement électronique compliqué pour obtenir la valeur de la vitesse angulaire Ω .

MODELISATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU

ÉQUATIONS DE FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement d'un moteur à courant continu peut être modélisé par les équations physiques suivantes :

D'un point de vue électrique, l'induit peut être caractérisé par une résistance en série avec une inductance et une force contre-électromotrice, ce qui conduit à l'équation de maille :

$$u(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

D'un point de vue mécanique, l'équation du rotor en rotation conduit à :

$$J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) - f \cdot \omega_m(t)$$

Ce type de moteur répond aux équations électromagnétiques :

$$C_m(t) = K_t \cdot i(t) \quad \text{et} \quad e(t) = K_e \cdot \omega_m(t)$$

Terme	Signification	Unité
$u(t)$	tension d'alimentation du moteur	V
$e(t)$	tension de la fem	V
$i(t)$	intensité du courant	A
R	résistance de l'induit	Ω
L	inductance du bobinage	mH
J	inertie du rotor	kg.m^2
f	paramètre de frottement fluide (visqueux)	N.m.s
$c_m(t)$	couple moteur	N.m
$c_r(t)$	couple résistant éventuel (perturbation)	N.m
$\omega(t)$	vitesse de rotation de l'arbre du moteur	rad.s^{-1}
K_t	coefficient de couple	N.m.A^{-1}
K_e	coefficient de vitesse	V.s.rad^{-1}

HYPOTHESES SIMPLIFICATRICES FREQUENTES

- Les frottements secs et visqueux sont négligés.
- L'inductance de l'induit du moteur est négligée.
- $K_t = K_e$

REMARQUE IMPORTANTE

Dans les documents qui précisent les caractéristiques des moteurs, les constructeurs donnent $1/K_e$ et non pas K_e . Dans ces conditions et en respectant les unités, on vérifie aisément que $K_t = K_e$.

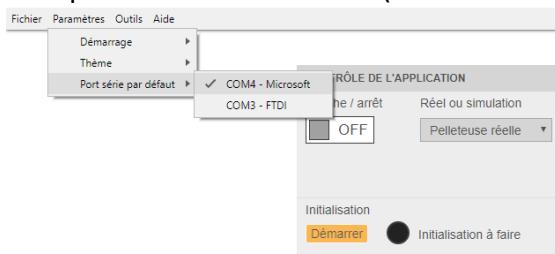
UTILISATION DU LOGICIEL

Mettre sous tension le stabilisateur. Les deux LEDs témoins de la présence de l'alimentation électrique doivent être allumées.

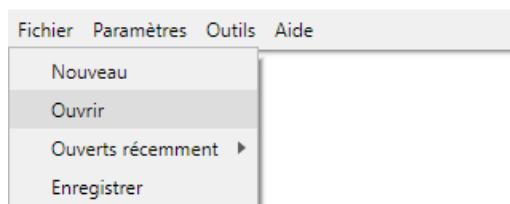
Placer le système sous mode de commande par joystick depuis le logiciel de commande **MyViz** (procédure décrite ci-après).

Mode joystick :

Vérifier que le port série est le port COM X – Microsoft (*de base COM 11 – Microsoft*)



Dans *Fichier / Ouvrir*, ouvrir le tableau de bord « **Stabilisateur_PriseEnMain.json** » disponible sur le site.

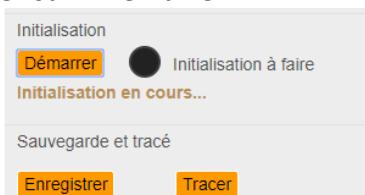


Choisir le stabilisateur réel en fonction de votre TP.

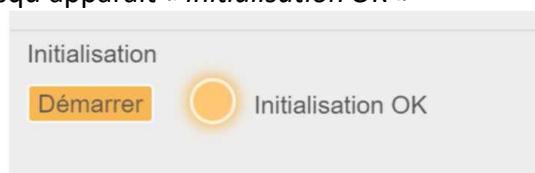
Mettre en position « *ON* » le commutateur de Marche/Arrêt



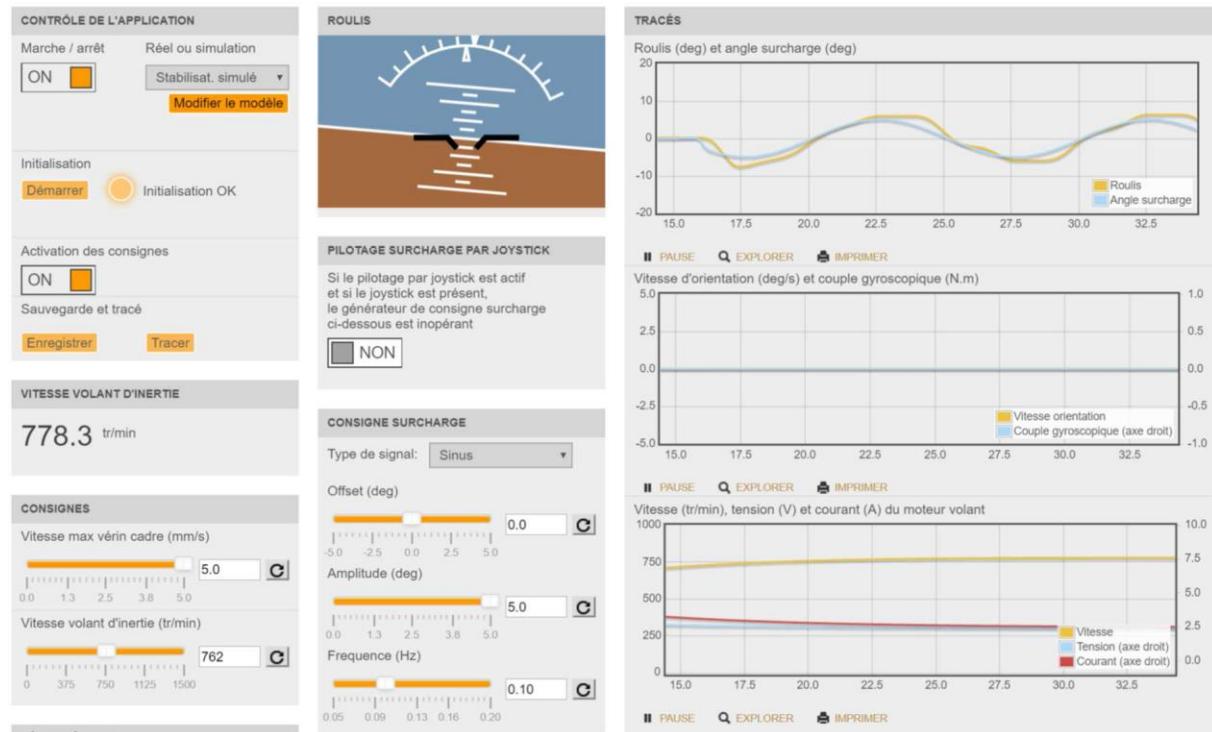
Quand le système est prêt, cliquez sur « *Démarrer* » :



Le démarrage est terminé lorsqu'apparait « *Initialisation OK* »



Il est maintenant possible de piloter le cadre stabilisateur avec le joystick.



Vue du tableau de bord de prise en main du stabilisateur

Régler la vitesse du volant d'inertie à 1500 tr/min (zone « *consignes* » du tableau de bord).

Imposer une commande en sinus d'amplitude 5° de la surcharge (« *consigne de surcharge* »).

Essayer désormais de stabiliser le bateau grâce au joystick qui commande la vitesse d'inclinaison du cadre.

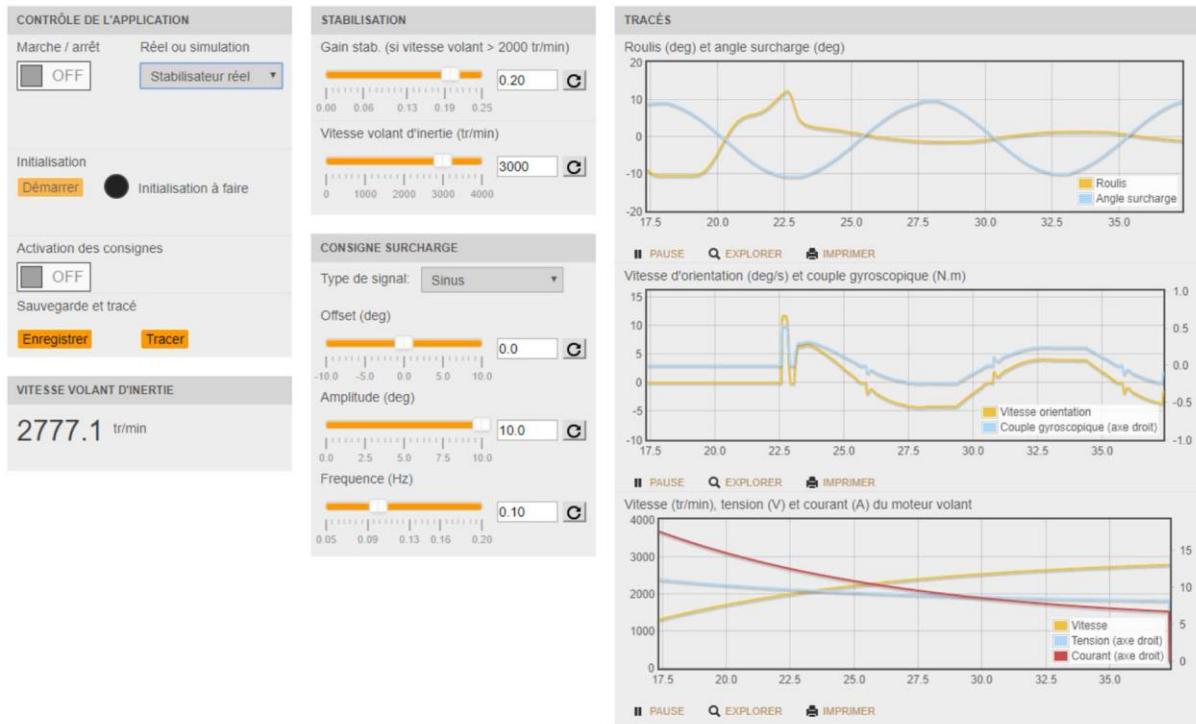
Sécurité :

Pour des raisons de sécurité, afin de ne pas créer un couple gyroscope trop important, la vitesse du volant d'inertie est limitée à 1500 tr/min contrairement au mode automatique où celle-ci peut atteindre 4000 tr/min.

De plus, si l'angle de roulis atteint une valeur limite qui ferait toucher le bateau sur la protection, le mouvement du cadre est stoppé.

Mode automatique :

Ouvrir le tableau de bord « **Stabilisateur_Automatique.json** » (disponible sur le site).



Ce tableau de bord permet de faire fonctionner le système en mode automatique (activation de la stabilisation lorsque le volant d'inertie tourne à plus de 2000 tr/min).

Exemple de manipulation :

1. Démarrer l'application, lancer l'initialisation et activer les consignes.
2. Spécifier un gain de stabilisation de 0.2 ou 0.25.
3. Spécifier une consigne de surcharge sinusoïdale d'amplitude 10 degrés.
4. Spécifier une vitesse de volant d'inertie de 3000 ou 4000 tr/min.

On observe alors, lorsque la vitesse du volant dépasse 2000 tr/min, une réduction des amplitudes du roulis d'un facteur 10 environ.

COMPLEMENTS SIMULATION SOLIDWORKS/MECA3D

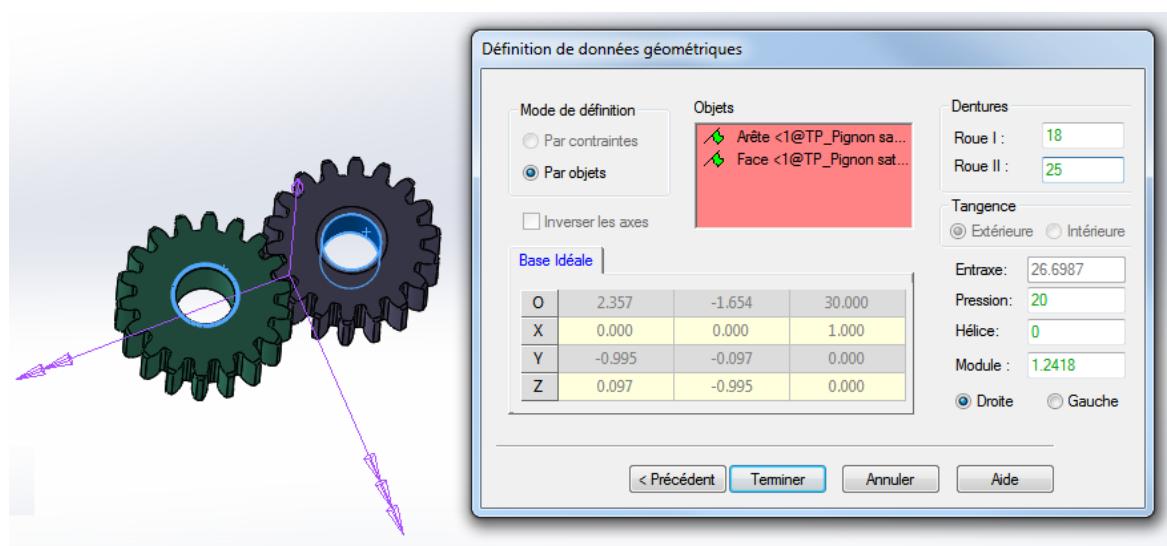
Compléments pour les liaisons engrenage :

Pour la liaison engrenage .

 Choisir les deux pièces qui engrènent.

 Pour les objets à sélectionner, il faut sélectionner l'axe de chaque roue dentée. Pour cela, il est possible de sélectionner soit une surface cylindrique soit un cercle, ayant pour axe celui de la roue sélectionnée. En maintenant la touche Ctrl du clavier, on peut sélectionner la surface sur la deuxième roue.

 Indiquer le nombre de dents de chaque roue et si nécessaire l'angle de pression et/ou l'orientation du pas.



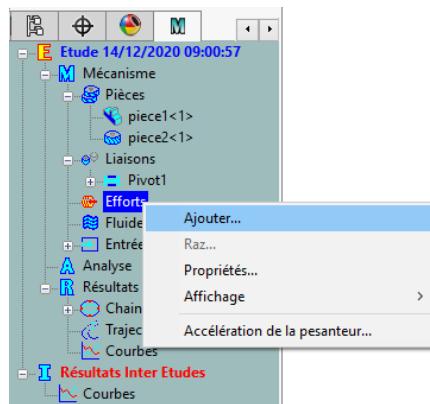
Remarque : La roue I correspond à la première pièce saisie.

Compléments pour l'étude statique/dynamique :

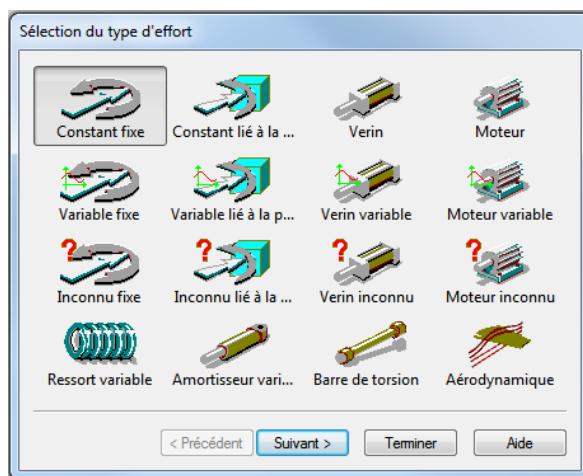
Ajouter un effort :



Cliquer (clic droit) sur « Efforts » puis « Ajouter... ».



Un menu apparaît. Il est possible de choisir parmi 16 Actions Mécaniques différentes.



Pour chacune, il est possible de :

- Donner la valeur de l'action mécanique entre deux pièces ou au niveau d'une liaison (Vérin ou Moteur).
- Rentrer une valeur variable issue d'une courbe préalablement rentrée.
- Chercher à déterminer la valeur d'une action mécanique (Vérin inconnu ou Moteur inconnu).

Remarque : Les actions mécaniques de type Vérin ou Moteur (mais aussi Ressort et Amortisseur) correspondent à des actions mécaniques entre deux pièces. Les autres actions mécaniques correspondent à des actions s'appliquant sur une seule pièce.

Pour résumer :

Si l'on souhaite en entrée :

- Une force → Vérin
- Un couple → Moteur

Si l'on souhaite déterminer en sortie :

- Une force (inconnue) → Vérin inconnu
- Un couple (inconnu) → Moteur inconnu

Analyse Statique/Dynamique :

Remarque : On vérifiera bien que le mécanisme est **isostatique**. Si tel n'est pas le cas, il est peut-être nécessaire de revoir la modélisation des liaisons dans notre mécanisme afin de le simplifier et/ou d'empêcher certains mouvements inutiles.



Lancer l'analyse.



Choisir le type d'étude : *Statique (ou Dynamique)*.



Choisir le mouvement pilote (entrée du système), la position d'origine et la position finale.



Lancer la simulation

Affichage des courbes d'effort :

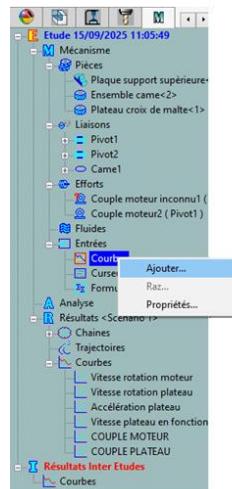
Pour afficher les courbes d'effort, cliquer (clic droit) sur « *Résultats <Scénario 1>* » puis cliquer sur le sous menu « *Courbes* » puis « *Simples ...* ». Sélectionner « *Efforts* ». Sélectionner la résultante et/ou le moment d'une liaison (selon les trois axes et leur norme) pour étudier sa variation au cours du mouvement.

Compléments pour un mouvement avec une courbe en entrée :

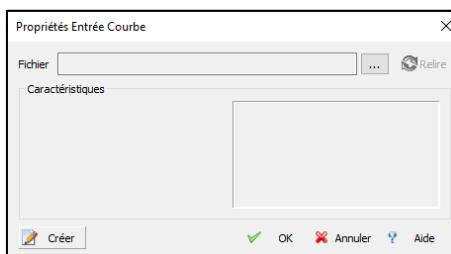
Ajouter une courbe en entrée :



Cliquer (clic droit) sur « Entrées » puis « Courbes » puis « Ajouter... ».

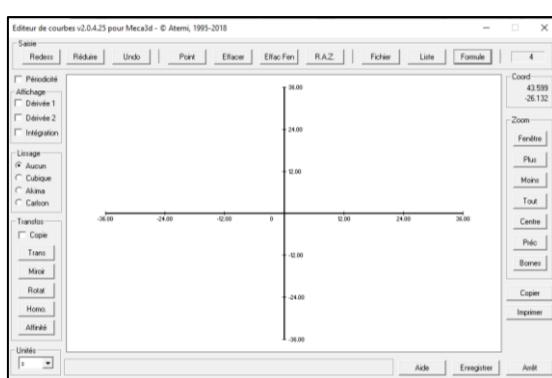


Une fenêtre apparaît. Il est possible de charger une courbe déjà faite ou d'en créer une nouvelle.



Cliquer sur « Créer ».

Une nouvelle fenêtre apparaît afin d'éditer la nouvelle courbe.

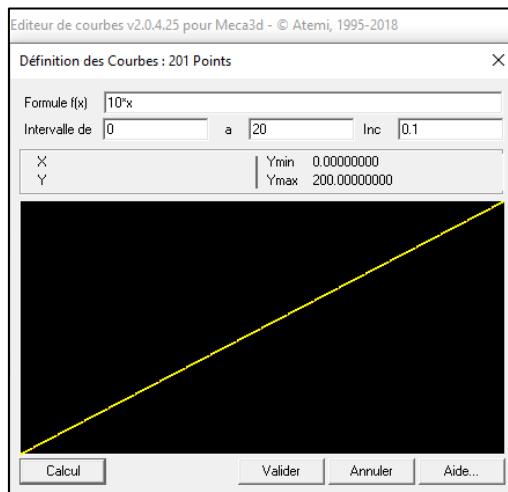


Il est possible de créer toutes sortes de courbes en utilisant les différents boutons présents sur la fenêtre.

Créer une courbe :

Cliquer sur le bouton « Formule » situé en haut à droite de la fenêtre.

Une nouvelle fenêtre pour définir la courbe apparaît.



Remplir la ligne « Formule f(x) » avec la fonction souhaitée



Remplir l'intervalle (et le nombre d'incrément) des abscisses sur lequel cette partie de courbe est définie.



Appuyer sur « Calcul » pour visualiser l'allure de la courbe.



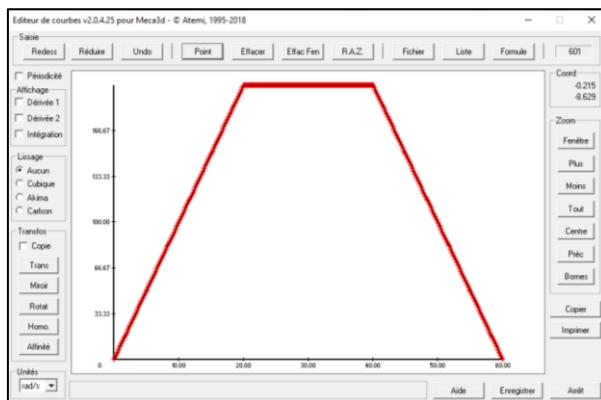
Appuyer sur « Valider » pour valider la courbe sur l'intervalle défini.

Remarque : Une courbe complexe peut se faire en plusieurs parties. Le logiciel permet de créer des courbes sur des intervalles qui sont à définir.



Répéter l'étape autant que nécessaire pour créer la courbe globale (créée à partir de parties de courbes sur des intervalles).

Une fois la courbe globale réalisée, le logiciel trace la courbe sur la fenêtre de l'éditeur de courbe.



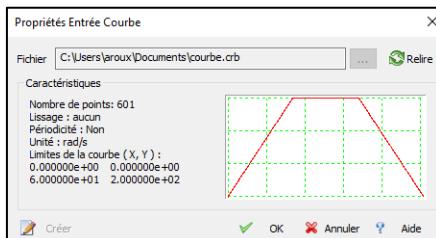
Selectionner les unités sur le menu « Unités » en bas à gauche afin que la grandeur soit considérée correctement dans la suite de l'étude.

Remarque : Si l'on souhaite modifier la courbe, il suffit de rentrer de nouveau une formule sur l'intervalle sur lequel on souhaite modifier la courbe. Les modifications seront ensuite faites automatiquement.



Appuyer sur le bouton « Enregistrer » pour sauvegarder la courbe tracée.

La courbe est maintenant tracée sur la fenêtre « Propriétés Entrée Courbe »



Valider la courbe en appuyant sur « OK ».

La courbe apparaît dans l'arborescence (*Courbe1*) dans la partie « Entrées » puis « Courbes ».

Remarque : Il est possible de sauvegarder cette courbe pour l'utiliser dans une autre étude par exemple.

Remarque : Les unités de la grandeur tracée peuvent également être vérifiées sur cette fenêtre.



Lancer l'analyse.



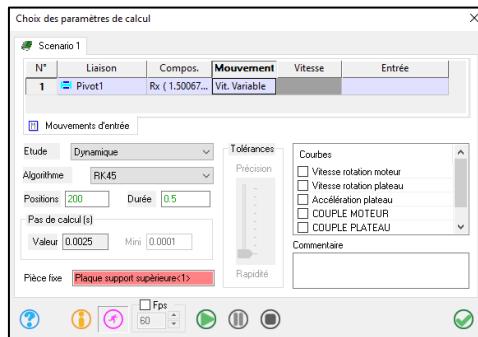
Choisir le type d'étude : *Cinématique, Statique ou Dynamique*.



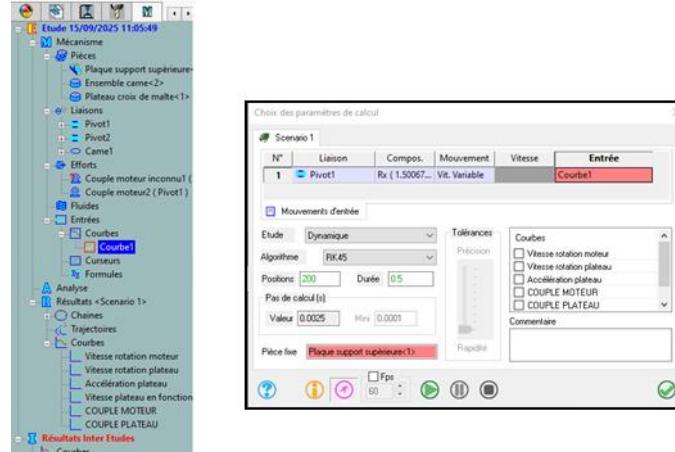
Choisir le mouvement pilote (entrée du système).



Choisir « Vit. Variable » pour le type de « Mouvement ».



Cliquer sur la case « Entrée » puis cliquer dans l'arborescence sur la courbe d'entrée créée (*Course1*).



Compléter les autres paramètres de calculs sur la fenêtre.



Lancer la simulation.