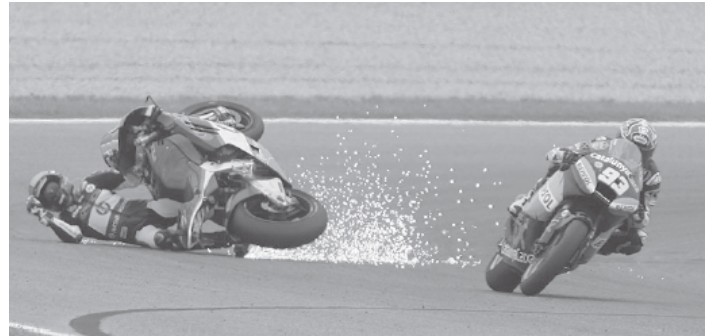


TD Cinématique : Simulateur de moto (INP PSI 19)

MISE EN OEUVRE DU ROULIS SUR UN SIMULATEUR DE MOTO

Les usagers de deux-roues motorisés sont soumis à un risque accru d'accidents en comparaison aux autres catégories d'usagers.

Dans le but de réduire ce risque, la simulation de conduite offre une nouvelle opportunité pour appréhender le comportement des conducteurs dans un cadre sécuritaire et constitue un outil alternatif pour la formation à la conduite.



Les usagers de deux-roues motorisés sont soumis à un risque accru d'accidents en comparaison aux autres catégories d'usagers. Dans le but de réduire ce risque, la simulation de conduite offre une nouvelle opportunité pour appréhender le comportement des conducteurs dans un cadre sécuritaire et constitue un outil alternatif pour la formation à la conduite.

L'objectif de la simulation de conduite est de stimuler le conducteur afin de donner l'illusion d'une conduite sur un véhicule réel. Cette illusion est un phénomène complexe qui met en jeu les capteurs proprioceptifs de l'être humain¹, notamment ceux des systèmes visuels, somesthésiques et vestibulaires.

I. Présentation du simulateur

Le simulateur « Ifsttar » (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) étudié est un simulateur à plate-forme mobile. Afin de restituer les sensations de mouvement aux utilisateurs du simulateur, trois degrés de liberté ont été privilégiés :

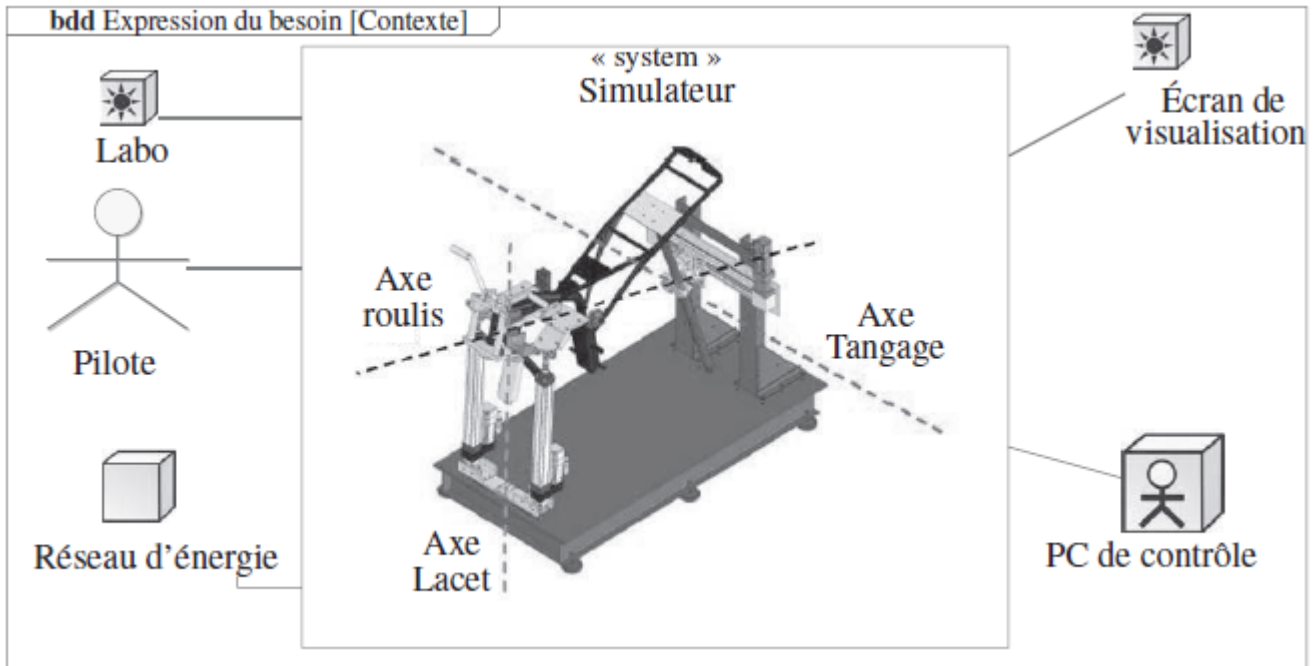
- ✓ Le roulis, c'est le mouvement le plus important dans la dynamique de la moto. Ce degré de liberté est essentiel à la stabilisation et au guidage du véhicule. Il intervient surtout dans la simulation de manœuvres de prise de virages, de slalom et de changement de voie.
- ✓ Le tangage, ce mouvement est utilisé pour restituer une partie de l'accélération longitudinale ressentie lors des phases d'accélération et de freinage, celui-ci étant accompagné d'un mouvement de plongée de la fourche.
- ✓ Le lacet, ce mouvement a été sélectionné spécifiquement pour reproduire le dérapage de la roue arrière de la moto comme dans le cas de situations classiques de danger.

La plateforme du simulateur se compose essentiellement d'un bâti métallique fixe et d'un châssis de moto mobile.

Les deux sous-systèmes « vérins avants » et « glissière arrière » permettent de générer les mouvements de roulis, tangage et lacet du châssis de la moto par rapport à la structure fixe.

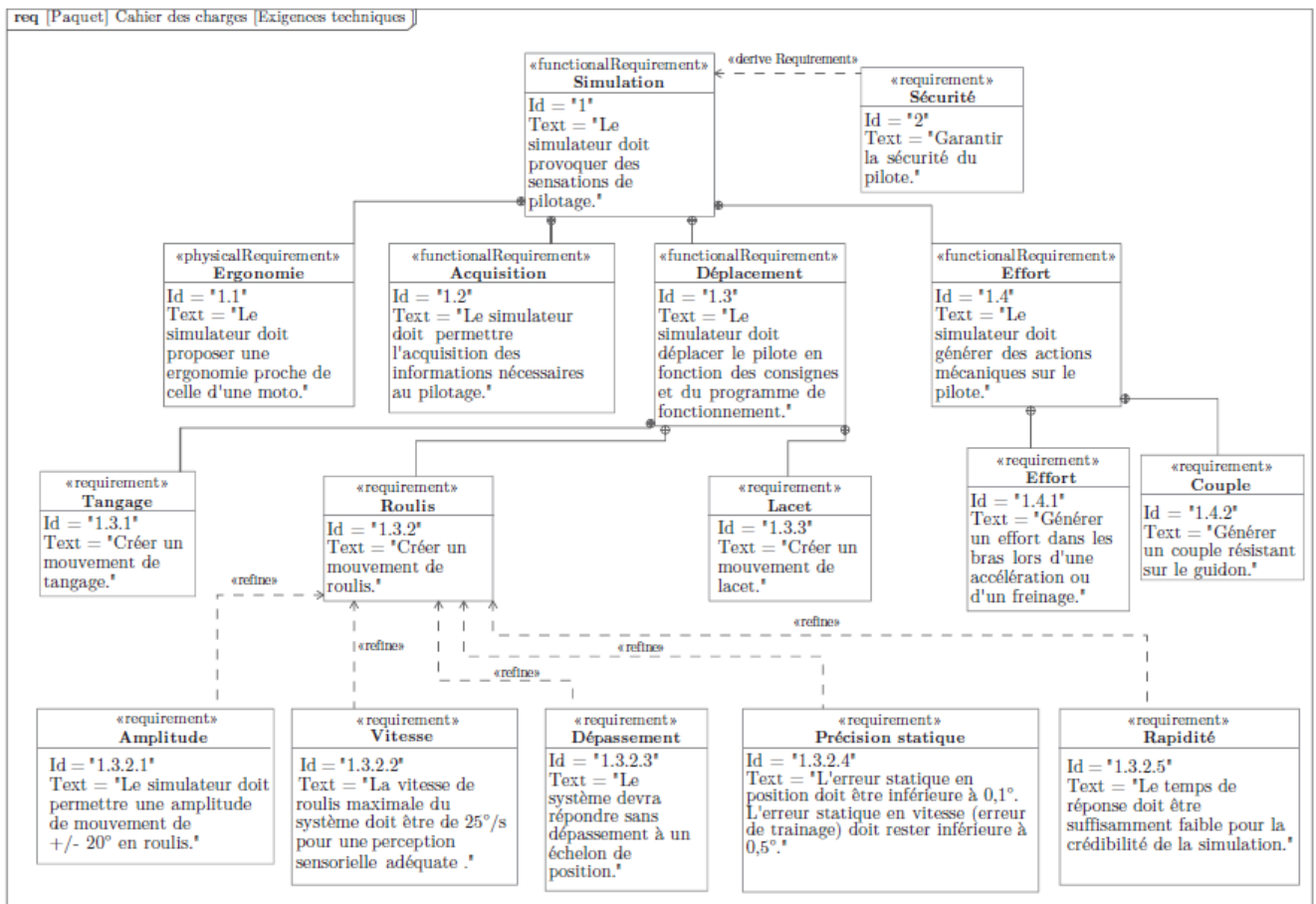
Le sous-système « liaison de symétrie » sert à imposer une contrainte de déplacement symétrique des deux pivots mobiles qui lient les deux vérins au bâti.





Deux systèmes de rendu d'effort sont installés sur le guidon. Le premier crée un déplacement linéaire du guidon par rapport à la selle afin de donner l'illusion des effets dynamiques d'une accélération ou d'un freinage. Le deuxième génère un moment sur le guidon afin de simuler les efforts résistants du contact pneu-sol lors d'une manœuvre.

Le diagramme des exigences suivant liste quelques performances attendues pour le système.



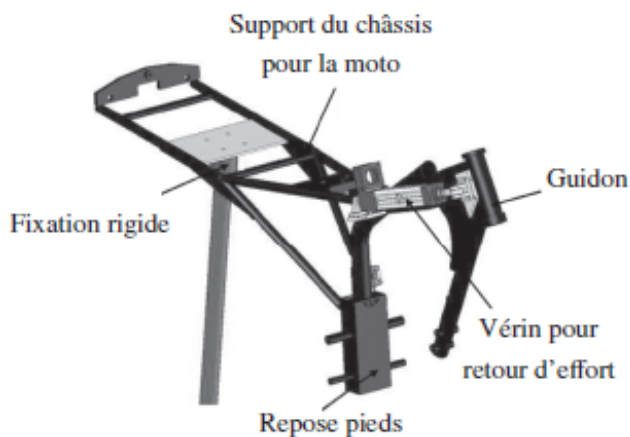
II. Mise en œuvre du roulis sur simulateur

Structure du simulateur

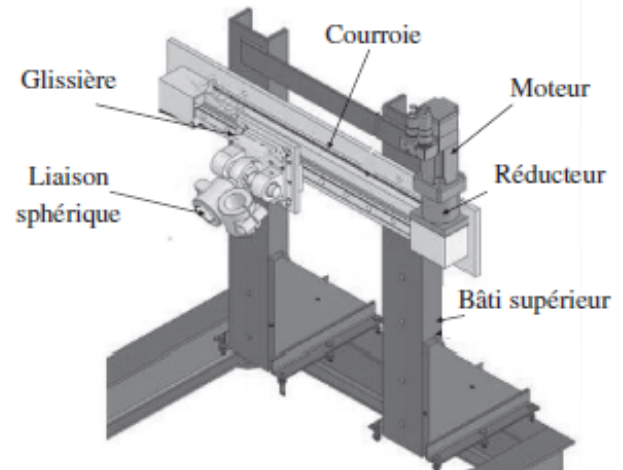
La cinématique retenue pour le simulateur est basée sur une structure articulée permettant trois degrés de liberté par l'intermédiaire de deux vérins linéaires asservis (figure c) et une glissière de type chariot mobile (figure b).

La plateforme du simulateur se compose d'une partie supérieure mobile (figure a) et d'un bâti métallique.

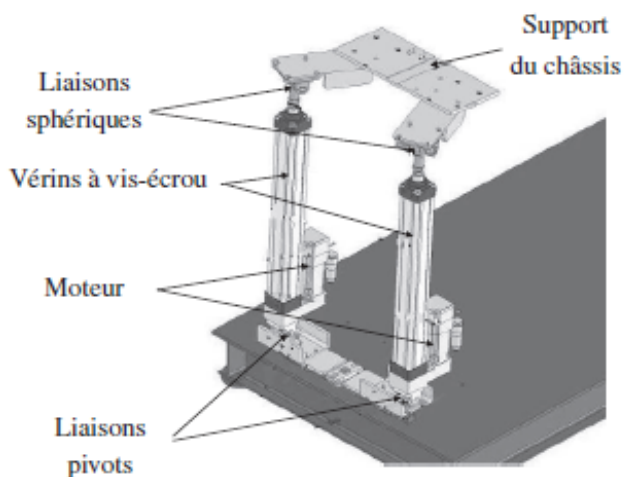
Enfin, un système mécanique (liaison de symétrie figure d) est développé pour imposer une contrainte de déplacement symétrique des deux pivots mobiles qui lient les deux vérins au bâti, laissant ainsi comme uniques mobilités au système les trois mouvements de roulis, tangage et lacet.



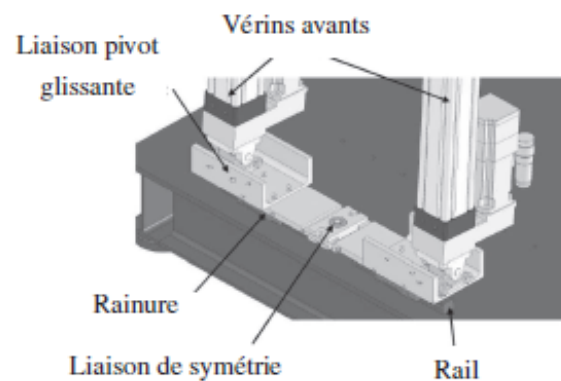
(a) Plateforme mobile



(b) Glissière



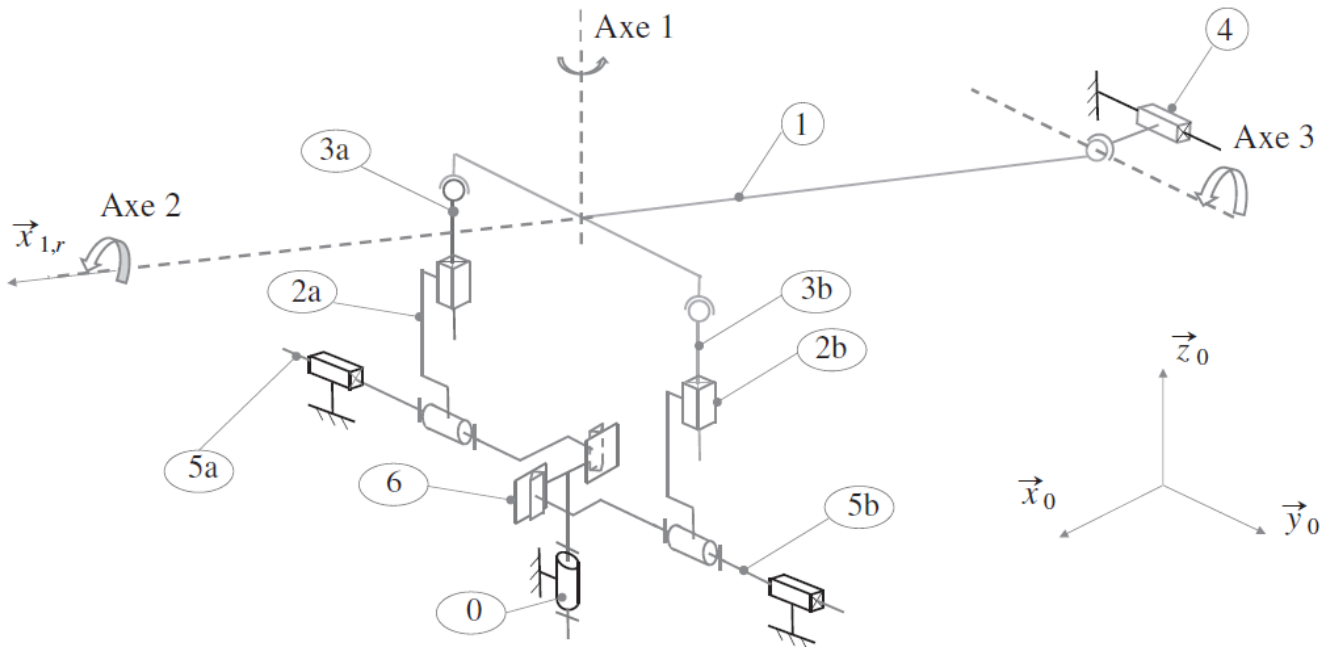
(c) Vérins linéaires



(d) Liaison de symétrie

Modélisation cinématique du simulateur

La cinématique du simulateur est illustrée par le schéma de la figure suivante.
 Le repère (0) est associé au bâti. Le repère (1) est associé à la plateforme mobile.
 On désigne par (2a) et (2b) les corps des vérins, (3a) et (3b) les tiges des vérins.
 Le chariot mobile sera noté (4). La « liaison de symétrie » est composée des pièces (5a), (5b) et (6).



Question 1

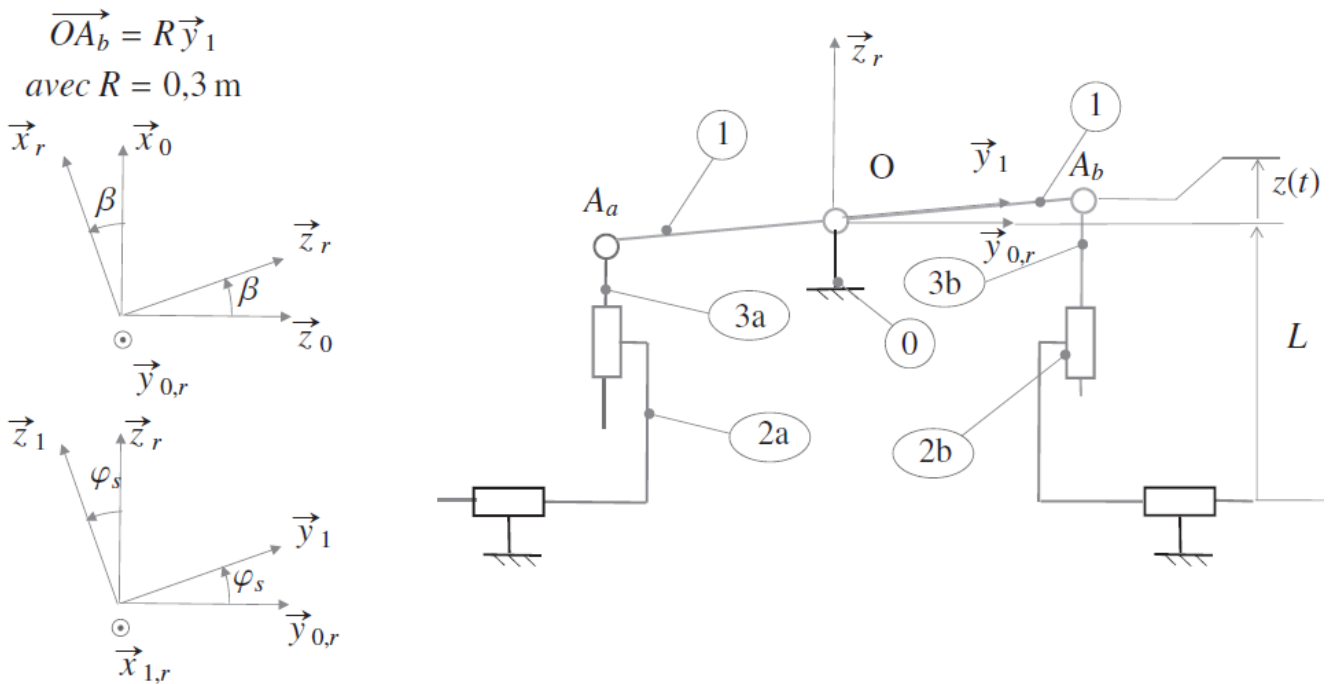
Compléter dans le tableau suivant le numéro des axes de roulis et tangage ainsi que le sens de déplacement des actionneurs pour obtenir un mouvement dans le sens direct (Noter X dans la case de l'actionneur si celui-ci n'est pas sollicité, + pour une sortie de tige du vérin et - pour une rentrée de tige du vérin).

Mouvement	axe	verin (2 _a 3 _a)	verin (2 _b 3 _b)	chariot mobile
Lacet	1	X	X	-
Tangage				
Roulis				

Question 2

Faire le graphe de structure, indiquer le nom et le degré de liberté des liaisons.
 Donner les mobilités du mécanisme.

Pour étudier la cinématique des actionneurs lors d'un mouvement angulaire de roulis, on utilise pour toute la suite du sujet un modèle plan simplifié du mécanisme représenté par la figure suivante, dans laquelle $\varphi_s(t)$ est l'angle de roulis de la plateforme (1) de la moto par rapport au châssis (0).



Question 3

Donner la relation entre l'allongement $z(t)$ du vérin et l'angle de roulis $\varphi_s(t)$.

En déduire la course Δz permettant de satisfaire l'exigence d'amplitude $Id = "1.3.2.1"$.

Linéariser la relation précédente.

Estimer en pourcentage l'erreur liée à la linéarisation.

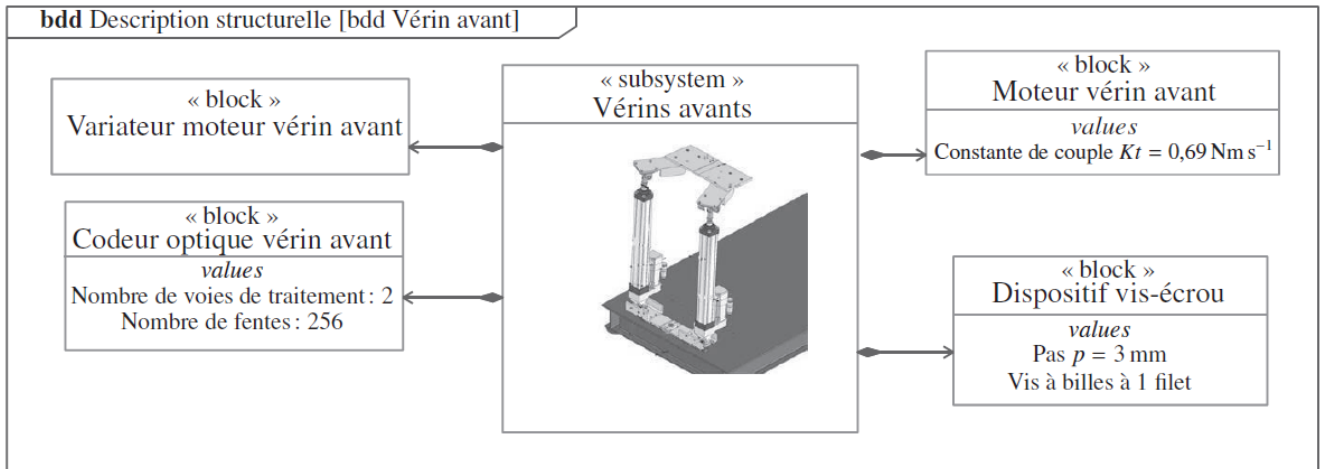
Donner la relation linéarisée entre la vitesse de translation de la tige de vérin et la vitesse angulaire de roulis. En déduire la vitesse de translation permettant de satisfaire l'exigence de vitesse $Id = "1.3.2.2"$.

Choisir les vérins (voir l'extrait de catalogue sur le tableau donné) qui permettent de valider les exigences sur l'angle et la vitesse angulaire de roulis.

Modèle	Course (mm)	Pas (mm)	Vitesse maxi (mm s ⁻¹)	Inertie rotor (g m ²)	Masse (kg)	Charge maximale (N)	Couple nominal (N m)
Vérin 1	75	2,5	210	11	2,9	3 336	1,3
Vérin 2	75	5	420	11	2,9	3 336	1,3
Vérin 3	150	2,5	210	13	3,2	3 336	1,3
Vérin 4	150	5	420	13	3,2	3 336	1,3
Vérin 5	250	2,5	210	15	3,4	3 336	1,3
Vérin 6	250	5	420	15	3,4	3 336	1,3

III. Pilotage des vérins de roulis

Modélisation de l'asservissement en position d'un vérin



Question 4

À partir du diagramme de définition de bloc du vérin avant, compléter la chaîne fonctionnelle suivante.

