

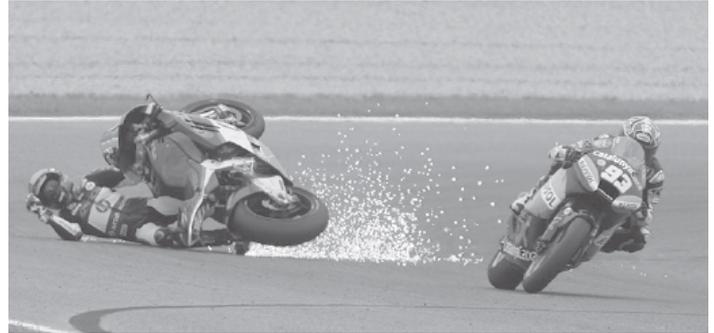
## Analyse des systèmes : Simulateur de moto (INP PSI 19)

### 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.

L'objectif de la simulation de conduite est de stimuler le conducteur afin de donner l'illusion d'une conduite sur un véhicule réel.



Concevoir un simulateur nécessite de faire des compromis entre la fidélité de la reproduction perceptive et le coût global de l'architecture proposée. Jouer sur la stimulation conjointe des différents systèmes de perception permet d'augmenter l'illusion de mouvement.

## 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.

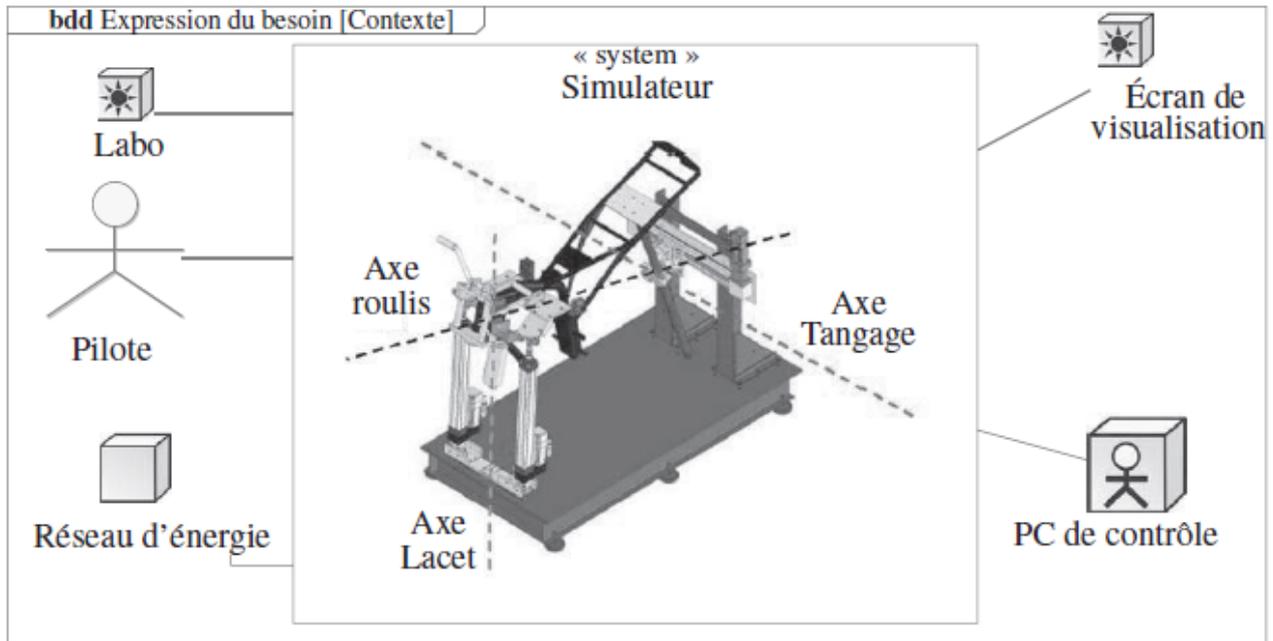
La plateforme du simulateur se compose essentiellement d'un bâti métallique fixe et d'un châssis de moto mobile.

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.

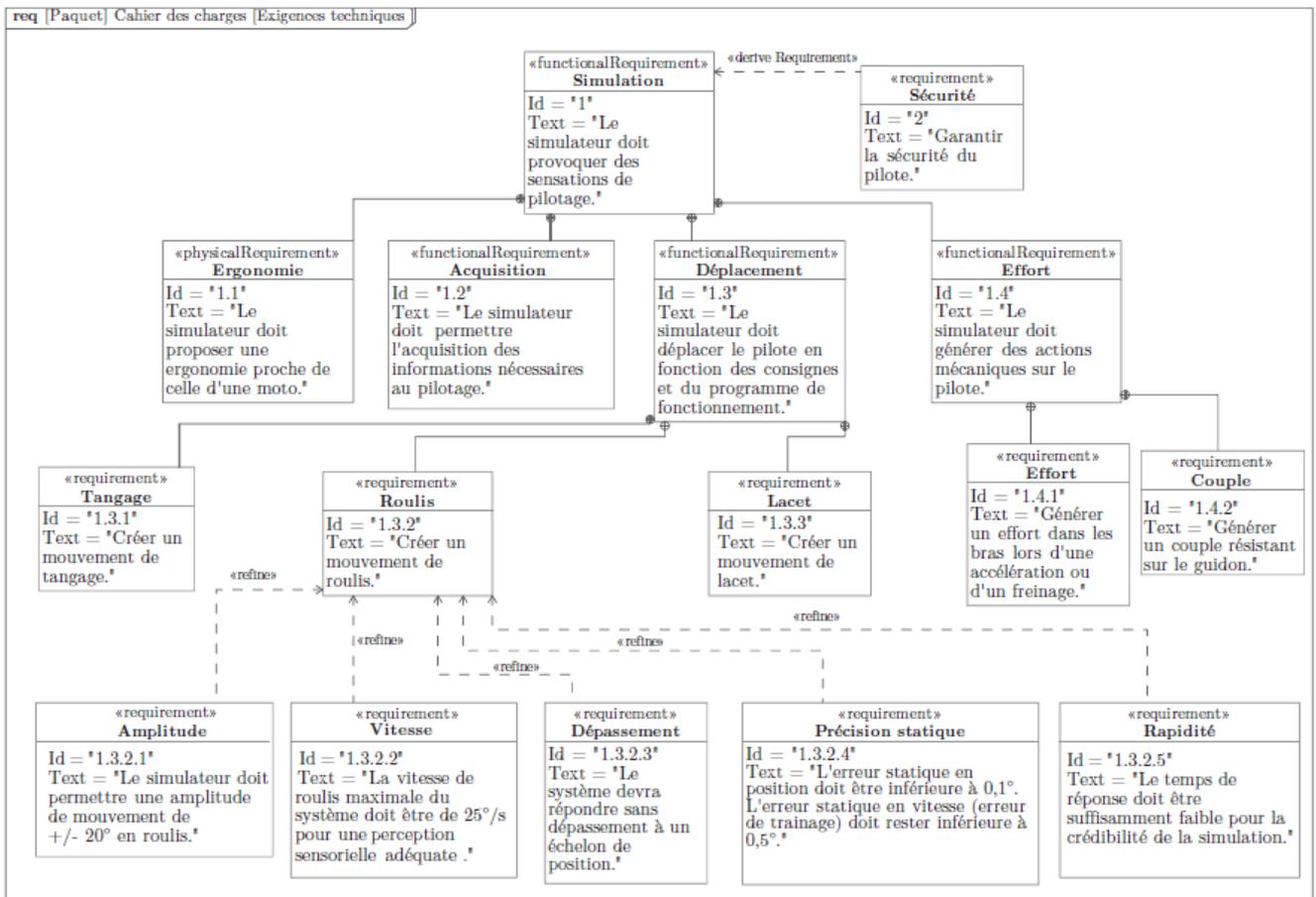
Le sous-système « liaison de symétrie » sert à imposer une contrainte de déplacement symétrique des deux pivots mobiles qui lient les deux vérins au bâti.



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.

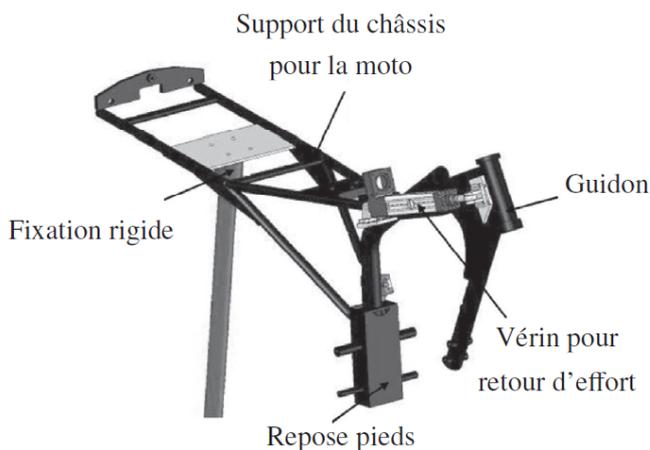


## II. Structure du simulateur

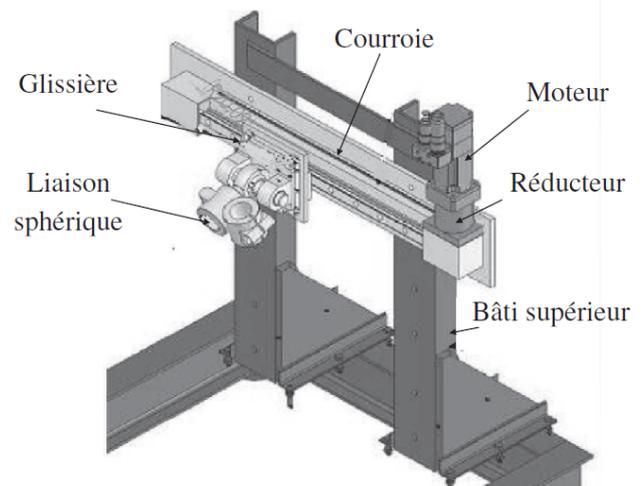
La cinématique retenue pour le simulateur est basée sur une structure articulée permettant trois degrés de liberté par l'intermédiaire de deux vérins linéaires asservis (figure c) et une glissière de type chariot mobile (figure b).

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

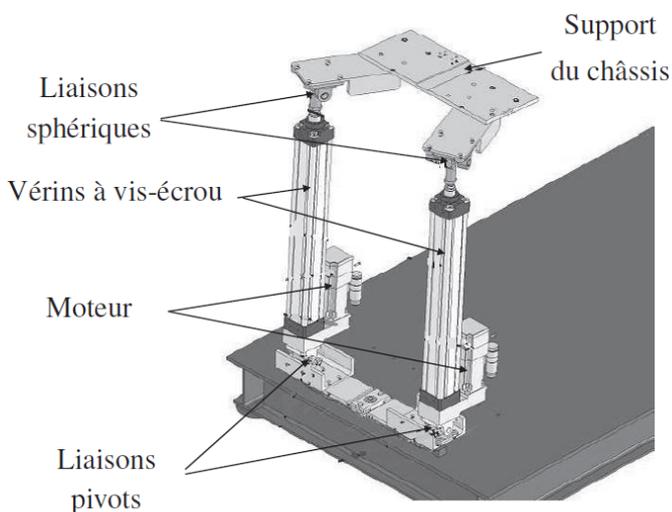
Enfin, un système mécanique (liaison de symétrie figure d) est développé pour imposer une contrainte de déplacement symétrique des deux pivots mobiles qui lient les deux vérins au bâti, laissant ainsi comme uniques mobilités au système les trois mouvements de roulis, tangage et lacet.



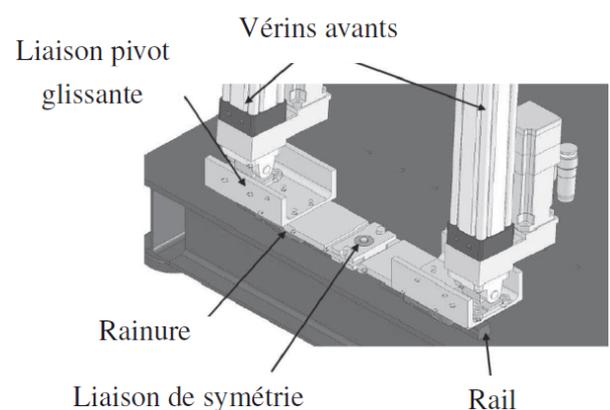
(a) Plateforme mobile



(b) Glissière



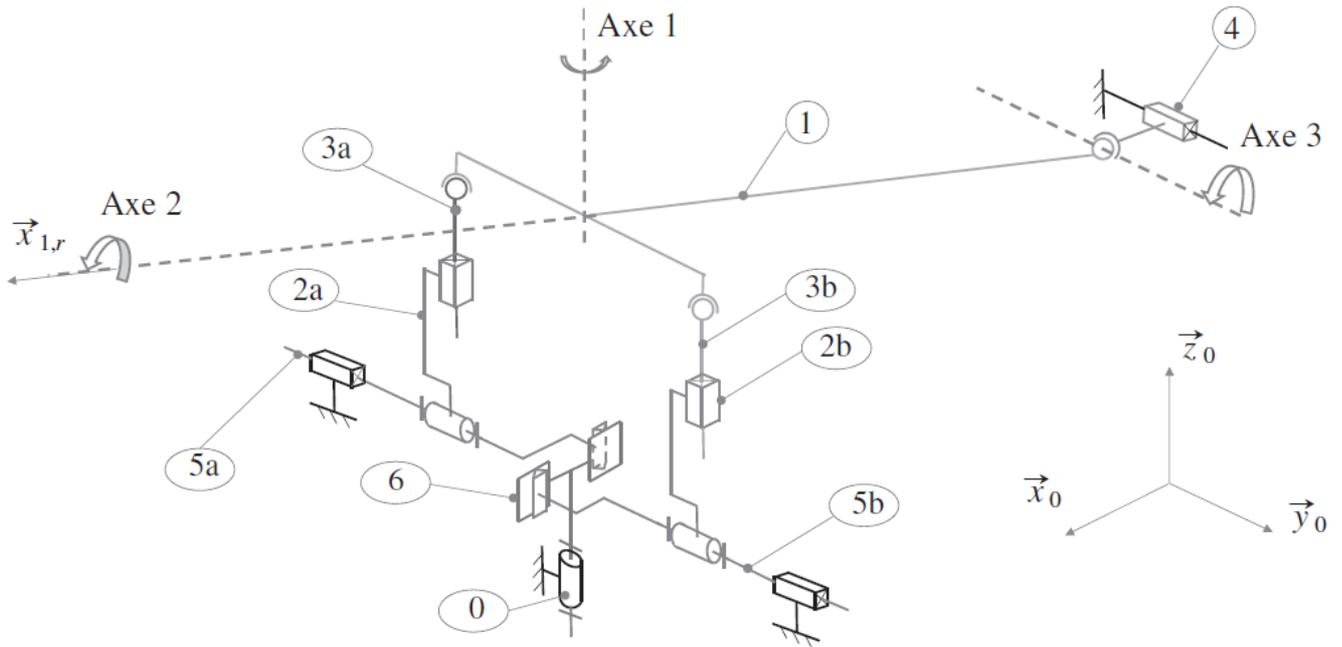
(c) Vérins linéaires



(d) Liaison de symétrie

### III. 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).

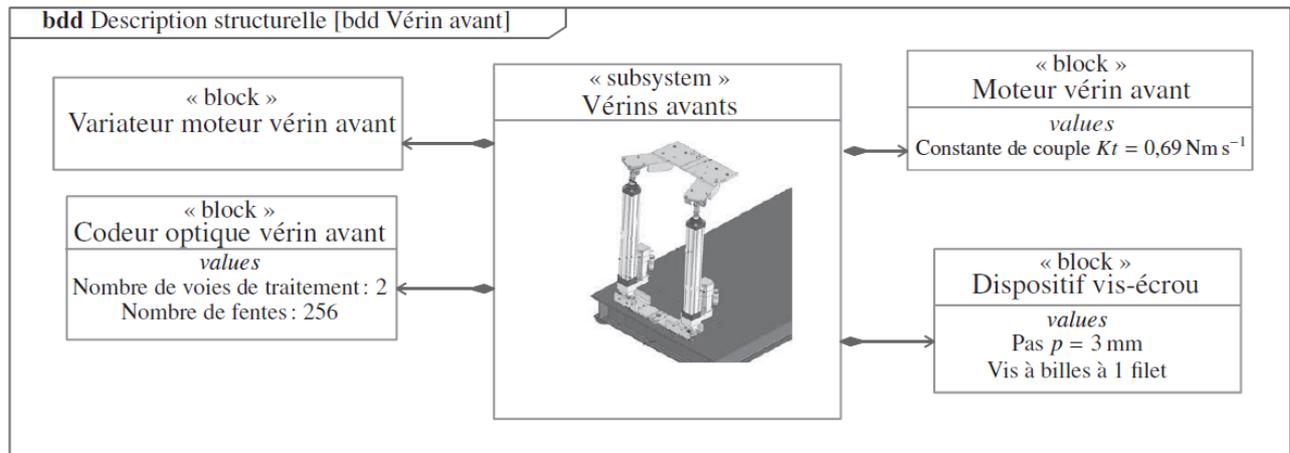


#### Question 1

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).

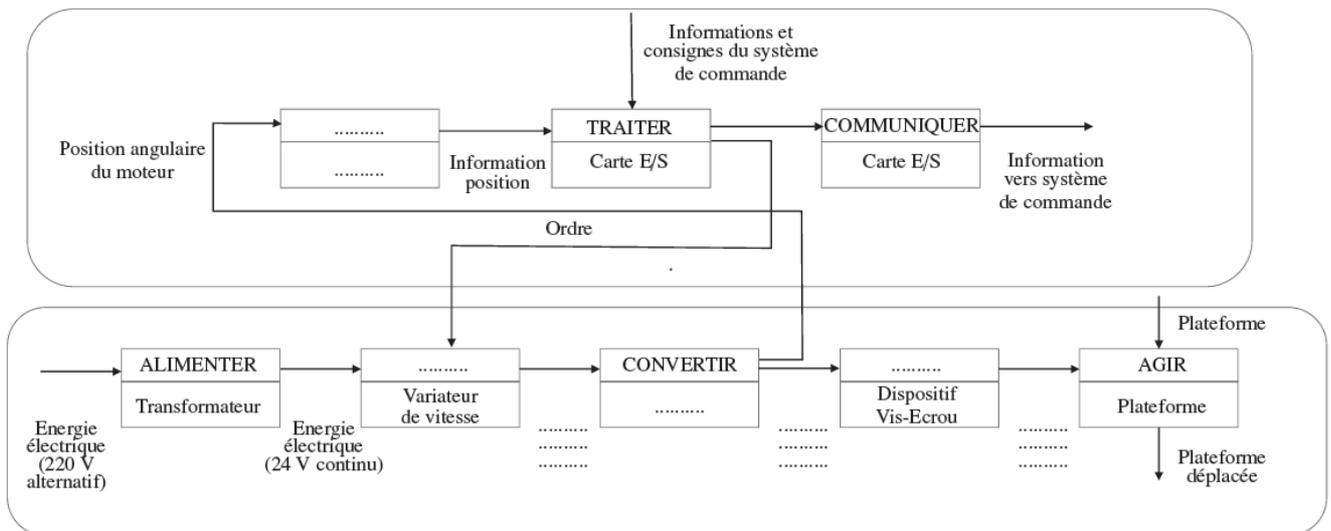
Mouvement	axe	verin (2 <sub>a</sub> 3 <sub>a</sub> )	verin (2 <sub>b</sub> 3 <sub>b</sub> )	chariot mobile
Lacet	1	X	X	-
Tangage				
Roulis				

### IV. Modélisation de l'asservissement en position d'un vérin



#### Question 2

À partir du diagramme de définition de bloc du vérin avant, compléter la chaîne fonctionnelle suivante (utiliser la chaîne fonctionnelle page 8).



Le simulateur est sollicité en roulis. On impose donc aux deux vérins des consignes de déplacement opposées.

L'angle de rotation du moteur  $\theta_m(t)$  est mesuré par un codeur optique.

L'image  $N_{mes}(t)$  de cet angle est comparée à une grandeur  $N_{cons}(t)$  image de la consigne de position  $z_c(t)$ . La conversion est réalisée par un adaptateur.

L'écart  $\varepsilon_{cons}(t)$  est corrigé par l'ensemble correcteur et variateur pour fournir l'intensité  $i(t)$  de commande au moteur animée d'une rotation d'angle  $\theta_m(t)$ .

L'ensemble vis-écrou à billes permet ensuite l'entraînement en translation de la tige de vérin à la position  $z(t)$ .

#### Question 3

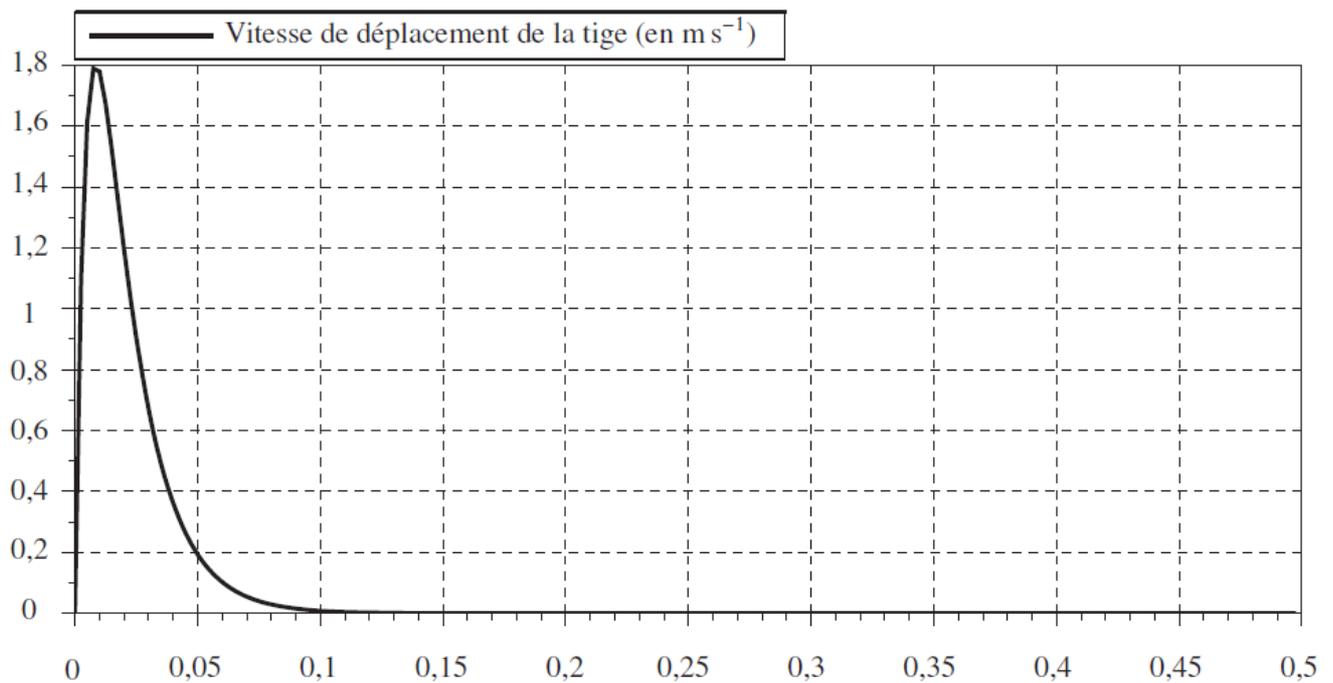
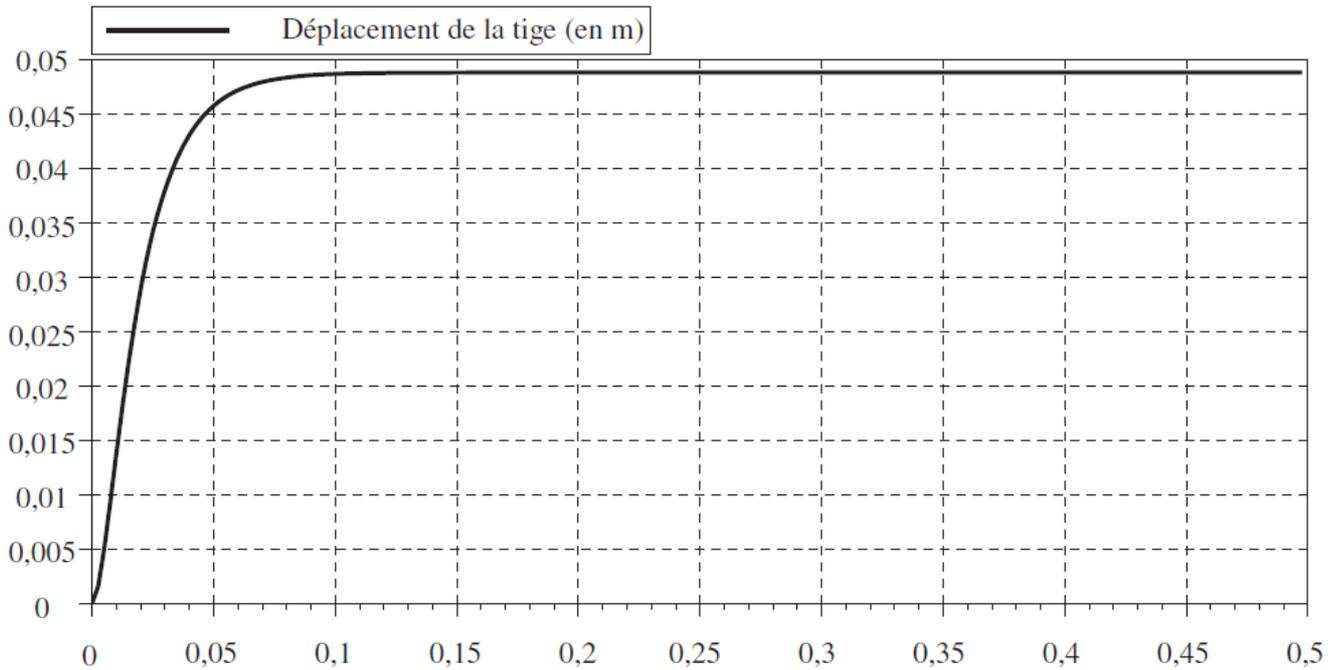
Représenter le schéma fonctionnel de l'asservissement en position d'un vérin.

## V. Performances de l'asservissement

On précise les exigences du cahier des charges :

- ✓ Stabilité : Stable, aucun dépassement.
- ✓ Précision : Erreur statique inférieure à 5%
- ✓ Rapidité : Temps de réponse inférieur à 0,1s.

On donne ci-dessous la réponse à un échelon de consigne de 0,05 m en fonction du temps.



### Question 4

Valider le respect des différentes exigences du cahier des charges par le modèle.