

## 1. CONTEXTE

Il est aujourd'hui possible de réduire les temps de parcours en train grâce à la grande vitesse.

Malheureusement, cette technologie nécessite la construction d'un réseau ferré spécifique et coûteux : les lignes à grande vitesse.

Si on accepte de rouler seulement à  $220 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , les voies classiques pouvant présenter des courbes d'un rayon de  $1200 \text{ m}$ , peuvent être utilisées par des trains à grande vitesse ce qui permet alors de limiter considérablement les investissements.

Cependant, des problèmes d'inconfort pour les passagers peuvent apparaître lors du passage à grande vitesse dans les courbes du tracé car le passager est alors soumis à une accélération transversale (accélération centripète).

Sur ligne classique, dans les courbes, la voie est posée avec un dévers dans les portions de courbe, c'est-à-dire que le plan des rails est incliné par rapport au plan horizontal (le rail extérieur est plus haut que le rail intérieur). De cette façon, si la courbe est parcourue à la bonne vitesse, la résultante de la pesanteur et de l'action de l'accélération centripète est perpendiculaire au plancher de la caisse. Le passager ne subit aucun inconfort.

Si la même courbe est parcourue à une vitesse plus importante, la résultante de la pesanteur et de l'action de l'accélération centripète n'est plus perpendiculaire au plancher de la caisse. Le passager doit alors compenser ce qui crée un inconfort.

L'idée consiste alors à incliner la caisse d'un angle supplémentaire pour que la résultante de la pesanteur et de l'action de l'accélération centripète reste perpendiculaire au plancher de la caisse. On parle alors de pendulation. Elle autorise, par inclinaison de la caisse autour de son axe longitudinal (angle d'inclinaison qui s'ajoute à l'angle de dévers) la diminution de l'accélération transversale ressentie par les passagers et permet ainsi un passage en courbe à une vitesse plus importante qu'un train classique pour le même niveau de confort.

La Figure 1 explique le rôle de la pendulation dans les courbes qui seraient abordées à vitesse élevée sur des voies classiques.

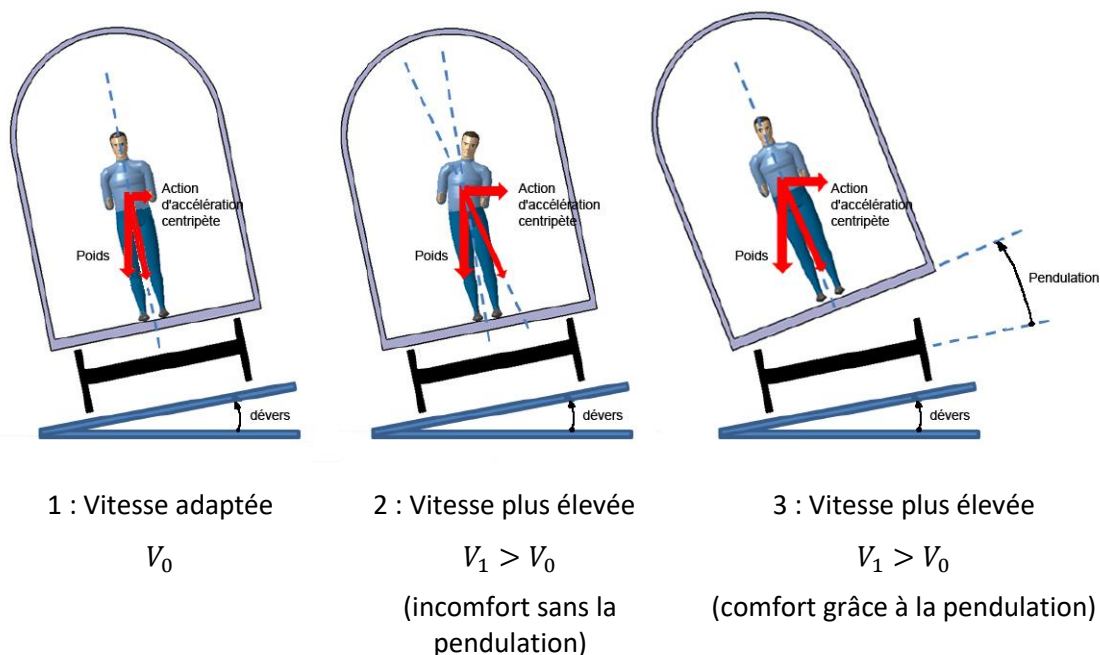


Figure 1 - Utilité de la pendulation

Une vue 3D du système de pendulation et sa modélisation sont données sur la Figure 2.

**Rem :** La caisse est posée sur la traverse de pendulation et non plus directement sur le bogie.

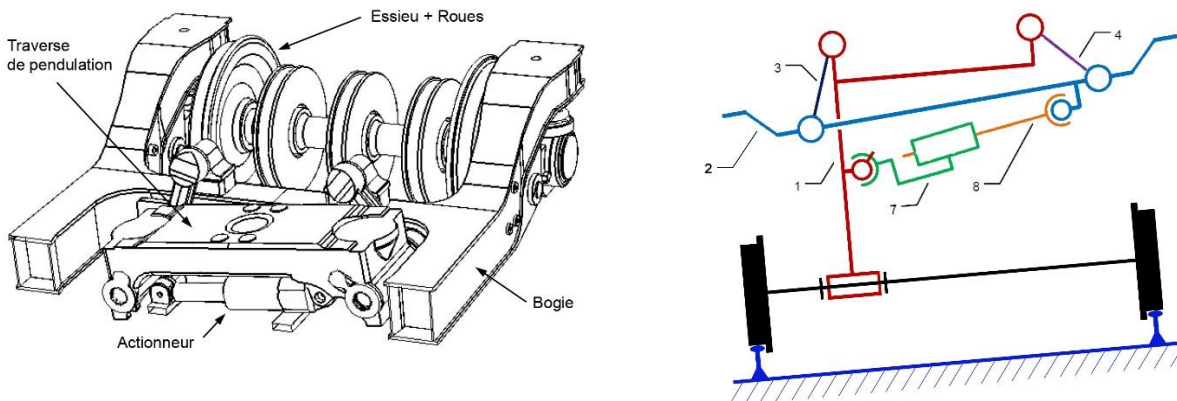


Figure 2 - Vue 3D du système de pendulation

Le cahier des charges du système de pendulation est donné partiellement par le diagramme d'exigences de la Figure 3.

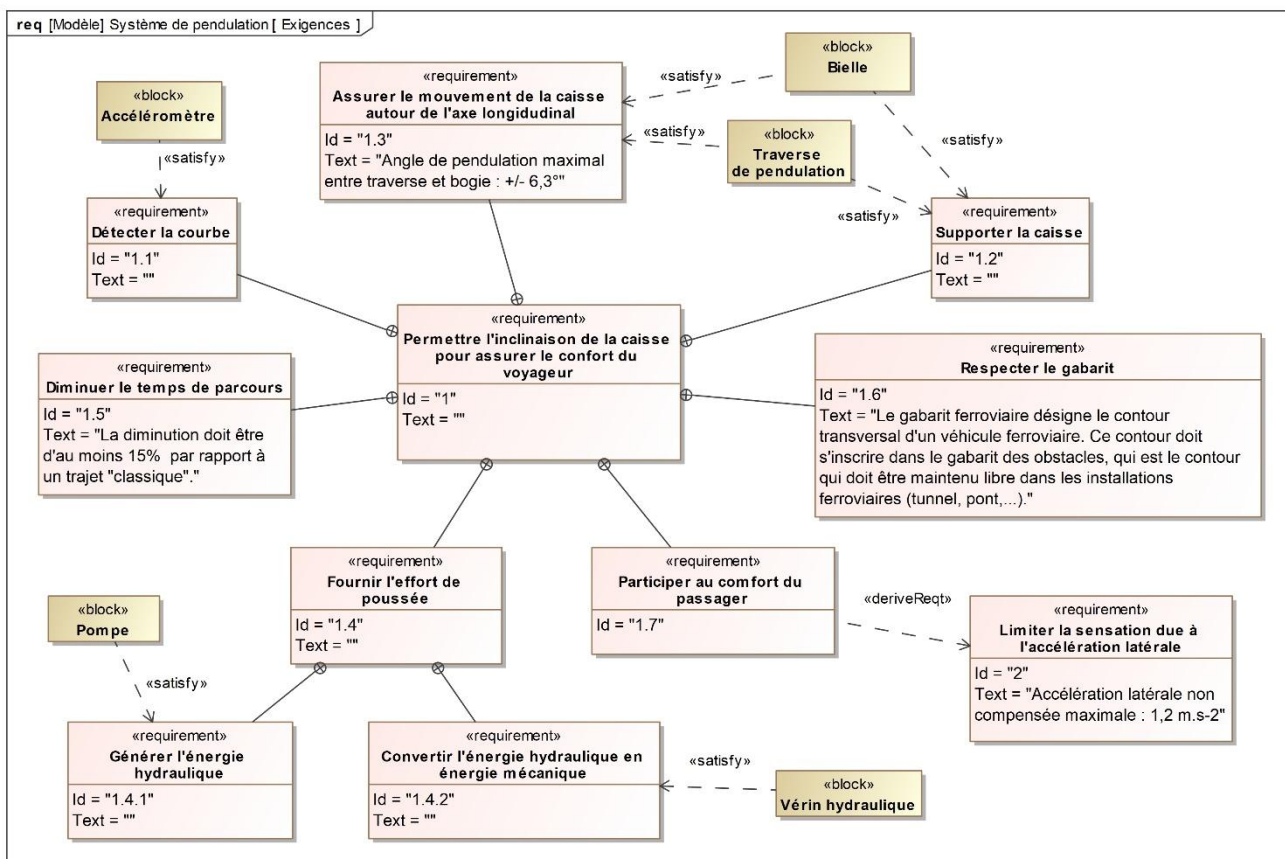


Figure 3 - Diagramme d'exigences

## 2. EXIGENCE 1.3 : ASSURER LE MOUVEMENT DE LA CAISSE AUTOUR DE L'AXE...

**Objectif :** fournir un modèle acausal d'un actionneur du système de pendulation afin de produire des simulations et observer le comportement de la caisse.

Le schéma de principe retenu est celui de la Figure 1Figure 4.

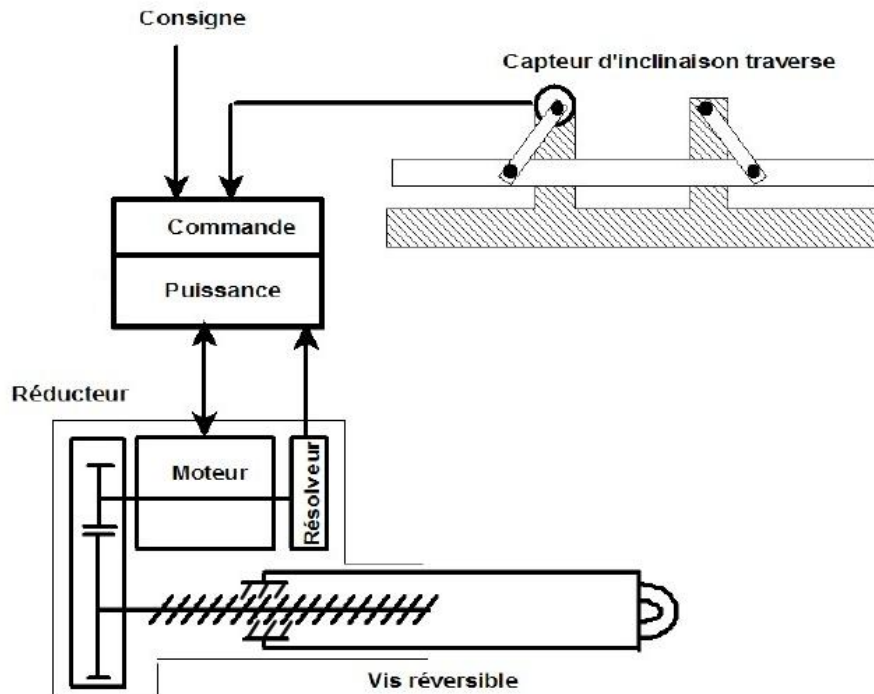


Figure 4 - Schéma de principe d'un actionneur du système de pendulation.

Du fait de composantes dynamiques importantes liées aux défauts de voie et à la vitesse importante du train, on considérera un effort maximal de poussée de l'actionneur à vitesse constante de  $F_{V \max} = 80 \text{ kN}$  pour une vitesse maximale de sortie de tige de  $v_{\max} = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

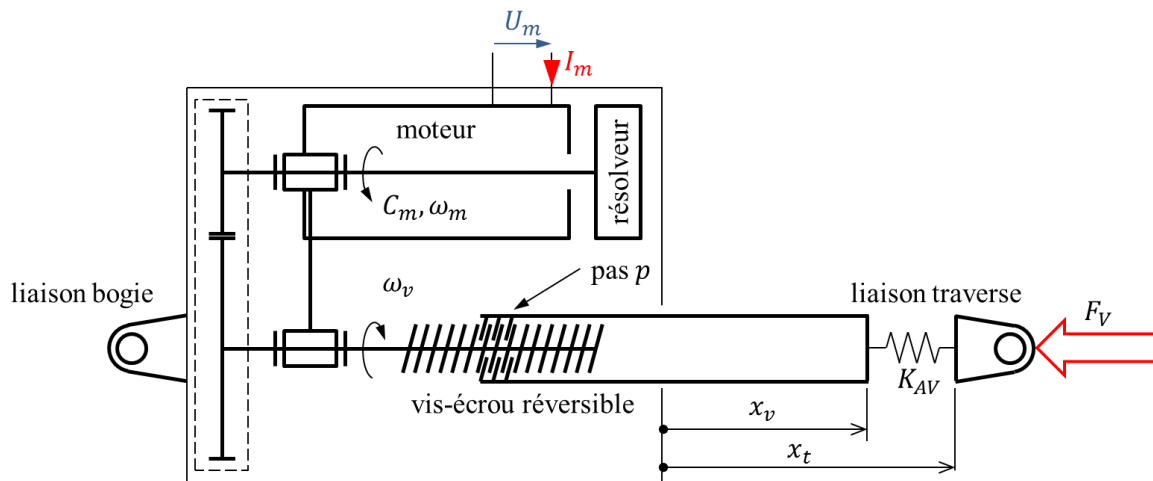


Figure 5 - Structure et paramétrage de l'actionneur électromécanique

<b>Moteur à courant continu</b>	
$C_m(t)$	Couple fourni par le moteur ( $N.m$ )
$\omega_m(t)$	Vitesse angulaire du moteur ( $rad.s^{-1}$ )
$U_m(t)$	Tension aux bornes du moteur ( $V$ )
$I_m(t)$	Intensité absorbée par le moteur ( $A$ )
$K = 1,9 N.m.A^{-1}$	Constante de couple du moteur
$K = 1,9 V.S.rad^{-1}$	Constante de fém du moteur
$R = 0,8 \Omega$	Résistance d'induit du moteur
$E(t)$	Force électromotrice du moteur ( $V$ )
$f_m = 0,01 N.m.s.rad^{-1}$	Coefficient de frottement visqueux du moteur
$J_{eq} = 11,6.10^{-3} kg.m^2$	Inertie équivalente ramenée à l'arbre moteur
<b>Réducteur</b>	
$N = \left  \frac{\omega_m(t)}{\omega_v(t)} \right  = 3,04$	Rapport de réduction du réducteur
$\eta = 1$	Rendement du réducteur
<b>Système vis-écrou</b>	
$\omega_v(t)$	Vitesse angulaire de la vis ( $rad.s^{-1}$ )
$x_v(t)$	Position de la vis ( $m$ )
$f_v = 0,182 N.m.s.rad^{-1}$	Coefficient de frottement visqueux du système vis-écrou
$p = 10 mm$	Pas de la vis (à droite)
<b>Attache côté traverse</b>	
$x_t(t)$	Position de l'attache côté traverse ( $m$ )
$F_V(t)$	Effort exercé par la traverse sur la tige de vérin
$K_{AV} = 5.10^7 N.m^{-1}$	Raideur de l'attache côté traverse ( $N.m^{-1}$ ) telle que : $K_{AV} = \frac{F_V(t)}{x_v(t) - x_t(t)}$

- 1.1. Elaborer le modèle acausal d'un actionneur en considérant que la raideur  $K_{AV}$  de la tige est infinie.
- 1.2. Soumettre le modèle acausal à un échelon de tension de  $350 V$  et observer les courbes de  $x_t(t)$  et  $i_m(t)$ .
- 1.3. Quelle durée  $T$  est nécessaire pour atteindre une course  $C = 140 mm$  correspondant à un angle de pendulation de  $\alpha_{max} = 6,3^\circ$ .