

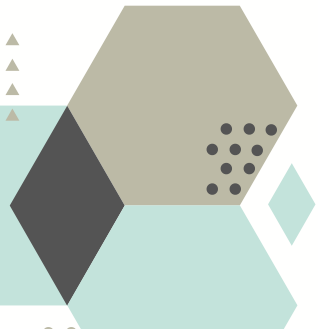
PROJET 4

ANALYSE DYNAMIQUE ET MODÉLISATION D'UNE VENDANGEUSE

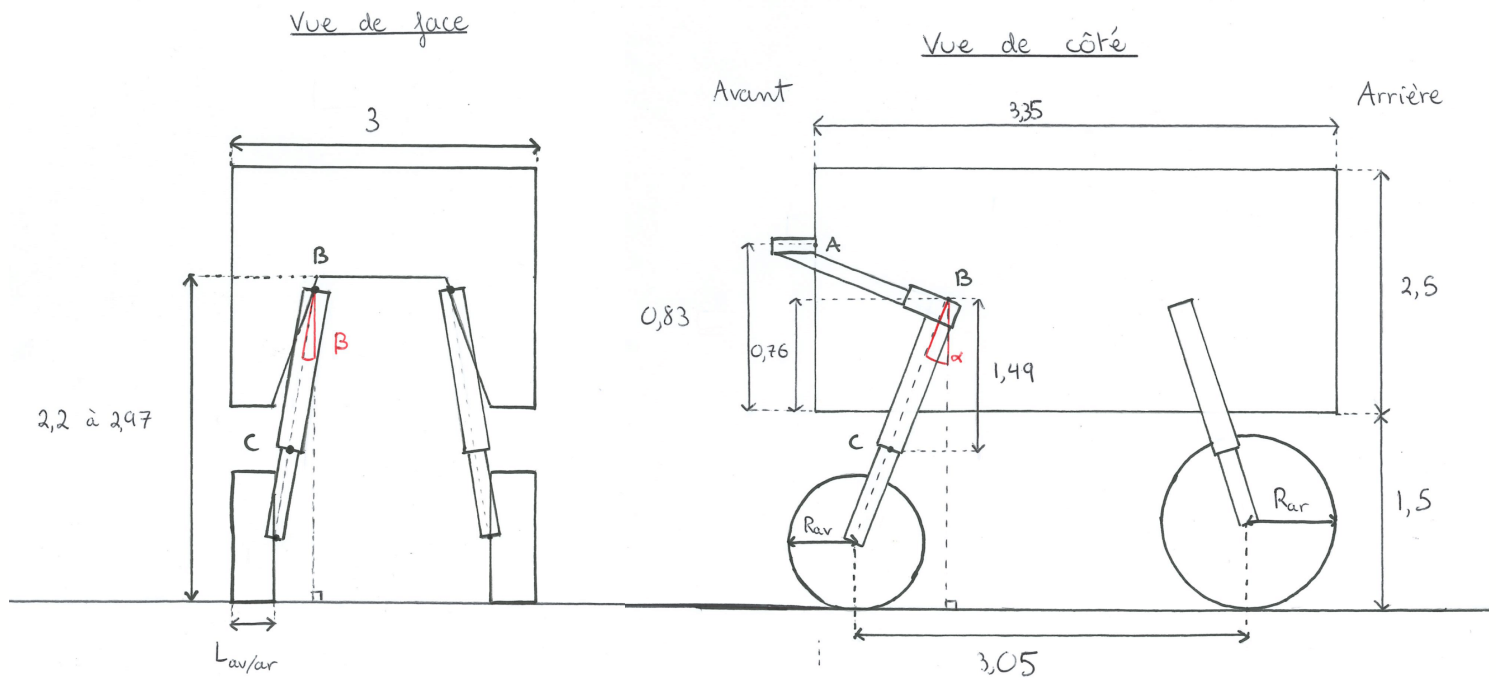
- Modélisation d'une vendangeuse fonctionnelle
- Impact du ballottement sur le véhicule
- Adaptation de la hauteur des vérins pour la mise à niveau du châssis
- Simulations de bosses sur le parcours du véhicule
- Modélisation d'une manoeuvre d'évitement

GROUPE 02

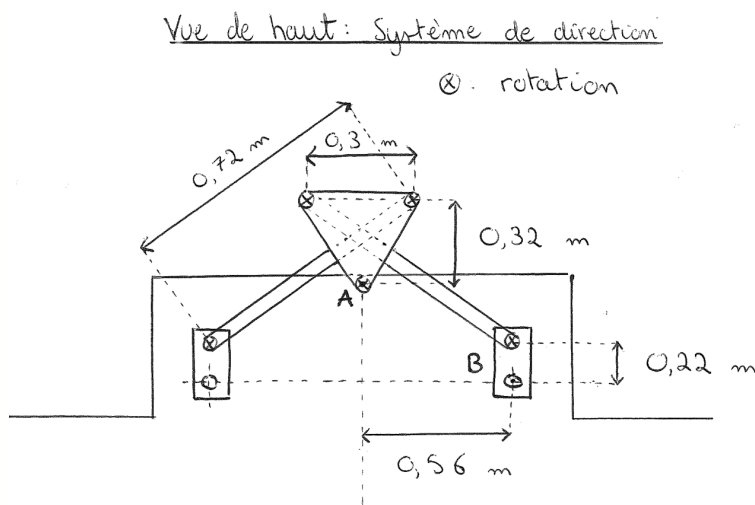
DORIAN BARRÉ
PIERRE CHALANT
AMAURY DESMETTE
NICOLAS GIOURGAS



Contexte et modèle



$$\alpha = 0.1419 \text{ [rad]} \text{ et } \beta = 0.1146 \text{ [rad]}$$



Voici les schémas du modèle de vendangeuse que nous avons utilisé dans nos simulations. La plupart des valeurs ont été trouvées soit dans les brochures du modèle 9090x sur le site web de New Holland, soit dans les schémas qui nous ont été donnés par New Holland eux-mêmes.

Toutes les dimensions si pas spécifiées sont en mètres. Et les dimensions des roues et vérins sont précisées dans le tableau plus loin.

Pour faire avancer notre véhicule nous faisons tourner les roues arrières, et pour le faire virer nous tournons simplement le triangle de direction selon l'axe de tangage qui fait tourner les tiges attachées à la boîte qui est attachée aux vérins avant et donc cela fait tourner les roues avant (voir Vue du haut : Système de direction).

Afin de modéliser le contact pneu sol, nous avons placé des capteurs sur chaque roue et ensuite nous avons appliqué le modèle de Bakker-Pacejka.

Pour certains objets comme le châssis, les roues, les vérins et le système directionnel, nous avons dû faire des approximations avec les informations limitées qui nous ont été données.

Contexte et modèle

	Masse[kg]	Largeur[m]	Longueur[m]	Hauteur[m]	Rayon [m]
Châssis	4000	3	3.35	2.5	∅
Roue avant	200	0.3	∅	∅	0.4
Roue arrière	300	0.4	∅	∅	0.6
Tige avant et arrière	100	∅	2	∅	0.1

Pour la masse du châssis, nous avons estimé que le poids moyen sans les réservoirs pleins était d'environ 4 tonnes. La hauteur et la largeur ont été trouvées dans la brochure, mais pour la longueur nous l'avons réduite de 6 à 3,35 mètres car à l'avant et à l'arrière il semblait y avoir beaucoup d'encombrement qui ne semble pas peser autant que le milieu. En l'absence d'informations réelles et étant donné que nous avons choisi les dimensions du châssis où la plupart de la masse était concentrée, nous avons estimé que choisir le centre du rectangle pour être notre centre de masse était une bonne approximation.

Pour le système hydraulique, nous avons trouvé la longueur des vérins, et avons décidé de sortir un peu les tiges des vérins afin de ne pas être à l'extrême minimum ou maximum. De plus, nous avons fixé l'angle des deux vérins, et seule la longueur des tiges change, ce qui modifie aussi proportionnellement l'empattement et la voie de la vendangeuse. Aux roues avant et arrière, nous avons des rotations selon R1 et R2 ce qui nous donne un petit degré de carrossage négatif et un peu de pincement. Nous avons également opté pour une masse totale de 100 kg par vérin.

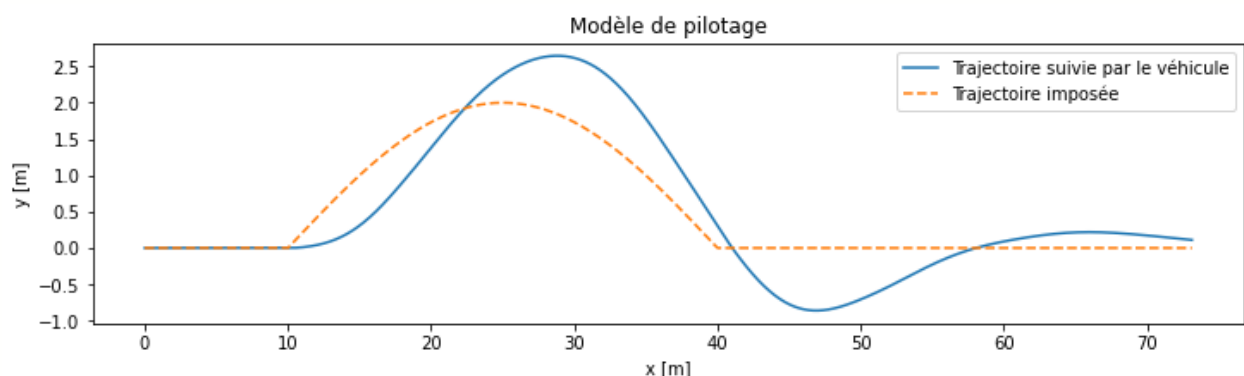
Pour les roues, nous avons plusieurs choix dans la brochure, donc nous avons choisi au hasard les modèles 420/70 R24 et les 480/70 R28 pour les roues avant et arrière respectivement. Pour ce qui concerne la masse, nous avons regardé le poids moyen des pneus de tracteur de leurs tailles respectives.

Pour les bennes, nous avons trouvé que la vendangeuse en a deux chacune avec une capacité de 2000L. Et d'après les vidéos, nous avons vu qu'elles se trouvaient au point le plus haut à l'arrière de la machine, et pour les dimensions nous avons approximé qu'elles étaient un rectangle d'un huitième du volume du châssis (soit environ 4 m^3), avec un centre de masse dans la partie supérieure arrière du châssis.

Pour calculer les matrices d'inertie, nous avons supposé que la forme du châssis était un rectangle, que le système hydraulique et les roues étaient des cylindres, et que le triangle du système directionnel était un cône.

Modèle de pilotage

Pour implémenter le modèle de pilotage, nous avons utilisé un algorithme de contrôle de la position qui commande l'angle imposé dans le système de direction en calculant l'erreur entre la position du véhicule et celle que nous voulons imposée. Cette erreur est ensuite modulée par un facteur multiplicatif qui a été trouvé expérimentalement afin de suivre au mieux la trajectoire. Vous pouvez vous voir ci-dessous la précision de l'algorithme pour une voiture qui roule à 20 km/h :



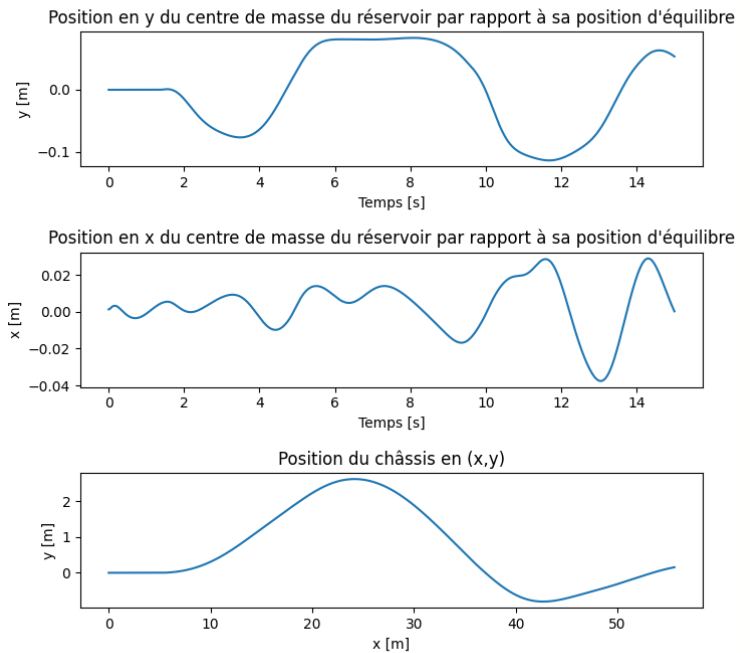
Résultats principaux

Modélisation du ballotement

Notre modèle de vendangeuse comprend une simulation de ballotement (ou 'sloshing' en anglais).

Afin d'implémenter ceci, nous avons ajouté un corps dans la partie arrière supérieure du châssis, représentant un seul réservoir de liquide d'une capacité maximale de 2500 L. Celui-ci est attaché au châssis par deux ressort (un dans la direction X, l'autre dans la direction Y). Créer et mettre en mouvement un corps séparé nous permet de simuler les modifications dans la position du centre de masse de la vendangeuse lorsqu'un liquide bouge dans son réservoir.

Ci-contre, un exemple de ce mouvement lorsque le véhicule entame une manoeuvre d'évitement d'une amplitude de 2m et que le réservoir est rempli à moitié (1250 L) à du 13.5km/h.



Le réservoir étant haut dans le châssis et son centre de masse se déplaçant dans le plan (x,y), le centre de masse total de la vendangeuse à de grands risques de sortir de sa zone de stabilité. Ces risques sont étudiés plus en détail dans la partie 'Explications et résultats complémentaires'.

Mise à niveau du châssis

Tout d'abord, la modélisation du ballotement a été enlevée pour réaliser les graphiques ci-contre.

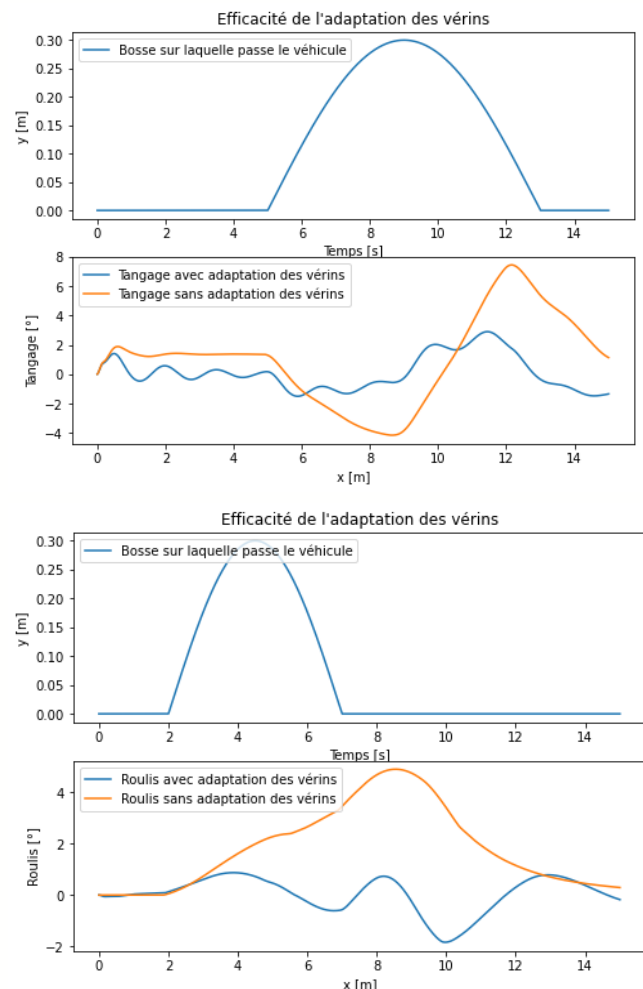
La longueur nécessaire à la mise à niveau du châssis est calculée continuellement en fonction de l'inclinaison de ce dernier et nous permet d'allonger ou rétrécir les vérins. Ces longueurs sont multipliées par un gain, afin de rendre la réaction des vérins adéquate. Un gain trop faible annihile la mise à niveau et un gain trop élevé rend le système instable.

Le premier couple de graphes représente l'équivalent d'une prise d'un dos d'âne par le véhicule. La même bosse prise sans le système de mise à niveau entraîne une inclinaison maximale de 8 degrés. Les oscillations avant 5 secondes sont dues à la mise à l'équilibre, puisque le châssis part d'une inclinaison nulle à son inclinaison naturelle qui est d'environ un degré.

La mise à niveau suivant l'axe de roulis a été testée en faisant passer uniquement les roues de gauche sur la bosse, celles de droite restant à hauteur nulle. Le lacet et tout mouvement suivant l'axe de tangage ont été bloqués. En effet, notre modélisation de contact pneus/sol est tel que la voiture glisserait en passant sur cette bosse.

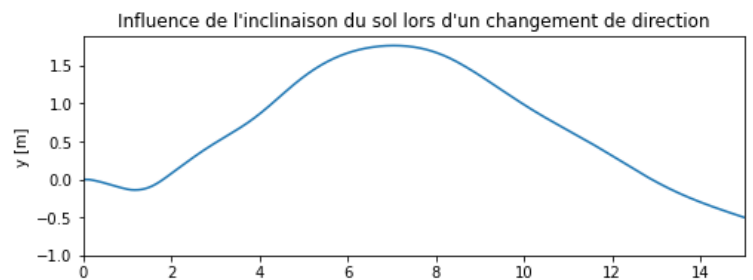
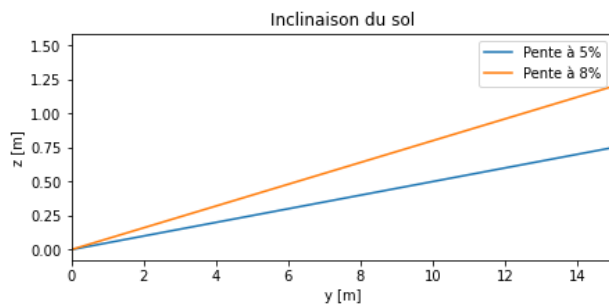
Le même essai sans le système engendre une inclinaison maximale de 5 degrés.

Une simulation plus longue a été effectuée afin de s'assurer que les oscillations du dernier graphique s'atténuent peu après, ce qui est bien le cas.

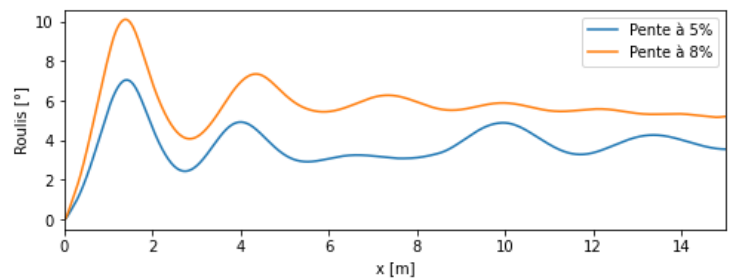


Explications et résultats complémentaires

Manoeuvre d'évitement pour différentes inclinaisons du sol



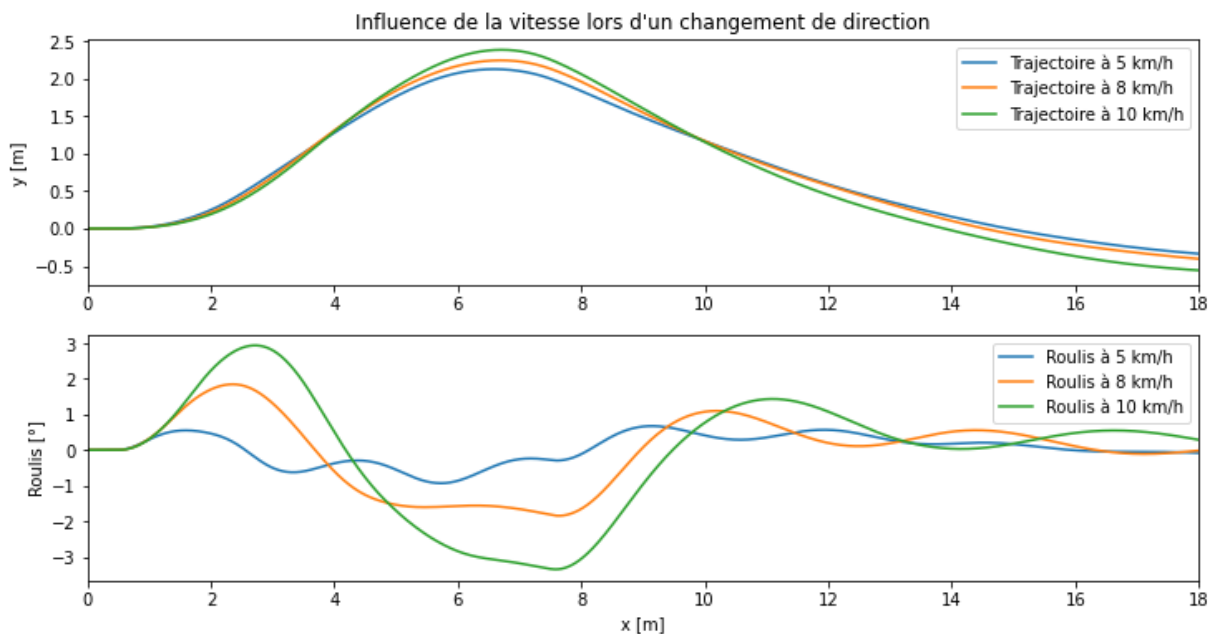
Nous avons testé un changement de direction de la vendangeuse pour une vitesse de 5km/h sur différentes inclinaisons de pentes. Le centre de gravité de la vendangeuse étant très haut, celle-ci se renverse pour une pente supérieure à 8%. Ce résultat prouve l'importance de pouvoir adapter la



longueur des vérins sur des sols inclinés. Les graphes

ci-dessus nous montrent le roulis de la vendangeuse pour 2 profils de sol. Nous constatons qu'un roulis supérieur à 10° est donc critique pour une vendangeuse incapable d'adapter ses vérins.

Manoeuvre d'évitement pour différentes vitesses

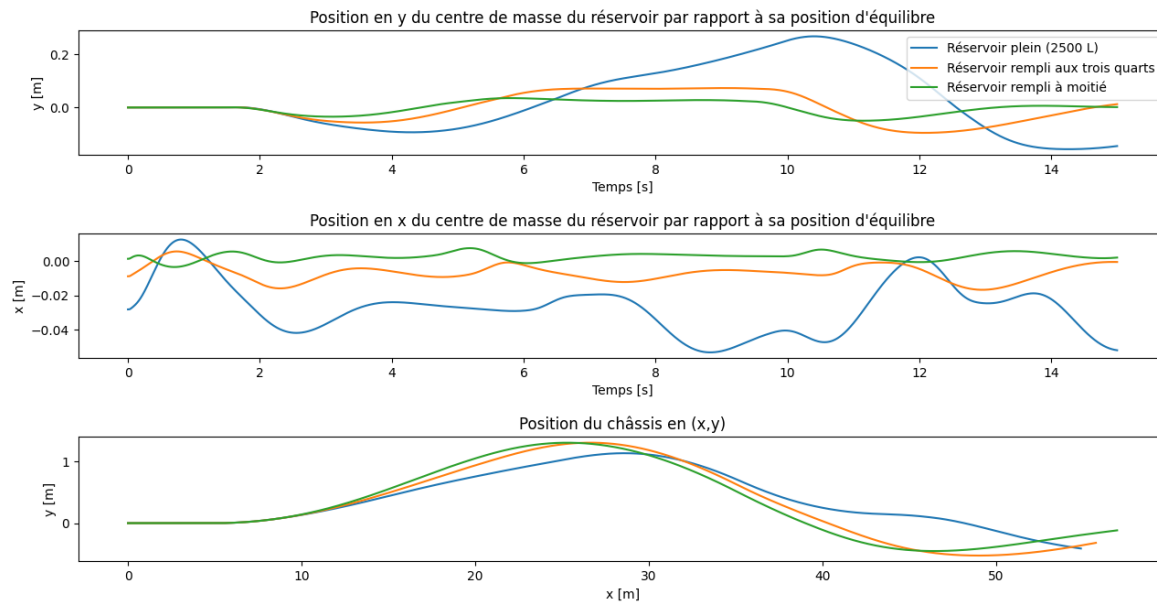


Nous avons testé une manœuvre d'évitement pour différentes vitesses. Ci-dessus, nous pouvons observer le roulis durant le virage. Celui-ci reste plutôt faible et c'est une bonne chose. Nous noterons quand même que, au-delà de 10 km/h, le véhicule n'est plus capable de prendre le virage en restant dans une configuration stable (une des roues quitte le sol). Étant donné que notre virage est plutôt serré et que, en situation réelle, la vendangeuse ne fera pas de manœuvre au-delà de 5km/h, nous pouvons conclure qu'elle ne rencontrera aucun problème d'équilibre lors de ses manœuvres dans les vignes.

Explications et résultats complémentaires

Impact de différents niveaux d'eau dans le réservoir sur la dynamique du véhicule

Afin de voir l'effet du mouvement de l'eau dans le réservoir, nous avons simulé une manœuvre d'évitement d'amplitude de 1 m avec différents remplissages à une vitesse de 13.5 km/h.



On remarque assez rapidement que le sloshing et les masses plus élevées rendent notre modèle de pilotage moins précis : les rotations sont plus lentes. Dans le cas du réservoir plein, le dernier changement de direction est même complètement empêché par le réservoir d'eau qui tend à vouloir garder sa direction.

Lors des différentes simulations faites, nous avons pu montrer que faire une manœuvre d'évitement d'une amplitude de 2 m, telle que représentée dans 'Modèle de pilotage', provoque un basculement du châssis lorsque le réservoir est rempli avec 2100 L d'eau ou plus. Pour cause nous pouvons noter les rotations trop sèches, à trop grande vitesse et le déplacement du centre de gravité du réservoir qui est de presque 30 cm, provoquant de grands angles de roulis.

Limite du système de mise à niveau du châssis

La mise à niveau a été testée pour la prise de virage, afin voir si elle pouvait avoir un impact sur la capacité de suivre une trajectoire imposée.

Malheureusement, les seuls coefficients qui rendent la mise à niveau stable, sont des coefficients trop petits que pour observer une différence avec une prise de tournant sans le système.

De plus, utiliser la mise à niveau à l'effet opposé à celui escompté par rapport à l'inclinaison du châssis.

En conclusion, la mise à niveau est conçue pour des manœuvres lentes.

