

Introduction

Dans la grande majorité des systèmes impliquants une chaîne d'énergie, il est intéressant de l'optimiser.

On trouve par exemple :

- L'optimisation de l'autonomie d'un téléphone ou de tout autre appareil portable



- L'optimisation de l'autonomie d'un véhicule

- La recherche de performance



Pour répondre à ces problématiques, il peut être intéressant de passer par une modélisation comportementale.

Cette modélisation permet de tester par calcul, l'influence de différents paramètres ce qui permet de limiter le nombre d'essais coûteux et de converger plus rapidement vers une solution optimale.

Dans le cadre des projets vous avez tous à faire face à ce genre de problématique.

Cette activité pratique va vous permettre de vous former à la démarche que vous appliquerez à vos projets.

Le support d'étude retenu est un véhicule électrique miniature dont nous chercherons à optimiser l'autonomie.

- Dans un premier temps l'objectif est de bâtir un modèle comportemental de la chaîne d'énergie.
- Dans un deuxième temps l'objectif est d'utiliser ce modèle pour optimiser cette chaîne d'énergie.

Élaboration d'un modèle comportemental

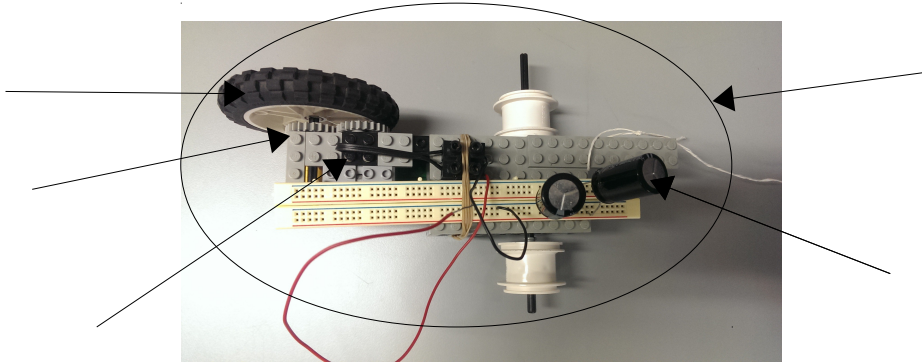
Analyse du système à modéliser

La construction d'un modèle comportemental passe d'abord par une analyse technologique fine du système à étudier.

Le but est d'identifier ses principaux composants.

Compléter la légende de la figure ci-dessous avec le vocabulaire suivant :

Moto-réducteur, super condensateur, réducteur, roues, masse du véhicule.

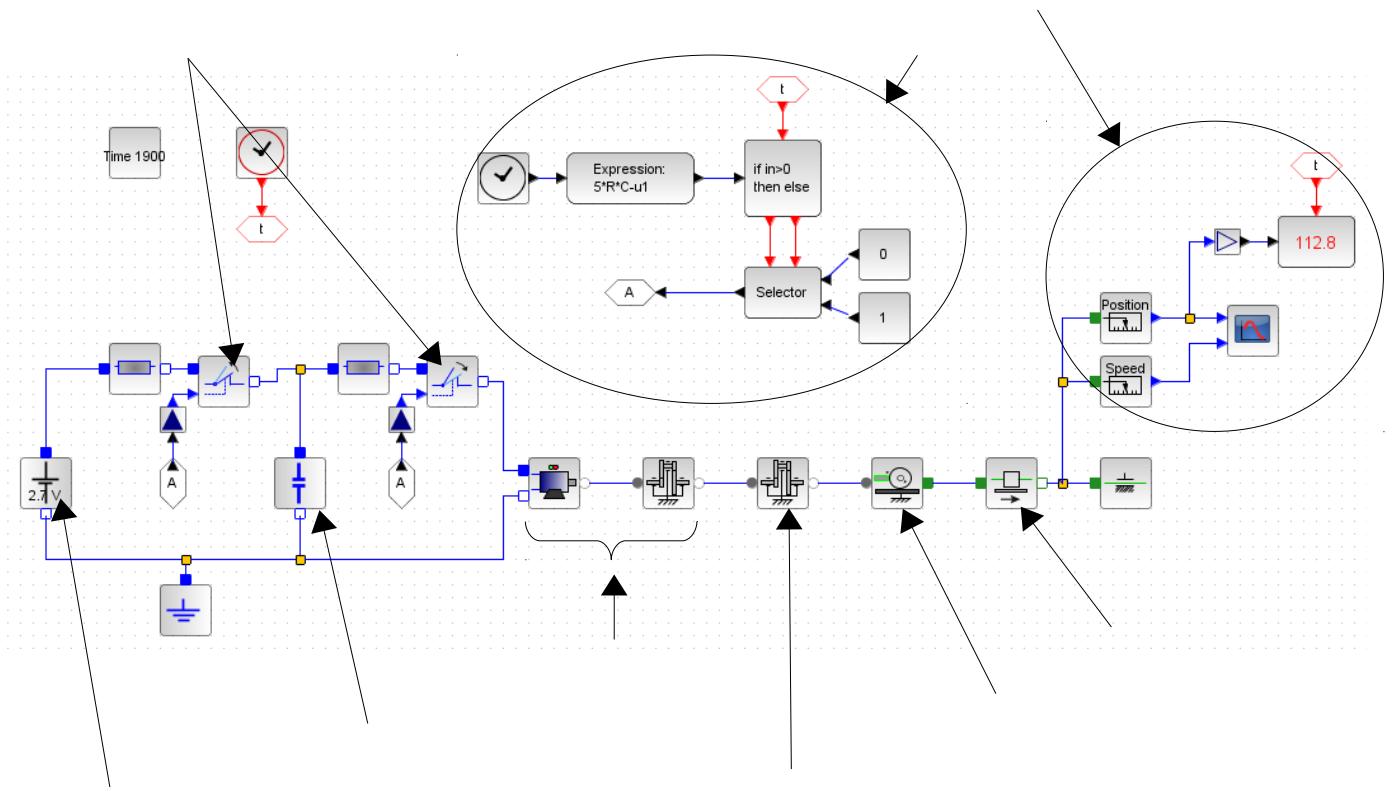


Construction de la structure du modèle

Suivre les vidéos données en DR pour reproduire le modèle ci-dessous.

Compléter la légende ci-dessous avec le vocabulaire suivant:

Super-condensateur, masse du véhicule, moto-réducteur, réducteur, roues, alimentation, switchs, commande des switchs, mesures



Paramétrage du modèle

La tension d'alimentation pour la recharge

Elle est de 2,7V.

Résistance du circuit de charge et capacité

La partie commande ferme le circuit de charge jusqu'à ce que le condensateur soit chargé.

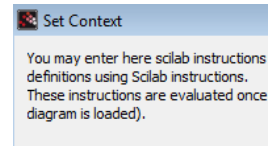
On rappelle que la base de temps d'un système RC est $T=RC$. On fait l'hypothèse qu'après un temps égal à $5T$, le condensateur est complètement chargé.

La partie commande calcule la valeur : $5 \cdot R \cdot C \cdot t$ au t est le temps qui s'écoule.

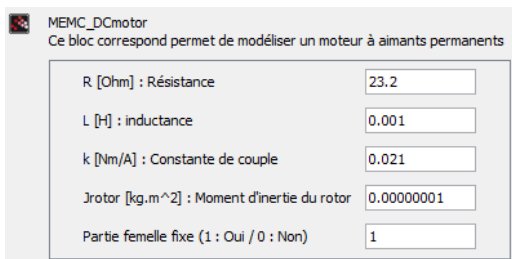
Quand $t < 5T$ cette valeur est positive, quand $t > 5T$ elle est négative, ce qui provoque le passage de 0 à 1 pour la variable D (comme Déclenchement)

Pour pouvoir faire le calcul « $5 \cdot R \cdot C \cdot t$ », il faut que R et C soient définis dans le contexte.

Pour ce faire, clic droit « Set Context » et définir les valeurs comme ci-contre.



Paramétrage du moteur



Voir le « DR_comportement_mot_cc_02.odt » éléments de paramétrage du moteur.

La résistance du bobinage peut se mesurer directement sur le moteur.

Son inductance est beaucoup plus difficile à mesurer et un document constructeur ne nous la donne ...

On choisit de lui donner une valeur trouvée sur le net pour des moteurs de puissance comparable. **Nous tenterons d'estimer l'influence de cette valeur sur les résultats.**

Pour comprendre ce qu'est la constante de couple il faut se référer au « DR_comportement_mot_cc_02.odt ».

Le k de scilab correspond en fait au $k \cdot \Phi$ du DR.

Pour le déterminer il suffit de faire quelques essais du moteur à vide sous différentes tensions et mesurer sa fréquence de rotation.

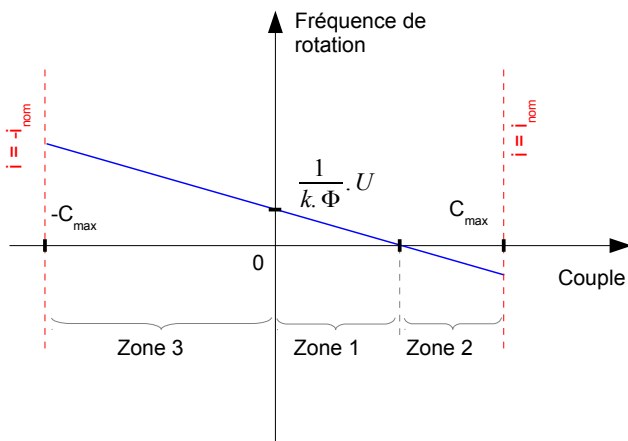
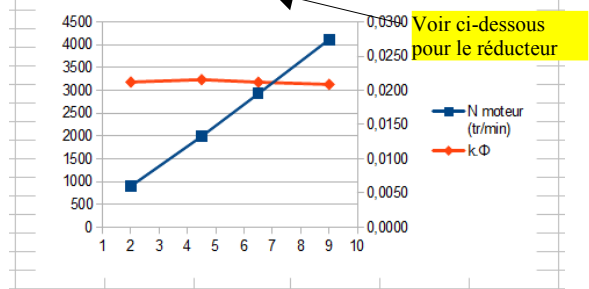
Le fichier de tableau ci-contre montre les résultats de l'essai de caractérisation du moteur.

Au vue du tableau et du graphique ci-dessous, proposer une valeur de $k \cdot \Phi$.

La présence du réducteur dans le moto-réducteur LEGO, entraîne des frottements qui viennent parasiter l'essai.

Remarque : $k \cdot \Phi$ est un paramètre très important du modèle, il faudra affiner sa valeur lors du calage du modèle.

Tension d'alim (V)	N arbre sortie (tr/min)	Rapport de transmission interne	N moteur (tr/min)	ω (rad/s)	$k \cdot \Phi$
2	75	0,083	900	94,25	0,0212
4,5	166		1992	208,60	0,0216
6,5	244		2928	306,62	0,0212
9	343		4116	431,03	0,0209



En se référant à la caractéristique générale d'un moteur CC ci-contre, la « vraie valeur » de $k \cdot \Phi$ est-elle plus grande ou plus petite que celle que vous avez déterminé précédemment ?

(voir votre professeur pour avis).

Le moment d'inertie du rotor est très faible. Il a de l'influence sur le comportement dynamique du moteur. Notre application étant quasi-statique, son incidence est négligeable. Nous lui donnons une valeur très faible.

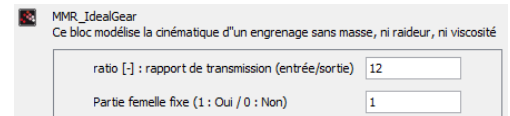
Enfin, c'est la partie femelle du moteur qui est fixe.

Paramétrage du réducteur du moto-réducteur

Dans la documentation LEGO, on trouve que le rapport de transmission est de 12.

Remarque par rapport au fichier tableur ci-dessus : $1/12 = 0,083$.

Le paramétrage du bloc XCos est le suivant :

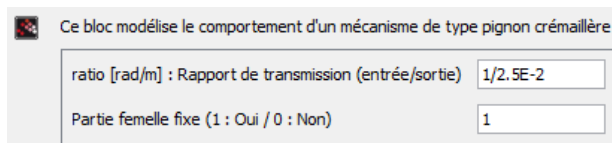


Paramétrage du réducteur

Dans un premier temps on peut le laisser à 1.

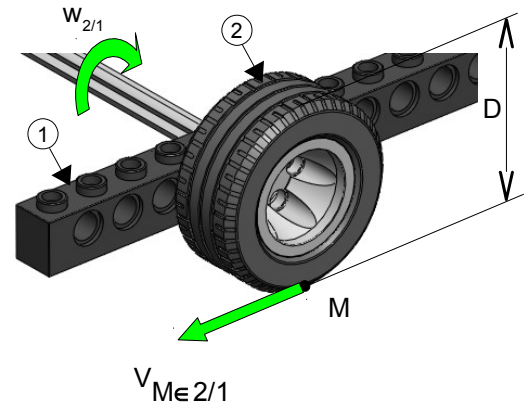
Cette valeur est un le paramètre que vous chercherez à optimiser.

Paramétrage de la roue



En se référant à la figure ci-contre, on a :

- $w_{2/1}$ la pulsation de la roue en rad/s.
$$\omega_{2/1} = \frac{2\pi \cdot N_{2/1}}{60}$$
 où $N_{2/1}$ est la fréquence de rotation de la roue en tr/min



En se référant à votre « DR 03 transmission.odt » page 4/4, vous en déduisez que : $V_{M \in 2/1} = w_{2/1} \cdot R$

Le ratio de la boîte de dialogue étant en rad/m, on en déduit qu'il vaut $1/R$.

Dans notre cas le diamètre des roues motrices est 5cm. Appeler votre professeur si vous n'arrivez pas à en déduire la valeur du ratio.

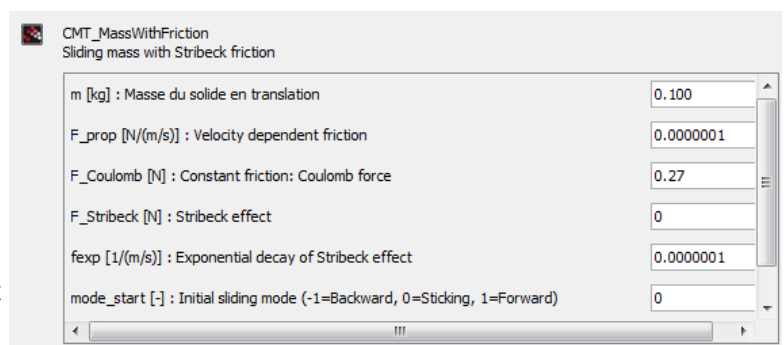
La masse glissante avec friction

Le paramètre masse correspond à la masse en mouvement. dans notre cas, il s'agit de la masse du véhicule.

Le type de frottement dans notre système est « sec ». C'est à dire non visqueux.

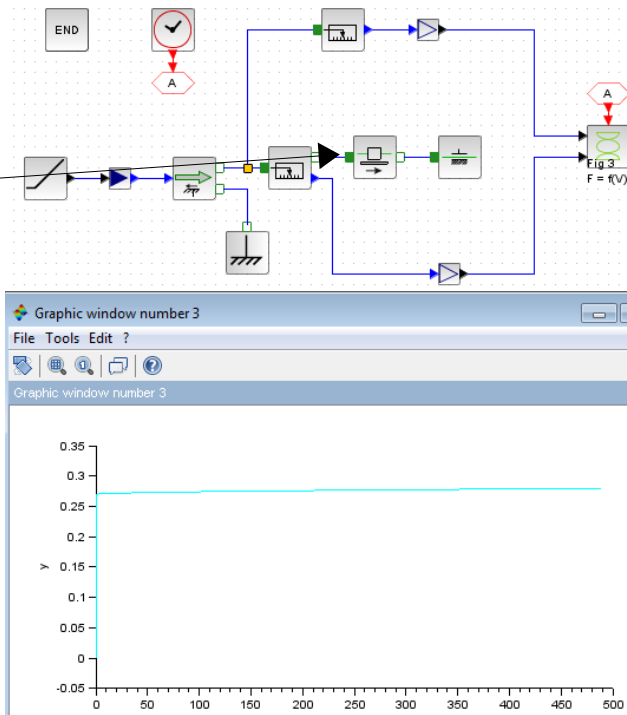
F_{prop} est donc défini suffisamment petit pour ne pas intervenir dans notre modèle.

$F_{Coulomb}$ correspond au frottement sec. C'est l'effort que l'on peut mesurer en tractant le véhicule avec un dynamomètre.



$F_{Stribeck}$ et $fexp$ sont des paramètres qui interviennent pour des frottements visqueux. N'ayant pas ce genre de comportement dans notre modèle, nous les choisissons suffisamment petits pour qu'ils ne perturbent pas le modèle.

Le modèle ci-contre permet de valider le paramétrage du bloc ci-dessus que nous retrouvons ici :



Nous obtenons une caractéristique montrant un effort résistant peu dépendant de la vitesse, ce que nous souhaitons.

Remarque : La valeur de l'effort à fournir pour faire avancer le véhicule n'étant pas facile à mesurer, ce paramètre sera à ajuster lors du calage du modèle.

Paramétrage du temps



Paramètres

Durée de la simulation	1100
Nombre de points	11
Grille affichée (1 oui, 0 non)	1
Affichage des courbes pendant la simulation (1 oui, 0 non)	1

Les tests sur le temps de charge seront réalisés toutes les secondes, le premier ayant lieu à une seconde.

Set CLOCK_c block parameters

Event dock generator

Do not start if 'Initialisation Time' is negative

Period	1
Initialisation Time	1

Vérification des hypothèses

Nous avons estimé que l'inductance du bobinage avait peut d'influence sur nos résultats.

Pour vérifier, lancer un calcul avec les paramètres définis précédemment, puis relancer le calcul avec une valeur d'inductance 10 fois supérieure.

Observez-vous une différence sur les résultats ? _____

Notre hypothèse est-elle validée ? _____

Calage du modèle

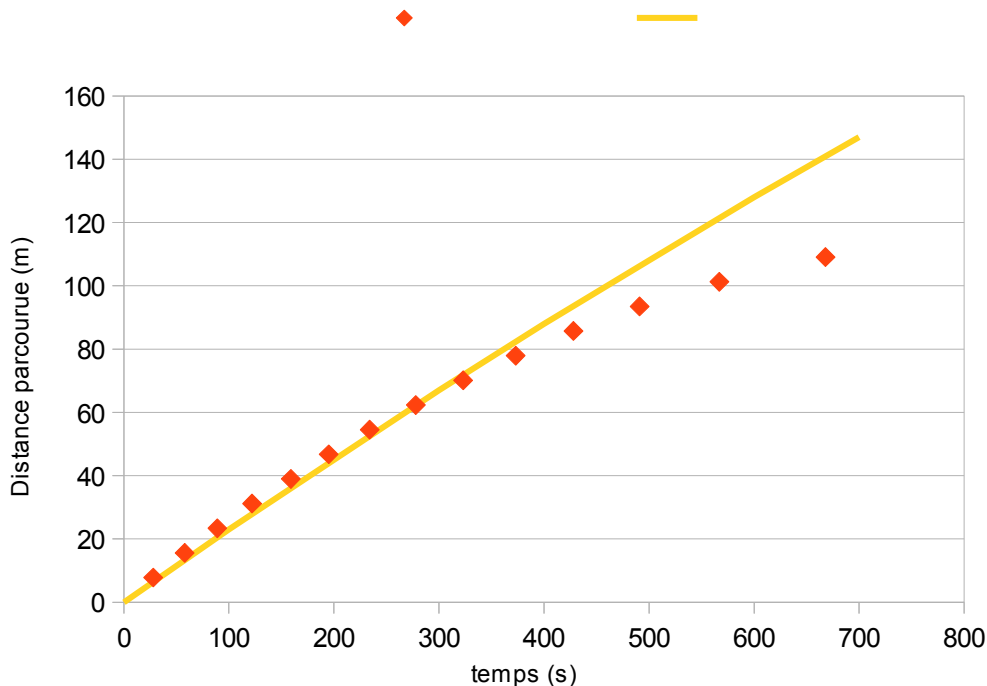
Le calage d'un modèle se fait en comparant des résultats obtenus avec des essais simples et dont les conditions sont bien connues. On ajuste les paramètres du modèle de manière à faire converger les résultats de mesures et les résultats de calcul.

Le modèle ainsi calé peut servir à étudier l'influence des paramètres qui interviennent dans le système.

Comparaison du premier calcul avec les mesures

Ouvrir le fichier « calage-eleve-a.ods »

Consulter et reproduire la vidéo « 05-resultats-a.avi » pour obtenir les courbes ci-dessous.

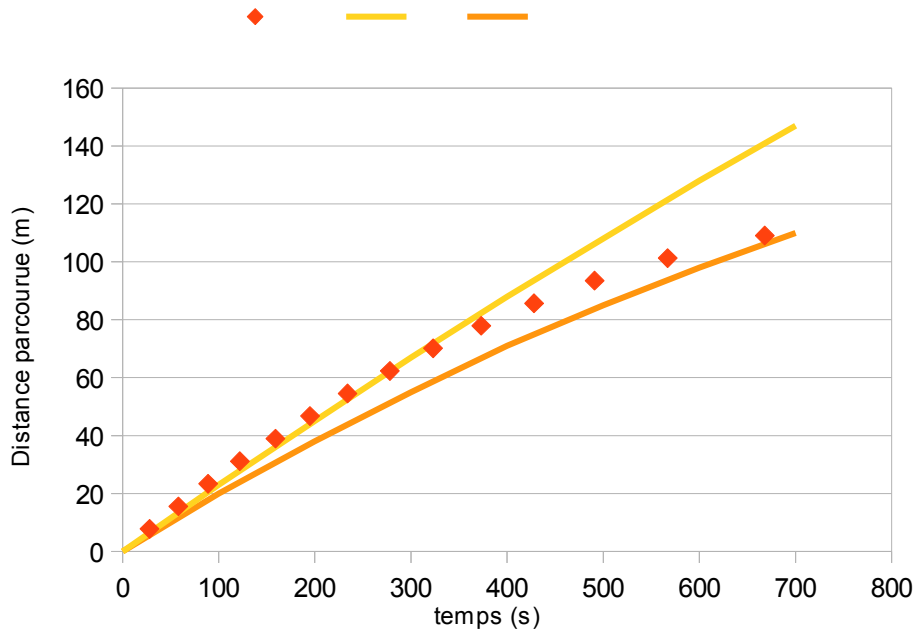


Constatations : La distance parcourue calculée est supérieure à celle mesurée.

Interprétations : On peut imaginer que le frottement doit être augmenté sur le modèle pour « freiner davantage le véhicule ».

Actions : Passer F_{Coulomb} à 0,27N

En suivant une démarche analogue à celle décrite dans la dernière vidéo, vous devez obtenir un résultat similaire à ci-dessous.

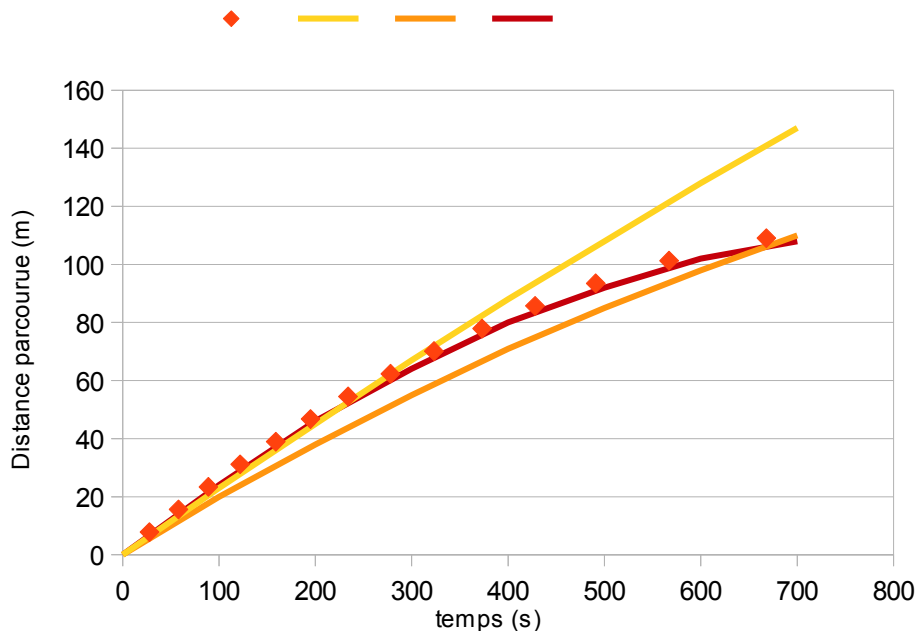


Constatations : Les distances parcourues au bout de 700s sont similaires. Par contre l'allure des deux courbes diverge surtout aux alentours de 400s.

Interprétations : Le véhicule simulé est trop lent au début, il ne consomme pas assez d'énergie ce qui peut expliquer son comportement plus linéaire que le réel. Ce comportement peut être influencé par le $k \cdot \Phi$ du moteur.

Actions : On se souvient que le $k \cdot \Phi$ du moteur était probablement majoré par rapport à la réalité. Passons $k \cdot \Phi$ à 0,014

Vous obtenez normalement les résultats ci-dessous.



Conclusion : Le calage peut être considéré comme satisfaisant, même si il peut encore être affiné.

Exploitation du modèle

Notre modèle étant calé, nous pouvons nous en servir pour optimiser la chaîne d'énergie.

Notre but est de maximiser l'autonomie du véhicule.

Plusieurs paramètres évidents interviennent sur ce paramètre :

- La tension de charge
- La capacité du super condensateur
- Les caractéristiques du moteur
- L'effort résistant à vaincre pour déplacer le véhicule.

L'ensemble des paramètres ci-dessus, est souvent contraints par d'autres critères.

Il reste un paramètre sur lequel, il est possible de jouer, c'est le rapport de transmission secondaire.

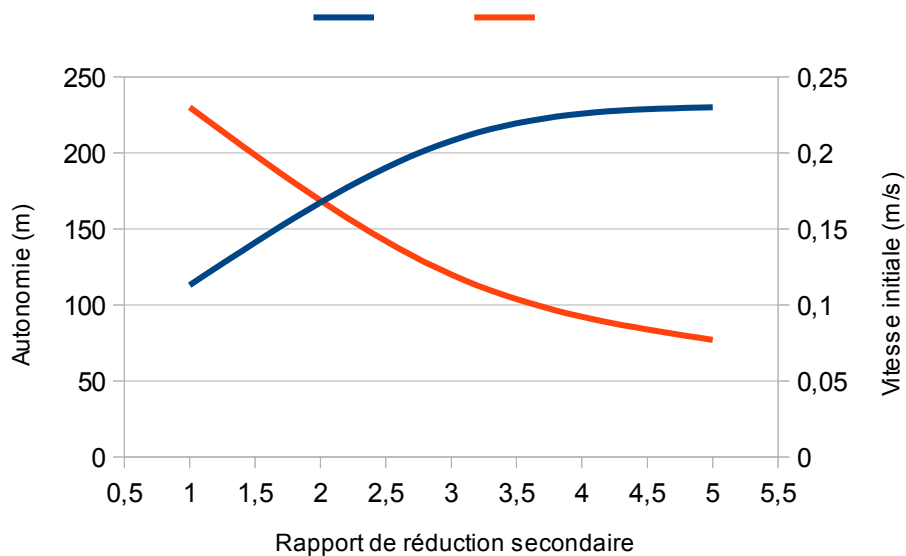
Nous nous limiterons ici à optimiser sa valeur en vue d'accroître l'autonomie sans faire chuter sa vitesse initiale en dessous de 0,1 m/s.

Pour se faire, relancer des calculs en augmentant le temps de simulation et le nombre de points de calcul en conséquence.

Lancer plusieurs calculs en modifiant la valeur du rapport de transmission.

Il est recommandé d'archiver les résultats de calcul dans un tableau et de tracer un graphique donnant l'évolution de l'autonomie en fonction du rapport de transmission.

Vous devez obtenir quelque chose de similaire au graphique ci-dessous.



Interprétation : La vitesse atteint la limite de 0,1 m/s pour un rapport de réduction aux alentours de 3,7. On note qu'au-delà l'autonomie continue à augmenter mais moins rapidement qu'au début.

Un rapport de réduction secondaire d'environ 3,5 semble donc intéressant.

Conclusion

Vous venez de mettre au point un modèle comportemental d'un système, de le caler et de l'utiliser une vue d'un optimisation.

Vous avez une démarche analogue à suivre sur vos projets pour optimiser la valeur de vos rapport de réduction.