

Objectifs :

- Renseigner par la mesure le paramétrage associé à un modèle de moteur à courant continu autour d'un point de fonctionnement
- Décoder le modèle et identifier les paramètres influents
- Simuler le fonctionnement d'un moteur et comparer les résultats au réel

Ressources :

- Un moteur MY7712-24V-200W de l'OSPV
- Documentation technique (partielle) du moteur MY7712
- Un PC avec Matlab/Simulink, un tableur
- Matériel de mesure : multimètres, oscilloscope enregistreur
- Alimentation stabilisée

Organisation :

- Travail en équipe (2h) avec rédaction d'un compte rendu (1h)

Critères d'évaluation :

- Pertinence des réponses apportées
- Soins apportés à la rédaction
- Comportement durant la séance et participation au travail demandé
- Autonomie et respect des consignes

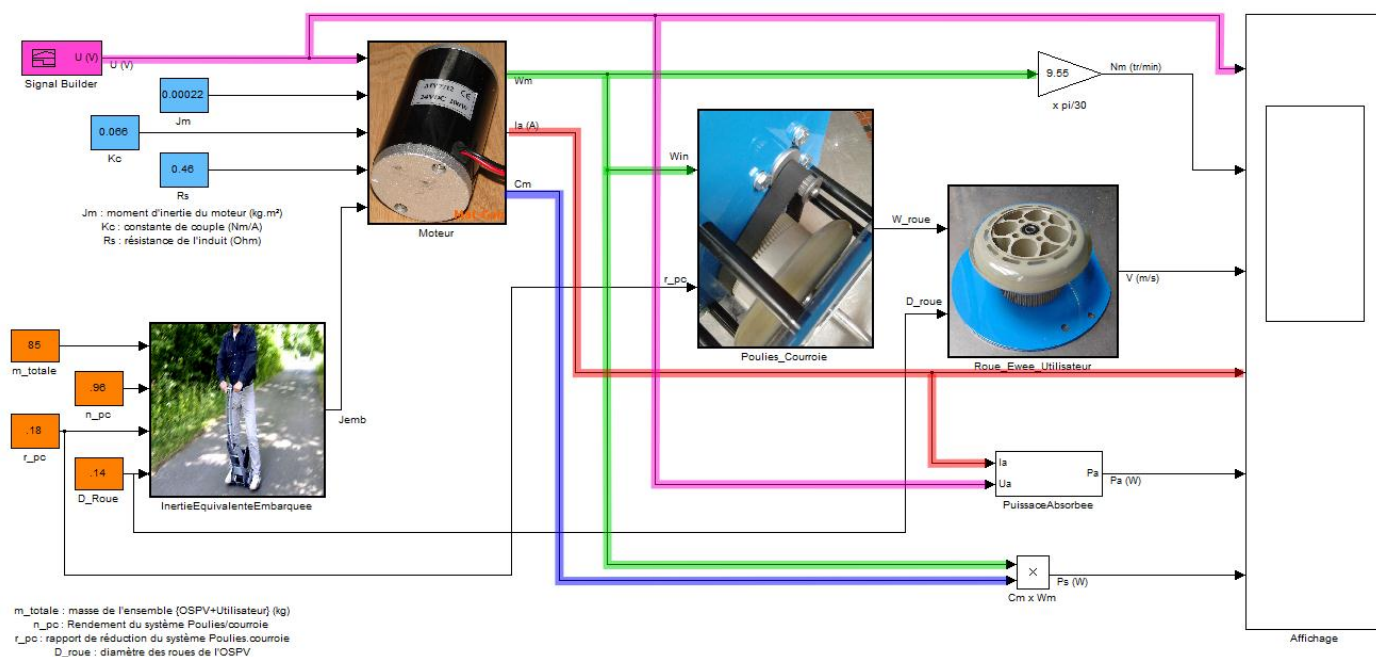
1 PROBLEMATIQUE

En vue de modéliser le comportement global de l'OSPV, nous souhaitons déterminer les caractéristiques des moteurs grâce à des mesures électriques.

Ces caractéristiques seront ensuite utilisées dans un modèle MATLAB/SIMULINK.

Des courbes de fonctionnement obtenues par ce modèle seront finalement confrontées aux mesures initiales afin de valider le modèle.

2 PRESENTATION DU MODELE GLOBAL

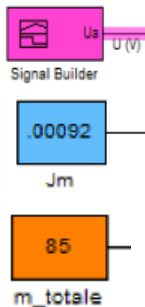


Le schéma ci-dessus représente le modèle MATLAB/SIMULINK de l'ensemble $E=\{\text{OSPV}+\text{Utilisateur}\}$.

Ce modèle permet de simuler le comportement de cet ensemble dans les conditions suivantes :

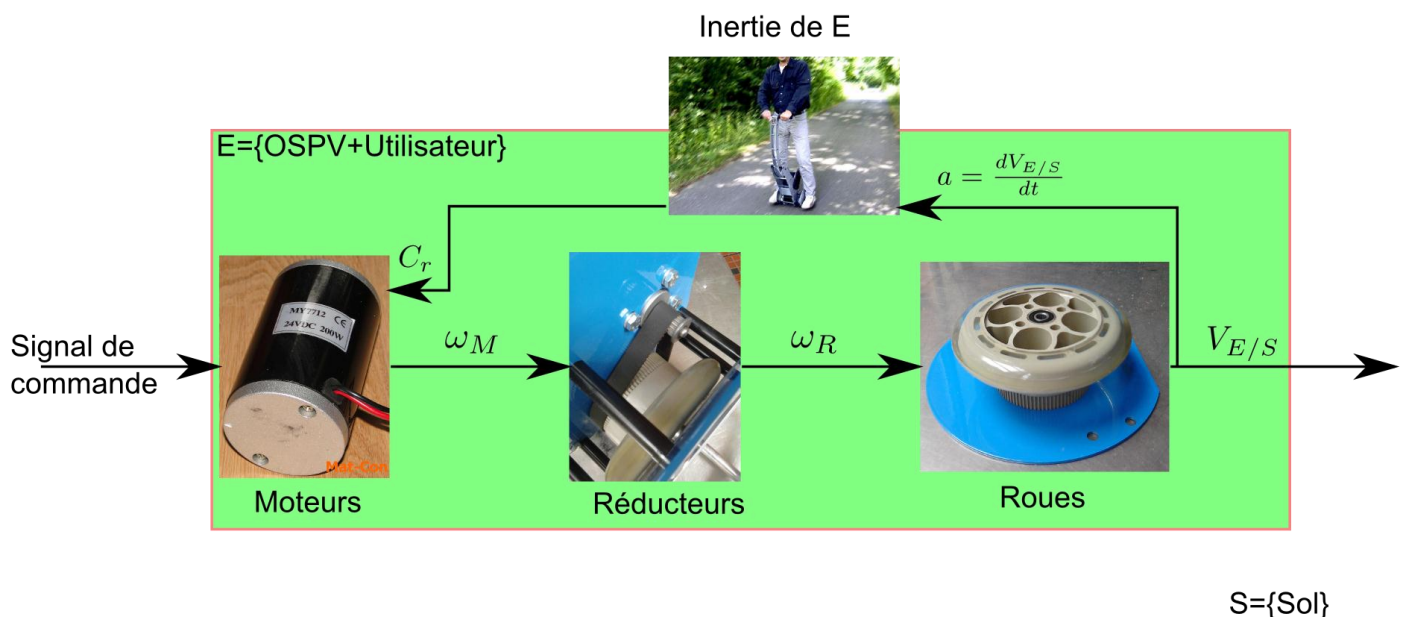
- L'utilisateur progresse en ligne droite avec une position verticale stabilisée (la partie « contrôle de stabilité » n'est pas simulée dans ce modèle et sera abordée au cours des activités 3.1 et 3.2).
- La progression en ligne droite permet de se limiter à l'observation d'un seul moteur.

Tous les paramètres de ce modèle sont situés sur la gauche du diagramme :



- Le « signal builder » permet de choisir une loi de commande en tension du moteur ;
- Les trois blocs constants rattachés au moteur permettent de choisir les caractéristiques intrinsèques du moteur ;
- Les quatre blocs constants rattachés au bloc « InertieEquivalenteEmbarquee » permettent de choisir les caractéristiques ayant une influence sur le comportement mécanique du gyropode considéré (masse totale embarquée, caractéristiques de la transmission, diamètre des roues).

Le modèle fonctionne sur le principe suivant :



Le signal de commande permet de contrôler la vitesse de rotation ω_M d'un moteur. Ce mouvement est transmis à la roue correspondante par le réducteur à poulies/courroie. Le non-glissement de la roue par rapport au sol permet de transformer la rotation en mouvement de translation de l'ensemble $E=\{\text{OSPV}+\text{Utilisateur}\}$ avec une vitesse $V_{E/\text{Sol}}$. Les variations de cette vitesse au cours du temps induisent des effets d'inertie de l'ensemble mobile qui se traduisent par la présence d'un couple résistant C_r sur l'axe moteur.

Le module de visualisation des résultats de simulation est présent sur la droite du modèles SIMULINK.

De haut en bas les grandeurs affichées sont :

- U : la tension d'alimentation du moteur (en V)
- N_M : la vitesse de rotation du moteur (en tr/min)
- V : la vitesse de translation de l'ensemble E (en m/s)
- I_a : le courant d'alimentation du moteur (en A)
- P_a : la puissance absorbée par le moteur (en W)
- P_s : la puissance mécanique en sortie de moteur (en W).

3 MESURES

Afin de compléter le modèle de simulation, il est nécessaire de déterminer les paramètres spécifiques au moteur de l'OSPV.

3.1 DETERMINATION DE LA RESISTANCE DE L'INDUIT

- **Donner la relation qui décrit le modèle électrique d'un moteur à courant continu à aimant permanent.**

La détermination de la résistance de l'induit se fait en alimentant le moteur par une tension réduite (<2V par exemple) à sa valeur nominale tout en maintenant le rotor bloqué. On se place également en régime permanent.

- **Ecrire, dans ces conditions d'expérimentation, la loi électrique qui relie la tension aux bornes du moteur, le courant consommé et la résistance de l'induit.**

On souhaite faire la mesure de la tension aux bornes du moteur ainsi que de l'intensité le traversant.

- **Représenter, à l'aide des éléments ci-dessous le schéma de câblage du moteur à courant continu à aimant permanent.**



- **Une fois le montage électrique réalisé, faire le réglage de l'alimentation avant de la connecter.**

Pour bloquer le rotor du moteur, serrer d'une main l'axe de rotation du moteur pendant que vous allumez l'alimentation de l'autre.

Comme le couple augmente avec la vitesse, si on lâche l'axe par inadvertance, il ne faut pas chercher à le rattraper mais plutôt couper l'alimentation et attendre l'arrêt du moteur.

- **Relever les grandeurs qui s'affichent.**

Indication : La résistance dépend de la position du collecteur sous les balais. Pour être certain de faire la mesure de la résistance d'une seule bobine, faire la mesure pour plusieurs positions de rotor légèrement décalées les unes des autres et remplir un tableau de la forme suivante :

N° de position	I_a (A)	U_a (V)	R_s (Ω)

- **En déduire R_{induit}**

3.2 DETERMINATION DE LA CONSTANTE DE COUPLE K_m

- **En négligeant la chute de tension dans la résistance R_{induit} , donner la relation qui relie la tension d'alimentation, la vitesse de rotation ω et la constante de couple K_m .**
- **A partir de la documentation technique fournie par le constructeur du moteur, calculer la valeur moyenne de K_m**

(Pour une question d'homogénéité des unités, penser à convertir la vitesse de rotation en rad/s).

3.3 DETERMINATION DU MOMENT D'INERTIE DU MOTEUR

Principe : On effectue la détermination du moment d'inertie du moteur J_m en effectuant un démarrage du moteur à vide.

On considère les pertes ferromagnétiques et mécaniques comme étant négligeables dans ces conditions d'expérimentation. De plus, on suppose qu'il n'y a aucun couple résistant et que le moment d'inertie se limite à celui du rotor du moteur.

La relation qui lie la vitesse angulaire de rotation ω et la f.e.m. du moteur E est $E(t) = K_m \cdot \omega(t)$. La relation $U(t) = f(R_{\text{induit}}, K_m, \omega(t), i(t))$ grâce à la loi des mailles est donc : $U(t) = K_m \omega(t) + R_{\text{induit}} i(t)$.

Sachant que $\sum M(t)_{\text{ext} \rightarrow \text{arbre}} = J_m \frac{d\omega(t)}{dt}$ et que le seul couple qui s'applique est $C_E(t) = K_c i(t)$, alors $i(t) = \frac{J_m}{K_c} \times \frac{d\omega(t)}{dt}$.

En combinant les deux équations établies précédemment, on peut en déduire que la vitesse angulaire du moteur vérifie l'équation différentielle suivante: $\omega(t) + \tau_m \frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{U(t)}{K_m}$ avec $\tau_m = \frac{J_m R_{\text{induit}}}{K_c K_m}$ constante de temps du moteur avec $K_c = K_m$

En mesurant la tension U aux bornes du moteur pendant un démarrage à vide, on observe une courbe qui a l'allure suivante :

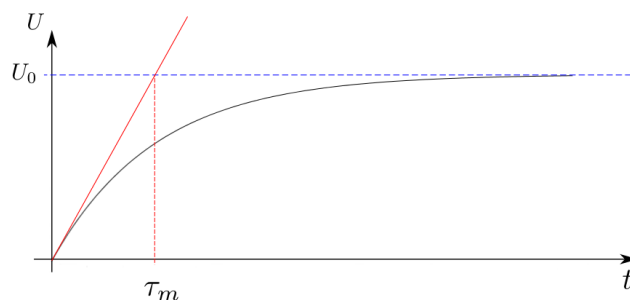


Figure 1 : Evolution de $U(t)$ pour un démarrage à vide

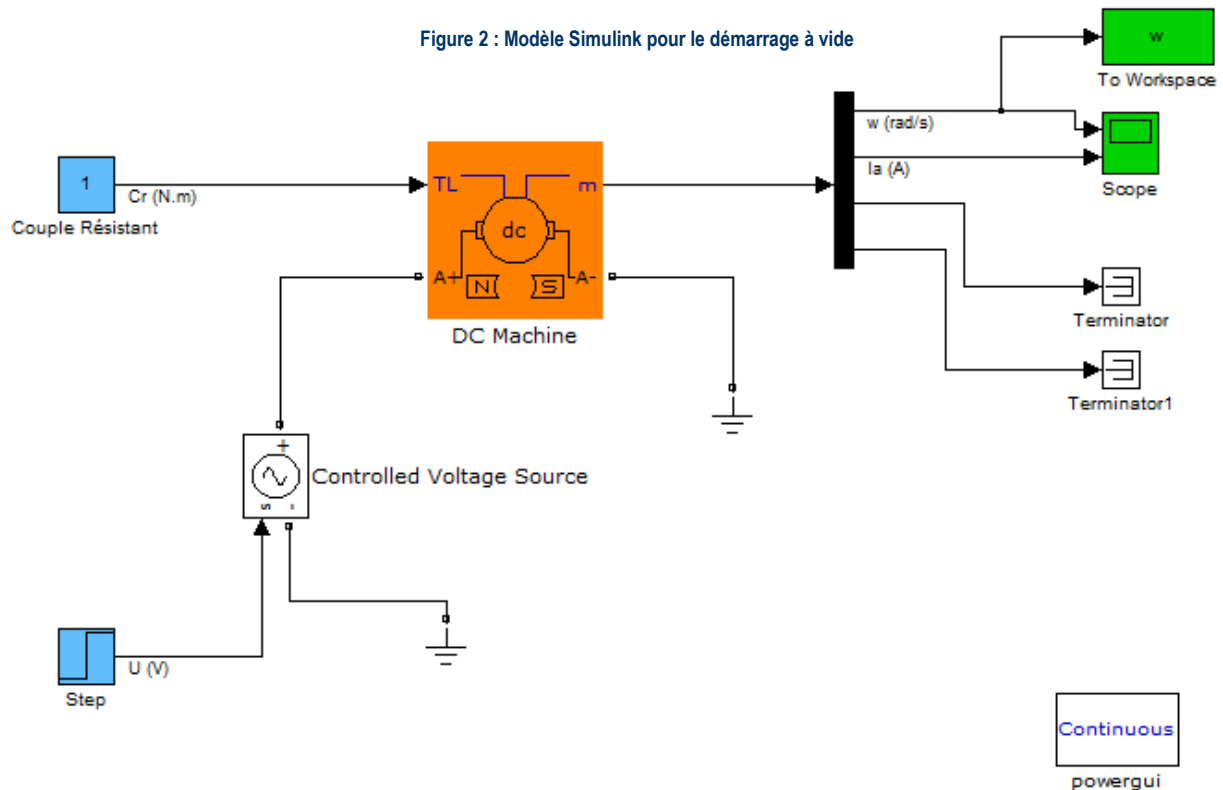
- **Câbler le moteur afin de vous mettre dans les conditions d'expérimentation. Faire un démarrage du moteur à vide en réponse à un échelon de tension pour passer de 0V à 24V. Relever à l'oscilloscope la courbe de la tension.**
- **Transférer la courbe sur clé USB au format .csv**
- **Sur PC, importer le fichier .csv dans le tableur et tracer la courbe $U(t)$.**

Indications :

- Pour importer le fichier .csv dans le tableur, il faut choisir la virgule comme séparateur.
- Sauvegarder votre fichier, il sera nécessaire pour la comparaison au modèle matlab en fin de TP.

- **Mesurer la constante de temps du moteur** (⚠ la courbe mesurée est beaucoup moins « lisse » que la courbe idéale montrée plus haut : il faut approximer la tangente).
- **En déduire la valeur du moment d'inertie du moteur J_m .**

4 PARAMETRAGE DU MODELE ET SIMULATION



Dans le modèle ci-dessus :

- Le bloc « DC Machine » est un modèle de la bibliothèque SimPower. Il représente le fonctionnement du moteur à courant continu à aimants permanents.
- Les blocs « Couple Résistant » et « Step » seront à paramétrer pour modéliser les conditions dans lesquelles est utilisé le moteur.
- Les blocs « Scope » et « To Workspace » permettent respectivement d'observer et de traiter les résultats de la simulation.

Travail à réaliser :

- **Ouvrir Matlab et lancer Simulink** .
- **Ouvrir le modèle « DemarrageAVide »**
- **Paramétrer les entrées pour simuler un démarrage à vide par la réponse à un échelon de tension de 24 V.**

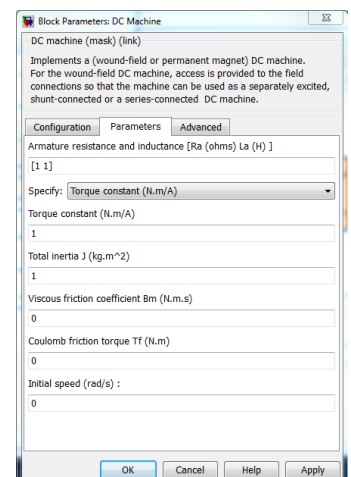
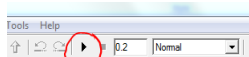
Indication : pour paramétrer un modèle il faut « double-cliquer » sur le bloc, et modifier les champs de la boîte de dialogue.

- **Paramétrer le bloc moteur en utilisant les résultats de votre mesure.**

Indication : pour l'inductance de l'induit (Armature inductance), vous prendrez $L_a = 1.10^{-4} \text{H}$ et un couple de frottement $C_f = 0.18 \text{ N.m}$.

- **Lancer la simulation et, en double cliquant sur le scope, observer les courbes de vitesse et de courant moteur.**

Indication : pour lancer la simulation, cliquer sur la touche LECTURE de Simulink.



- **Conclure quant à l'allure du résultat obtenu. On pourra en particulier analyser l'évolution du courant en regard de l'évolution de la vitesse.**

5 VALIDATION DU MODELE

Le bloc « To Workspace » permet de transférer le résultat de la simulation vers l'espace de travail de Matlab.

Le script Matlab « Export_xls.m » va nous permettre de convertir les données issues de la simulation en fichier excel (.xls).

Il n'est que partiel et vous allez devoir le compléter.

- la première ligne permet d'écrire dans le fichier *ModeleMatlab_DemarrageAVide.xls* le nom de la variable 't' dans la cellule A1
- la seconde ligne permet d'écrire dans ce même fichier le contenu de la variable *tout* (pour time out) dans les cellules de A2 à A1000.

- **A vous de compléter ce fichier pour :**
 - **Ecrire dans *ModeleMatlab_DemarrageAVide.xls* le nom de la variable 'w' dans la cellule B1**
 - **Ecrire le contenu de la variable *w.signals.values* dans les cellules B2 à B1000**

Pensez à enregistrer votre script

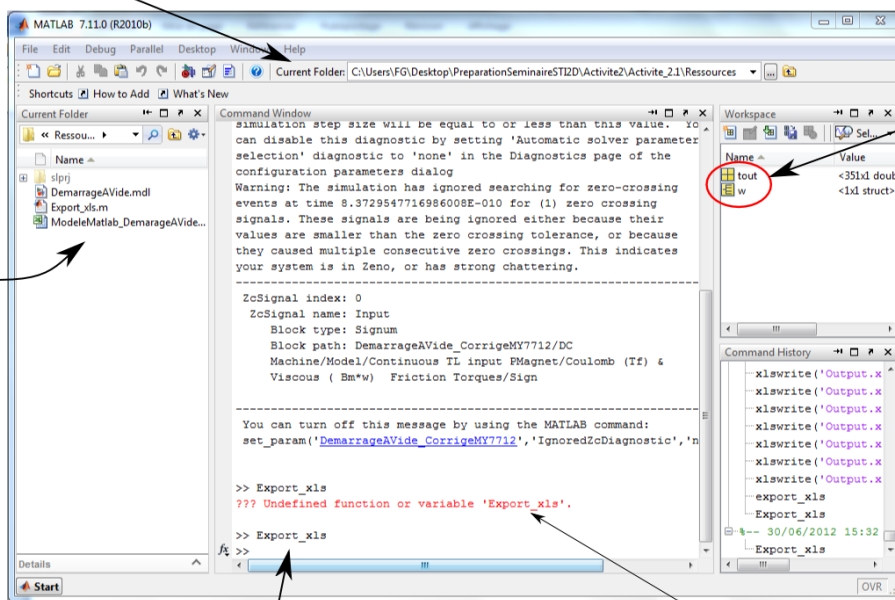
- **Dans l'espace de travail Matlab, taper la commande *Export_xls***

Indication :

Se placer dans le répertoire contenant le fichier *Export_xls.m*

Avant de lancer le script, vérifiez que les résultats de simulation ont été transmis à l'espace de travail

Une fois dans le bon répertoire, on doit voir le script *Export_xls.m*



tout représente le temps (time out)

w représente la grandeur de sortie de la simulation

Saisie de la commande Matlab

si on ne se trouve pas dans le bon répertoire, on obtient le message suivant

Une fois le script exécuté, vous devez avoir le fichier *ModeleMatlab_DemarrageAVide.xls* dans le même répertoire que le script *Export_xls.m*.

- ***Dans votre tableur, tracer la courbe w en fonction de t .***
- ***Faites une copie d'écran et collez votre courbe dans un logiciel de dessin (Inkscape ou Paint feront très bien l'affaire).***
- ***Déterminer alors la constante de temps du moteur modélisé.***
- ***Connaissant la valeur de l'échelon en tension, déterminer (grâce à la courbe) la valeur de K_m .***
- ***Comparer vos résultats aux résultats des parties précédentes (pour ceci, vous pouvez par exemple tracer les différentes courbes sur un même graphe).***
- ***Conclure en cinq lignes sur la capacité de ce modèle matlab/simulink à représenter fidèlement votre moteur dans la modélisation globale de l'OSPV.***