

Connaissances	Connaissances Moteur électrique à courant continu	
Capacités	Associer un modèle aux composants d'une chaine d'énergie	
Activités (1 H)	Modéliser la chaine d'énergie du pilote automatique Simuler son fonctionnement Mesurer les performances sur le système réel	

Ressources documentaires	Dossier technique pilote automatique
Ressources matérielles	Ordinateur avec logiciel Matlab + Simulink Pilote automatique didactisé, générateur de tension continue, multimètres

Ce TP porte sur le système pilote automatique de voilier. Il a pour objectifs :

- de modéliser la chaine d'énergie du pilote automatique à l'aide du logiciel Simulink ;
- de comparer les résultats expérimentaux avec les résultats simulés et interpréter les écarts.

### 1. PRÉSENTATION

Le système support de l'étude est le pilote automatique de voilier TP30 développé par la société NAVICO. C'est un ensemble compact qui permet au navire de suivre automatiquement le cap fixé. Il comprend :

- un capteur compas "fluxgate";
- un vérin électrique à vis qui manœuvre la barre franche ;
- une carte électronique qui réalise la commande du moteur à courant continu du vérin.

Le synoptique suivant présente la chaine d'énergie du scooter pilote automatique :



## 2. MODÉLISATION DU PILOTE AUTOMATIQUE

On utilise le logiciel *MATLAB & Simulink* pour simuler le fonctionnement de la chaine d'énergie du pilote automatique. La figure 1 représente le modèle de simulation du pilote automatique.

Copier, sur votre lecteur personnel, le dossier TP10 présent dans le répertoire Documents en consultation du lecteur classe.

 $\mathcal{T}$  Double cliquer sur le fichier *pilote.slx* pour l'ouvrir.



Figure 1 : Modèle de simulation du pilote automatique

### 2.1. PARAMÉTRAGE DE LA BATTERIE

🖑 Double cliquer sur la batterie. Régler la valeur de la tension d'alimentation à 12 V.

### 2.2. MODÉLISATION DU MOTEUR À COURANT CONTINU

### 2.2.1. CARACTÉRISTIQUES

Le tableau 1 présente les caractéristiques électriques du moteur à courant continu utilisé dans le pilote automatique.



Tension d'utilisation	Um = 24 V	
Résistance	$R = 1,2 \Omega$	
Constante de couple	k = 0,024 Nm/A	
Caractéristiques à vide		
Vitesse de rotation	N = 9850 tr/min	
Courant	Im = 0,7 A	
Caractéristiques au rendement maximum		
Vitesse de rotation	N = 7500 tr/min	
Couple	Cu = 0,07 Nm	
Courant	Im = 3,3 A	
Rendement	$\eta = 69 \%$	
Puissance utile	Pu = 55 W	





**K** La fenêtre donnée *figure 2* détaille les paramètres du modèle du moteur à courant continu utilisé pour la simulation. À l'aide des caractéristiques techniques du moteur (tableau 1) :

- relever la valeur des paramètres utilisés pour la modélisation ;
- reporter ces valeurs dans la *figure 2*.

C Motor			
nis block represents the electrical a	and torque characteristics of a DC motor.		
ne block assumes that no electrom me numerical value when in SI un eed and stall torque. If no informa nall non-zero value. hen a positive current flows from t urts. Motor torque direction can be	agnetic energy is lost, and hence the back- its. Motor parameters can either be specifi tion is available on armature inductance, t the electrical + to - ports, a positive torque changed by altering the sign of the back-	emf and torque constants ed directly, or derived fro his parameter can be set acts from the mechanica mf or torque constants.	s have the m no-load to some I C to R
ettings			
Electrical Torque Mechanical			
Model parameterization:	By rated power, rated speed & no-load speed		•
Armature inductance:	1.2e-5	Н	<b>.</b>
No-load speed:		rpm	1
Rated speed (at rated load):		rpm	1
Rated load (mechanical power):		W	•
Rated DC supply voltage:		V	-
Rotor damping parameterization:	: By no-load current		•
No-load current:		Α	•
DC supply voltage when measuring no-load current:	24	V	•

Figure 2 : Paramètres du modèle du moteur à courant continu

Double cliquer sur l'élément DC Motor. Reporter les valeurs des paramètres du modèle du moteur.

### 2.3. IDENTIFICATION DES MODÈLES DE SIMULATION DES MÉCANISMES

∠ Le tableau 2 présente quelques éléments issus de la librairie *SimDriveline*. À l'aide d'un logiciel de traduction en ligne, trouver pour chaque élément, la désignation du mécanisme

Nom et Représentation SimDriveline	Désignation du mécanisme	
B F Simple Gear		
Worm Gear		
Rack & Pinion		
<b>□-S∭</b> [₩∎		
Leadscrew		

Tableau 2 : Éléments de la bibliothèque SimDriveline



## 2.4. MODÉLISATION DU SYSTÈME POULIES-COURROIE

#### 2.4.1. CARACTÉRISTIQUES

Les diamètres primitifs des poulies sont les suivants :  $D_{22}=13,36\ mm$   $D_{20}=45,2\ mm$ 

Le rendement np du système poulie-courroie vaut 0,95



- Indiquer le nom de l'élément *SimDriveline* qui permet de modéliser le système poulies-courroie :
- Calculer le rapport de réduction de l'ensemble poulies-courroie :
- A Placer l'élément sélectionné sur le schéma et le relier au moteur conformément à la figure 1.
- 🗥 Double cliquer sur l'élément pour ouvrir la fenêtre de paramétrage :
  - dans l'onglet Main, entrer la valeur de l'inverse du rapport de réduction ;
  - dans l'onglet Main, préciser que l'arbre de sortie tourne dans le même sens que l'arbre moteur ;
  - dans l'onglet *Meshing Losses*, Sélectionner *Constant efficiency* pour *Friction Model*. Écrire la valeur du rendement dans le paramètre *Efficiency*.

## 2.5. MODÉLISATION DU SYSTÈME VIS-ÉCROU

#### 2.5.1. CARACTÉRISTIQUES

Le pas p (ici  $P_h$ ) est la distance parcourue en mm par l'écrou pour un tour de la vis. La tige filetée a un pas de 3 mm.



Le rendement nhel du système vis-écrou vaut 0,75

🔏 Indiquer le nom de l'élément SimDriveline qui permet de modéliser le système vis-écrou :

- A Placer l'élément sélectionné sur le schéma et le relier conformément à la figure 1.
- 🗇 Double cliquer sur l'élément pour ouvrir la fenêtre de paramétrage :
  - dans l'onglet *Main*, entrer la valeur du pas de la vis ;
  - compléter l'onglet Friction Losses conformément à la figure 3 :

Settings	
Main Friction Losses Viscou	is Losses
Friction model:	Constant efficiency
Friction parameterization:	Efficiencies
Screw-nut efficiency:	0.75
Nut-screw efficiency:	0.45
Linear velocity threshold:	0.001 m/s -

Figure 3 : Paramétrage du système vis-écrou

### 3. SIMULATION DU MODÈLE DU PILOTE AUTOMATIQUE EN CHARGE

L'élément *Ideal Force Source* représente la charge à soulever par le vérin. L'élément *PS Constant* permet de fixer la valeur de la force.

- A Placer ces éléments conformément à la figure 1.
- $\swarrow$  Calculer la force correspondant à un poids à soulever de 30 kg. (On prendra g = 9,81 m/s<sup>2</sup>) :
- A Reporter cette valeur affectée d'un signe négatif dans l'élément PS Constant.
- A Simuler le fonctionnement du modèle.
- A l'aide de l'outil Cursor Measurements, mesurer les valeurs de :
  - Imot, le courant dans le moteur pendant le déplacement de la tige ;
  - Vitesse, la vitesse de déplacement de la tige du vérin.
- Reporter ces valeurs dans le tableau 3 (page 4).



## 4. MESURES SUR LE SYSTÈME RÉEL

La tige du vérin étant en position sortie maximale, les mesures seront effectuées en accrochant différentes masses sur le plateau lié au nez du vérin par l'intermédiaire d'un câble.

Câbler la maquette du pilote automatique avec les appareils de mesures (alimentation éteinte). L'alimentation du moteur électrique est réalisée par une alimentation double :

- régler le générateur de tension à 12V ;
- appuyer sur le bouton parallèle et régler la limitation de courant au maximum (6A environ) ;
- brancher les appareils de mesures, voltmètre et ampèremètre, pour relever *Um* (la tension aux bornes du moteur) et *Imot*.

Placer une charge de 30 kg. (le plateau a une masse de 3 kg.)

Chronométrer le temps de rentrée de la tige du vérin (pour la course de 10 cm délimitée). En déduire *Vt* la vitesse de translation du vérin. Mesurer la valeur de *Imot* (le courant qui traverse le moteur).

K Reporter ces valeurs dans le tableau 3.

	Résultats de simulation	Résultats expérimentaux
Imot (A)		
Vitesse (m/s)		

Tableau 3 : Récapitulatif des résultats expérimentaux et de simulation

# 5. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

 $\mathcal{K}$  Le modèle de simulation de la chaine d'énergie du pilote automatique permet-il d'obtenir des résultats conformes aux attentes ?

 $\cancel{k}$  Quels paramètres ne sont pas pris en compte par le modèle de simulation ?

 $^{\circ}$  Modifier les paramètres du modèle de simulation pour faire évoluer les résultats de simulation vers les résultats expérimentaux.

- 💉 Préciser et justifier la modification réalisée :
- *K* Relever les valeurs de *Imot* et *Vitesse* après modification des paramètres du modèle :