

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## Présentation de la problématique technique

### Points à aborder et enchaînement logique

#### Rappel de ce qu'est l'entreprise :

- ✓ Votre entreprise est un fabricant de voiliers désire équiper un certain nombre de ses modèles avec des pilotes automatiques NAVICO TP 5000 (désigné pilote 5000 dans ce TP).
  - ✦ Suppose peut-être une organisation produisant de petites séries voir de l'unitaire (cela sera confirmé par la commande de 300 à l'origine de la problématique).

#### Rappel de ce qui déclenche la problématique :

- ✓ Il s'agit d'une commande de 300 exemplaires d'un pilote automatique de bateau. Cela représente un investissement à moyen terme. C'est pourquoi et avant cela il souhaiterait s'assurer que les performances du produit sont conformes à ses attentes. Les raisons qui poussent cette entreprise à vérifier avant d'acheter peuvent être diverses.
  - ✦ Suppose peut-être une première commande auprès de ce fournisseur, ce qui commande la prudence avant un investissement conséquent.
  - ✦ Bien que peut-être bénéficiant d'une position de leader sur le marché, ce fournisseur peut déjà avoir livré des produits en dessous des attentes ou bien défectueux, d'où le contrôle.
  - ✦ Il peut s'agir d'une démarche visant à mettre en place un partenariat à long terme, ce qui impose le contrôle de prime abord, puis une certaine confiance contractuelle ensuite.
- ✓ Parce que ce produit a pour fonction principale : *permettre à l'utilisateur, le maintien automatique du cap du bateau* ; et parce que le produit est conçu comme un « vérin électrique » manœuvrant une barre de bateau ; plusieurs grandeurs et critères permettent de vérifier la conformité technique des annonces faites par le sous-traitant :
  - ✦ Critère important en termes de **réactivité** ou célérité du produit face aux aléas de la mer (courant, houle) : Les valeurs de vitesse de sortie et de rentrée de tige dans le vérin sont donc à réévaluer.
  - ✦ Critère important en termes de **fiabilité** face aux éléments (vagues exerçant des efforts sur le gouvernail) : La valeur de puissance mécanique de poussée ou traction de la tige sont donc à établir expérimentalement.
  - ✦ Critère important en termes d'**autonomie** du bateau en mer : Les valeurs de rendement et de puissance consommée sont à déterminer.

#### Rappel de l'objectif :

- ✓ Vous, étudiant, êtes chargé(é) de préparer la validation de l'achat.
  - ✦ Vous êtes donc responsable de la pertinence du choix des grandeurs significatives pour valider ou invalider l'achat.
  - ✦ Vous êtes donc responsable de la qualité des protocoles de mesures conduisant aux résultats attendus et donne la base de réflexion au choix à effectuer.
- ✓ Selon les critères développés ci-dessus, vous êtes amené à réaliser les mesures qui permettront de comparer avec les valeurs spécifiées dans la documentation technique du constructeur de ce matériel.

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## Démarche de résolution

Présenter la démarche suivante :

- I – Analyse des grandeurs à vérifier
- II – Choix et justification des appareils de mesure
- III – Prises de mesures selon trois protocoles
- IV – Conclusion

### I – Analyse préliminaire

- ✓ Vous rappelez la hiérarchie possible entre les différentes grandeurs à vérifier en s'appuyant sur les besoins supposés du futur client.
  - ↳ **Critère 1 – réactivité :** Très important pour le client car traduisant essentiellement son besoin de barrer le bateau automatiquement ; implique les grandeurs de **vitesse** de rentrée et de sortie de tige du pilote.
  - ↳ **Critère 2 – fiabilité :** Très important pour le client car traduisant aussi son besoin dans des conditions possiblement défavorable ; implique les valeurs de **puissance mécanique** développée par le pilote.
  - ↳ **Critère 3 – Autonomie :** Important pour le client mais surtout pour le vendeur (votre entreprise) qui doit dimensionner les éléments de réserve énergétique sur le bateau ; implique les valeurs de **puissance électrique** consommé par le pilote ainsi que son **rendement**.

### II – Choix et justification des appareils de mesure

- ✓ Vous devez faire fonctionner le pilote 5000 dans un mode de marche normale. Le système fonctionne normalement sur un bateau dont la source d'énergie est une batterie embarquée.
  - ↳ Le courant consommé est de type continu 24V => une alimentation stabilisée à courant continu est donc nécessaire.
    - ⇒ **Important :**  
L'alimentation disponible dans le laboratoire est en fait une double alimentation stabilisée à courant continu. L'intensité du courant consommée en charge est telle qu'une seule alimentation est insuffisante en débit de courant. Il est donc souhaitable de placer les deux alimentations du même boîtier en tandem afin de bénéficier de plus de courant.
- ✓ **Vitesses à mesure :**
  - ↳ Ayant pris des repères sur la tige à une distance maîtrisée de 200 mm, le choix se porte sur la mesure d'un temps moyen pour effectuer la distance qu'on s'est fixé. Un chronomètre est donc choisi. L'obtention des vitesses est faite par calcul simple avec la formule  $V = d / t$ .
  - ↳ L'acquisition des valeurs de vitesse permettent après calcul simple de déterminer la puissance mécanique développée par le système dans des conditions annoncées par le constructeur. La formule est :  $P = F \cdot V$ .
    - ⇒ **Important :**  
La précision n'est pas extraordinaire ! Il convient donc d'être rigoureux, concentré et précis dans les déclenchements et arrêts des mesures. De plus plusieurs mesures peuvent être effectuées afin de « lisser » des erreurs de justesse en établissant une moyenne des temps mesurés. Le nombre de prise de mesure est décidé en fonction de la célérité du mesureur.

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## ✓ Tension électrique à mesurer :

↳ Vous devez vérifier que la tension électrique d'alimentation aux bornes du moteur inclus dans le système, est bien prévue pour le fonctionnement. Le choix se porte évidemment sur un voltmètre.

⇒ **Important :**

Il n'est pas question d'utiliser comme valeur de référence, l'affichage de la tension même si elle est prévue sur l'alimentation stabilisée.

## ✓ Intensité électrique à mesurer :

↳ Vous devez acquérir les valeurs d'intensité électrique consommée dans le système (à vide, en charge). Le choix se porte évidemment sur un ampèremètre.

⇒ **Important :**

Attention au calibre des appareils quand vous les utilisez !  
Attention à leur position dans le câblage (voir schéma électrique ci-après) !

## ✓ Création expérimentale de la charge :

↳ Vous devez recréer en laboratoire une charge équivalente à 50N dans l'axe de la tige. Le choix se porte sur une masse suspendue à une corde avec une poulie pour le renvoi d'angle.

⇒ **Important :**

La corde possède une certaine élasticité. C'est pourquoi il faut être attentif au moment de faire les nœuds, aux positions de fin de course afin que :

En haut, le support ne vienne pas toucher la poulie.  
En bas, le support ne vienne pas toucher le sol.

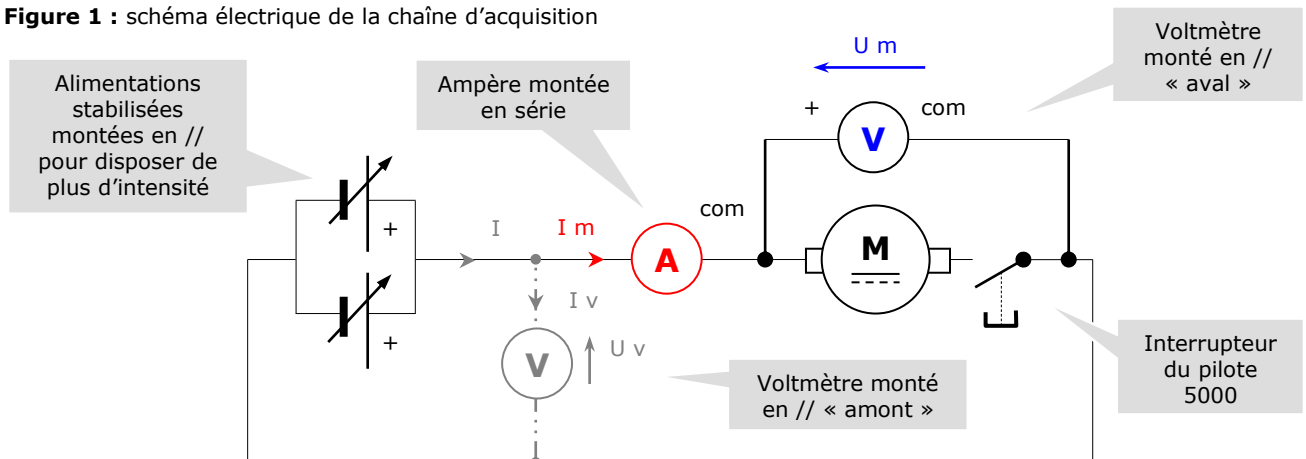
## III – Prises de mesures

Ayant choisi vos moyens de mesure, vous les mettez en œuvre selon trois protocoles distincts ayant chacun des objectifs différents. Dans ces trois protocoles l'essentiel des moyens de mesure forment un câblage se superposant à celui d'alimentation du système.

### ↳ Point 1 à ne pas oublier :

Vous devez faire schéma électrique en y faisant figurer de manière normalisée, les appareils de mesures et les éléments figurant le système (voir figure 1). Vous avez 2 possibilités pour placer vos multimètres. En « amont » et en « aval ». En « amont »,  $I = I_m + I_v$  et le courant  $I_m$  mesuré par l'ampèremètre n'est pas exactement l'intensité consommée par le moteur du pilote. La résistance du voltmètre est grande devant celle du pilote, ce qui implique  $I_v \approx 0$ . La marge d'erreur est faible mais autant ne pas l'ajouter à toutes les autres erreurs de mesure.

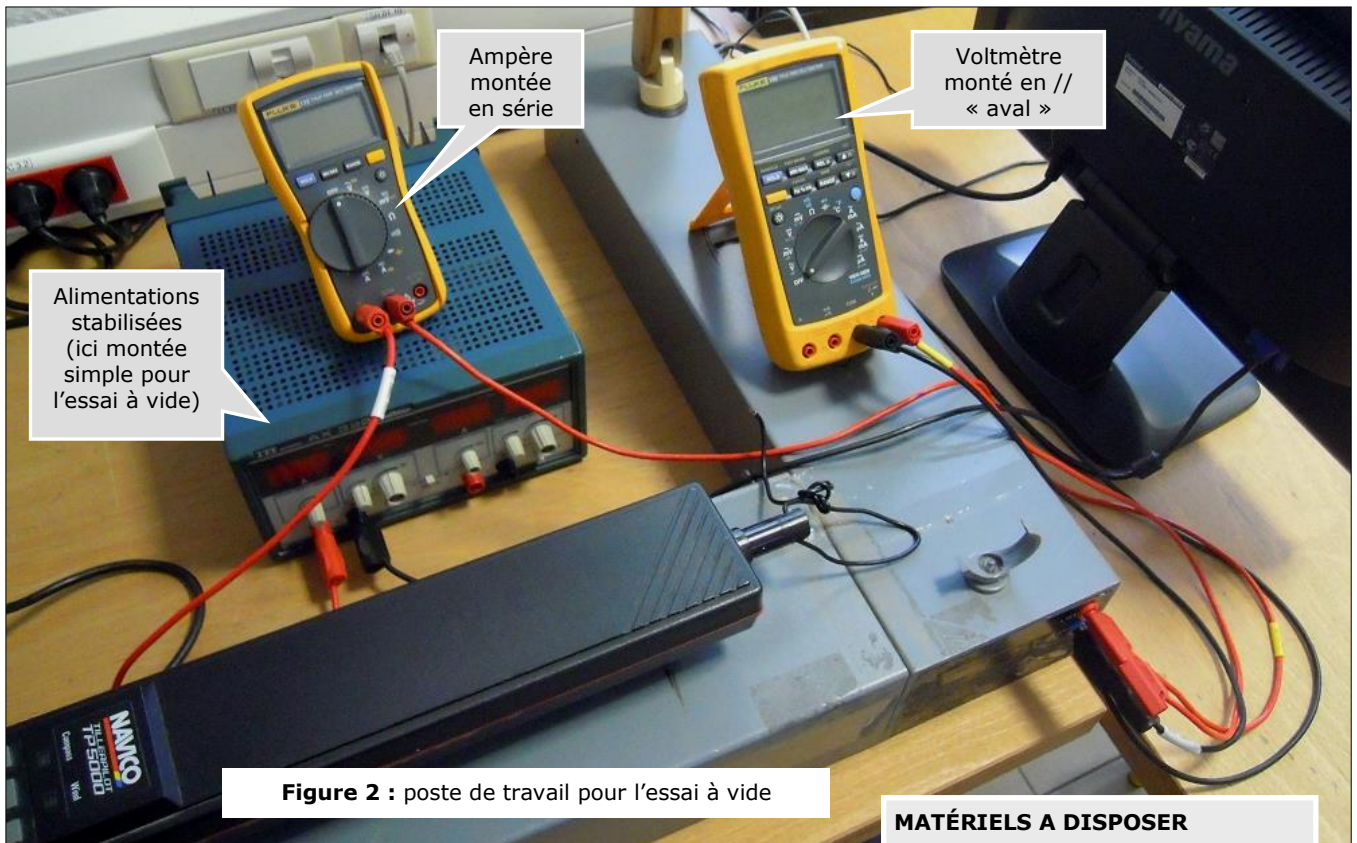
Figure 1 : schéma électrique de la chaîne d'acquisition



# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## ↪ Point 2 à ne pas oublier :

N'oubliez pas que vous êtes observés par le jury. Vous devez montrer que vous maîtrisez le processus de mesure et vous astreindre à un minimum d'ordre sur votre poste de travail.



## ↪ Point 3 à ne pas oublier :

Vous vérifiez vous-même et indépendamment d'une documentation l'attestant, que vos appareils de mesure sont aptes à vous fournir des résultats acceptables (présence de fusible...).

## PROTOCOLE D'ESSAI A VIDE

Grandeurs mesurées :

|                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| $v_0$                  | vitesse de rentrée à vide   |
| $v_{s0}$               | vitesse de sortie à vide    |
| $Pe_0 = U_0 \cdot I_0$ | puissance électrique à vide |

- ➊ Vous procédez à l'installation de la chaîne d'acquisition : câblage et poste de travail tel que montré précédemment en figure 1 et 2, sans la charge.
- ➋ Vous positionnez la tige sur l'un des repères visibles.  
⇒ Commander la rentrée / sortie de tige avec les interrupteurs de commande du pilote 5000.
- ➌ Vous faites sortir et / ou rentrer la tige du pilote 5000.  
⇒ Déclencher et stopper le chronomètre pour la mesure de vitesse sur 200 mm.  
⇒ Lire la valeur de tension et d'intensité au cours des translations à vide.
- ➍ Vous notez au fur et à mesure, l'ensemble des valeurs sur la fiche pré remplie récapitulative.

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## PROTOCOLE D'ESSAI AVEC SUPPORT NON CHARGÉ

Grandeurs mesurées :  $v'_0$  vitesse de rentrée avec support non chargé  
 $Pe'_0 = U'_0 \cdot I'_0$  puissance électrique avec support non chargé

- 1 Vous fixez le support non chargé.
- 2 Vous positionnez la tige sur le repère visible  $\Leftrightarrow$  tige sortie.
- 3 Vous faites rentrer la tige du pilote 5000.
- 4 Vous notez au fur et à mesure, l'ensemble des valeurs sur la fiche pré remplie récapitulative.
- 5 Vous calculez les écarts sur chaque grandeur afin de pouvoir conclure sur la validité de l'hypothèse : masse de support négligée.

## PROTOCOLE D'ESSAI EN CHARGE

Grandeurs mesurées :  $v$  vitesse de rentrée avec charge  
 $Ps = F \cdot V$  puissance électrique avec charge  
 $Pe = U \cdot I$  puissance électrique avec charge  
 $\eta$  rendement du pilote 5000 avec charge

- 1 Vous placez la charge ( $m = 5 \text{ kg} \Rightarrow F = m \cdot g = 5 \cdot 10 = 50\text{N}$ , correspondant aux informations constructeur).
- 2 Vous positionnez la tige sur le repère visible  $\Leftrightarrow$  tige sortie.
- 3 Vous faites rentrer la tige du pilote 5000.
- 4 Vous notez au fur et à mesure, l'ensemble des valeurs sur la fiche pré remplie récapitulative.
- 5 Vous calculez les grandeurs utiles afin de pouvoir conclure sur la problématique.

## PRÉPARATION A LA CONCLUSION

- ✓ Vous relevez sur les 3 courbes du document technique, les valeurs spécifiées de puissance mécanique développée ( $Ps$ ), de puissance électrique absorbée ( $Pe$ ) et de rendement ( $\eta$ ) (voir DT corrigé).
  - $\Rightarrow$  Selon les courbes de votre dossier technique :  $Pe$  spécifié = 15 W  
 $Ps$  spécifié = 1,25 W  
 $\eta$  spécifié  $\cong$  8,5 %
- ✓ Vous calculez à partir des éléments du dossier technique, les valeurs spécifiées de puissance électrique absorbée à vide ( $Pe_0$ ), de vitesse à vide ( $v_0$ ) et de vitesse en charge ( $v$ ).
  - $\Rightarrow$  Selon le dossier technique constructeur :  $Pe_0$  spécifié =  $U_0 \text{ spé} \cdot I_0 \text{ spé} = 12 \times 0,18 = 3 \text{ W}$   
 $v_0$  spécifiée =  $0,240 / 9 = 0,02666 \text{ m / s}$   
 $v$  spécifiée =  $Ps \text{ spé} / F = 1,25 / 50 = 0,025 \text{ m / s}$
- ✓ Vous calculez tous les écarts nécessaires la conclusion.
  - $\Rightarrow$  Par exemple pour l'écart % sur la puissance consommée à vide :

$$\begin{aligned} 100 \times (\Delta Pe_0 / Pe_0 \text{ spécifié}) &= 100 \times ((Pe'_0 - Pe_0 \text{ spécifié}) / Pe_0 \text{ spécifié}) \\ &= 100 \times ((7,56 - 3) / 3) \\ &= + 152 \% !! \end{aligned}$$

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## V – Conclusion

A l'issue des mesures et calculs, vous présentez vos résultats et conclusions par rapport à votre problématique.

- ✓ Vous reformulez la problématique à votre professeur
  - ↳ Vous synthétisez les différents points à aborder, voir page 1 de cette synthèse.
- ✓ Vous rappelez quelle est votre démarche pour répondre à votre problématique.
  - ↳ Vous énumérez les différentes étapes. Pour chacune vous expliquez de manière synthétique :
    - Pourquoi il y a cette étape.
    - Comment dans les grandes lignes est accomplie cette étape.
    - Quel est le résultat intermédiaire.
- ✓ Vous sélectionnez les écarts permettant de conclure à l'achat et surtout ceux qui conduisent à refuser la commande de ce matériel.
  - ↳ Vous êtes donc censé contredire l'option d'achat au-delà d'écart de **5 à 10 %**.
    - ⇒ Écart % sur la vitesse en charge : -14 %
    - Écart % sur le rendement en charge : - 21,2 %
    - Écart % sur la puissance consommée à vide : + 148 %

Les valeurs souhaitées minimums ( $P_e$  ou  $P_{e0}$ ) sont très inférieures à celles mesurées. Ceci fait consommer plus de courant et compromet l'**autonomie** du bateau.

Les valeurs souhaitées maximums ( $v$ ,  $v_0$ ,  $v_{s0}$ ,  $\eta$ ) sont très supérieures à celles mesurées. Les performances de **réactivité** sont donc médiocres.

Votre conclusion est donc que l'achat ne doit pas être effectué car certains écarts sont catastrophiques. On dépasse (en absolue) facilement 15 %, ce qui n'est commercialement pas tolérable pour une commande de 300 appareils.
- ✓ Vous rappelez les éléments clef, sur lesquels s'appuient la démonstration de votre conclusion.
  - ↳ Justesse / répétabilité des moyens de mesure.
  - ↳ Qualité de mise en œuvre du protocole de contrôle (la votre).
- ✓ Vous Identifiez des éléments de doute ou de discussion possible sur la véracité de la démonstration (voir ci-après).
- ✓ Vous proposez des points de procédure à améliorer, mettre en place ou vérifier afin d'éliminer ces doutes (voir ci-après).

SYNTHESE

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

## Éléments d'approfondissement

### ÉLÉMENTS D'ANALYSE CRITIQUE ET PROPOSITION D'AMÉLIORATION

- ✓ Le système utilisé pour les mesures est vieillissant => il conviendrait d'en disposer d'un neuf, voire de plusieurs afin de pouvoir effectuer les essais sur un échantillon plus représentatif.

↳ Dans la chaîne de transmission de puissance, il y a les éléments :



- ⇒ **Moteur :** bon rendement, usure mécanique modérée.  
=> Protocole correct, mesures fiables.
- ⇒ **Engrenage :** bon rendement 98 % dans des conditions normales, usure modérée.  
=> Protocole correct, mesures fiables.
- ⇒ **Vis / écrou :** rendement modeste mais très tributaire d'un bon graissage, usure mécanique importante si mauvais graissage au départ et si étanchéité compromise en fonctionnement.  
=> Protocole discutable, vérifier les conditions de lubrification du vis / écrou pour valider ou invalider l'essai qui vient d'avoir lieu ou prévoir plusieurs appareils pour les mesures.

- ✓ La conclusion s'appuie sur une valeur unique de mesure.

↳ Il serait souhaitable d'effectuer plusieurs mesures à la suite de chaque grandeur intervenant dans la conclusion. Ceci pour disposer d'une moyenne et pour ne pas asseoir la conclusion sur une valeur possiblement erronée.

- ✓ Les conditions de l'essai sont celles d'un laboratoire. En conséquence le milieu ambiant est idéal car peu humide, à température de 20°, etc. De plus peu de ces paramètres varient au cours de la mesure.

↳ Même s'il est probable que des conditions plus défavorables accentue la conclusion, il conviendrait d'effectuer des mesures avec des conditions différentes et au plus proche des conditions réelles, afin de valider les valeurs acquises.

- ✓ L'alignement de la tension de corde avec l'axe de la tige n'est pas garanti. Il introduit un cosinus dans le calcul de la puissance mécanique expérimentale.

↳ Il serait dans l'absolu souhaitable de concevoir un banc d'essai plus en adéquation avec cette hypothèse consistant à négliger la contribution du cosinus. Il faudrait tout de même évaluer le coup d'un tel banc d'essai au regard du défaut d'angle engendré par l'essai tel qu'il est pratiqué dans ce TP.

**Calcul de puissance mécanique :**  $P = F V \cos \alpha$  ;  $\alpha = 180^\circ$  ou  $0^\circ$  par hypothèse !

=> vérifier l'alignement entre tige et corde.

- ✓ La modélisation de la charge introduit une marge d'erreur => Il faudrait revoir certains dispositifs afin d'améliorer cette modélisation :

↳ **Modélisation de la charge F :** Avec une poulie / corde / masse.

- ⇒ Vérifier l'alignement entre tige et corde.
- ⇒ Vérifier la lubrification et / ou le guidage de la poulie.
- ⇒ Utiliser un câble plutôt qu'une corde.
- ⇒ Tenir compte des masses ajoutées (support + corde) dans la détermination de la masse/charge.

- ✓ La mesure d'intensité s'effectue avec un multimètre pour lequel la valeur n'arrête pas de changer au cours de la mesure.

↳ Il serait bon de disposer d'un système d'acquisition plus fin car il est connu que les moteurs consomment au démarrage des pics de courant qui ne sont pas forcément relevés dans la méthode actuelle.

**Mesure de l'intensité :** Moyen = multimètre -> valeur instantanée difficile à acquérir !

- ⇒ Utiliser une centrale d'acquisition avec signal « traitable » -> courant moyen plus précis.

# EST TP5 - Vérification de performances du pilote 5000

✓ La mesure de vitesse s'effectue avec un chronomètre sur 200 mm repéré directement sur la tige. Ceci n'est pas très précis.

↳ Il serait bon d'améliorer la méthode de mesure de cette grandeur.

**Mesure de vitesse :** Moyen = chronomètre -> valeur imprécise de mesure de temps !

⇒ Utiliser un film -> pointage de distance et de temps plus précis.

## Questions possibles du jury

**Q1 -** Quel est l'utilisation du pilote ?

**Q2 -** Quel est votre rôle dans la problématique ?

SYNTHESE