



## TRAVAUX PRATIQUES SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGENIEUR



### Variation de vitesse des systèmes, Intérêt et mise en œuvre

**DC20 DC22  
DC26**

### Contrôle du mouvement d'un portail automatique

#### Problématique

Comment contrôler le mouvement des vantaux d'un portail, du point de vue cinématique, des actions mécaniques et de ses chaînes d'énergie et d'information électrique ?

#### FONCTIONNEMENT NORMAL D'UN PORTAIL AUTOMATIQUE

A la réception du signal de commande radio, l'automate commande :

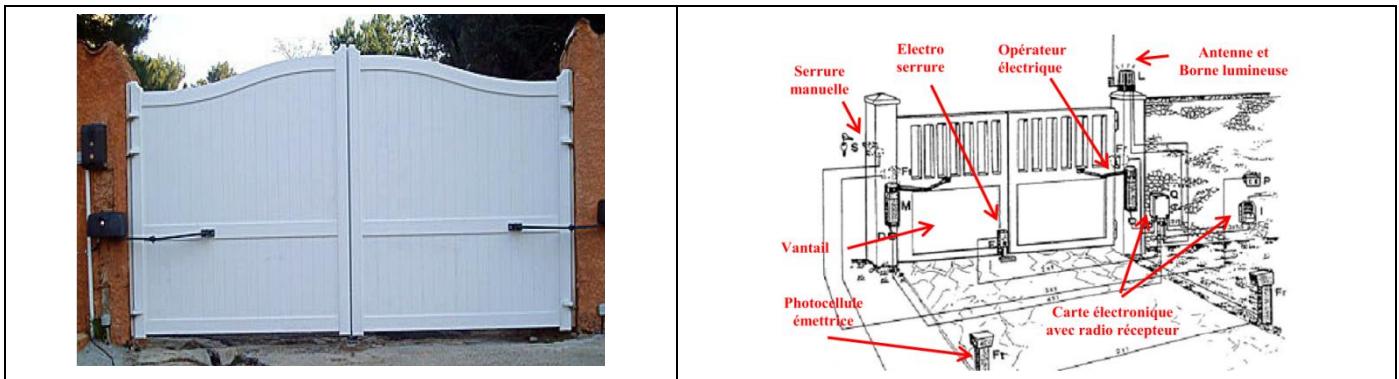
- soit l'ouverture (déverrouillage de la serrure et ouverture des 2 vantaux par les 2 motoréducteurs),
- soit la fermeture (fermeture des 2 vantaux par les 2 motoréducteurs, puis verrouillage de la serrure).

#### SITUATION ANORMALE, SECURITE DES PERSONNES (NORME EN13241-1\*) ET DU MATERIEL

Lorsqu'un point dur est détecté, un limiteur de couple intervient pour protéger :

- Les utilisateurs qui se trouveraient accidentellement bloqués par les vantaux (sécurité anti-écrasement)
- le moteur qui ne doit pas être alimenté rotor bloqué, mais qui doit pouvoir tourner quelques instants de plus lorsque les vantaux arrivent en butée de fin de course après la fermeture ou l'ouverture.

*\* Pour la protection et la sécurité de l'utilisateur lors du fonctionnement d'un portail (manuel ou automatisé), la réglementation européenne fixe les obligations à respecter par les installateurs dans la norme EN13241-1. Cette norme demande notamment que les portails automatisés satisfassent à des tests de mesure de pression. Le portail doit être anti-pincement, anti-écrasement, et que l'installateur remette à l'utilisateur plusieurs documents attestant de la conformité de l'équipement (dont une déclaration de conformité CE et un livret d'utilisateur).*



#### Problématique et démarche à suivre

On vous demande à partir de l'observation du système, de son dossier technique, de mesures et de simulations numériques, de vérifier et valider les solutions techniques adoptées pour :

- obtenir et contrôler le mouvement d'ouverture et fermeture d'un vantail,
- mettre en œuvre les moyens de réglages et configuration de chaîne d'énergie et d'information.

**La résolution de la problématique proposée se fera sous forme collaborative (activité commune).**

#### Activité 1 (2h15) / DC20 Cinématique et actions mécaniques des systèmes (Modéliser, Résoudre)

Mettre en évidence que la maîtrise de la trajectoire du vantail (position, vitesse accélération), que la limitation des contraintes sur les éléments constitutifs du système, nécessitent la mise en place d'un entraînement à vitesse et couple contrôlés (**respect de la norme EN13241-1\***).

Chef de projet

#### Activité 2 (2h15) / DC22 Machines alternatives (MAS) et leur contrôle (Analyser, Résoudre, Expérimenter)

Déterminer la loi entrée sortie permettant de paramétrer le pilotage d'un moteur asynchrone en fréquence.  
Déterminer les paramètres de réglage d'un profil de vitesse, le programmer dans un variateur industriel et valider sa réalisation par la mesure.

#### Activité 3 (2h15) / DC26 Acquisition d'une information de position, numérisation et traitement (Identifier, Analyser, Résoudre et adapter une solution programmée)

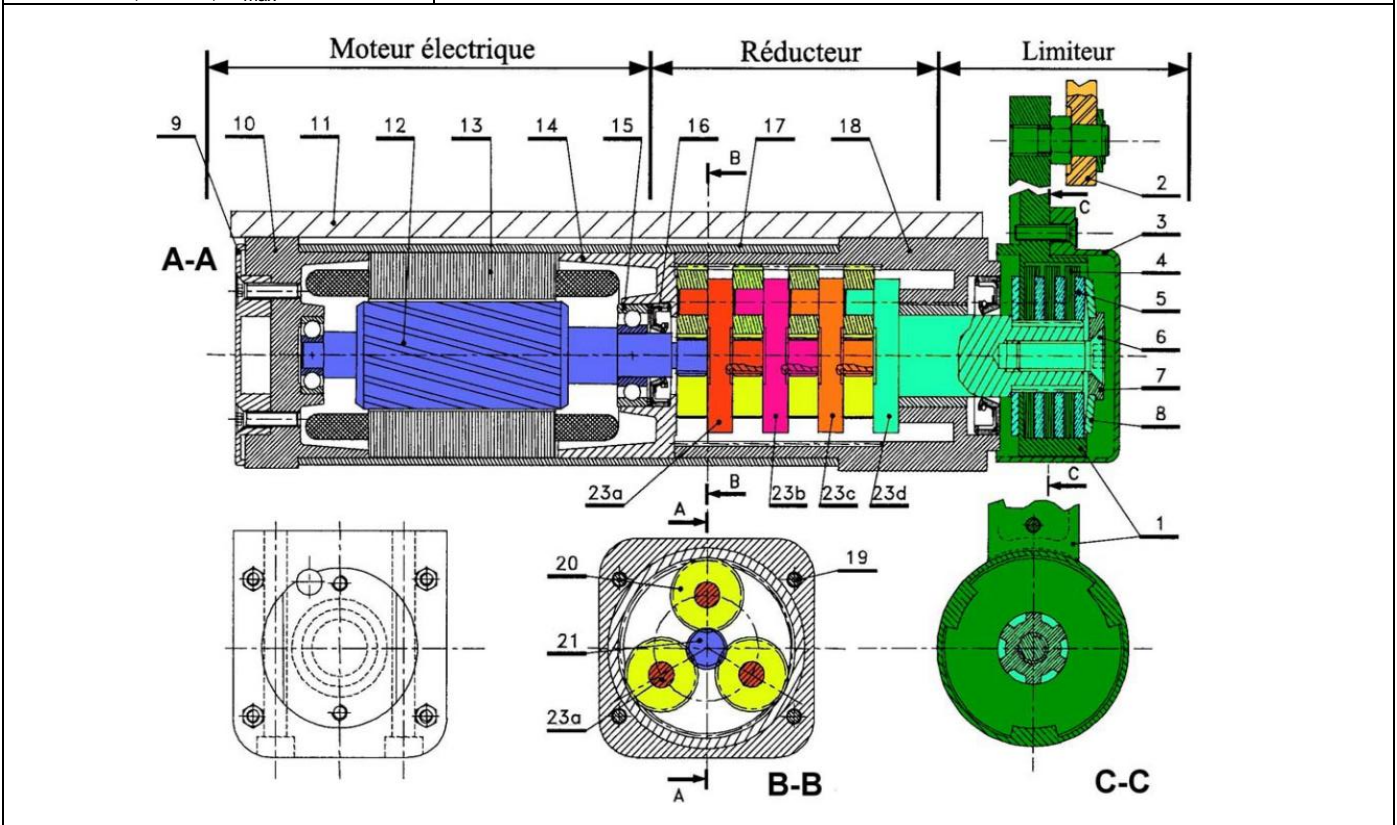
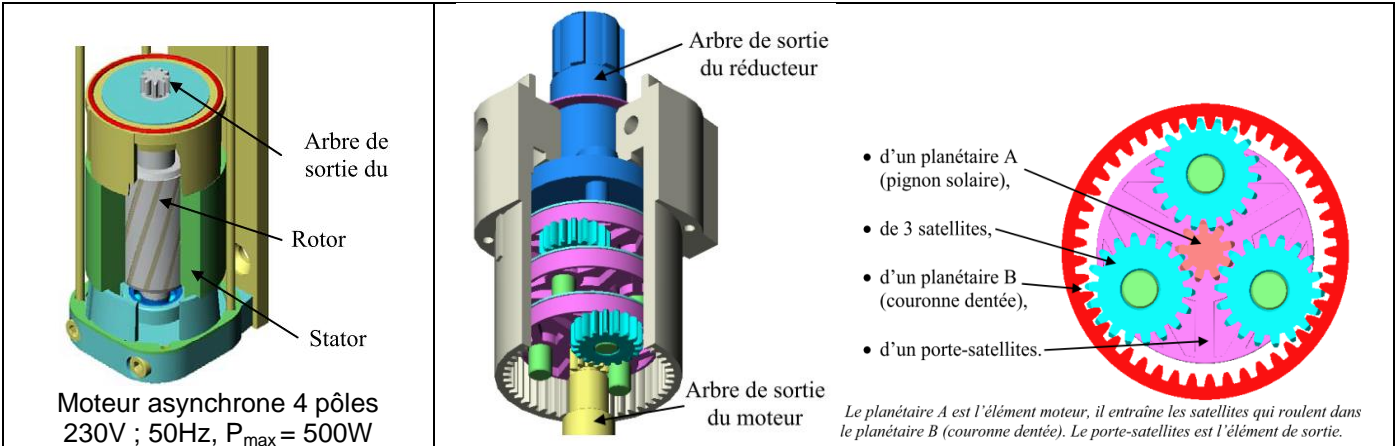
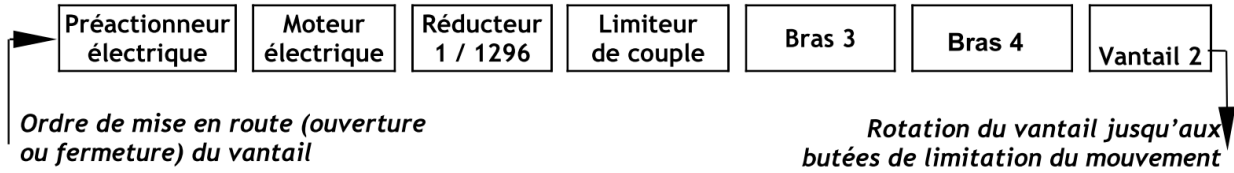
Valider la solution d'acquisition en place, déterminer sa fonction de transfert analogique / numérique, paramétrer une procédure programmée d'étalonnage automatique sur une interface programmable (ARDUINO).

#### Activité commune de synthèse et restitution orale (30' + 5') / (Communiquer)

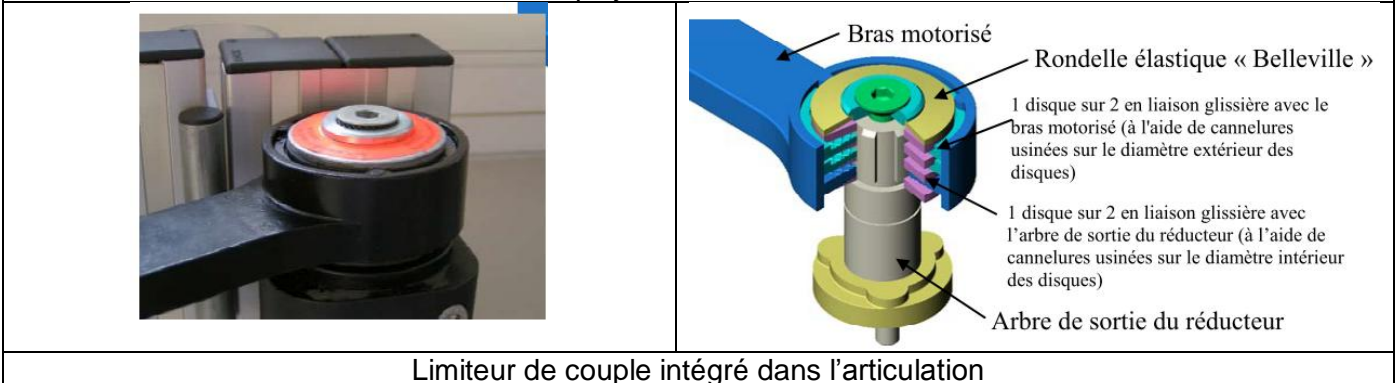
Le chef de projet gère la mise en commun des travaux effectués, il complète la « fiche bilan » distribuée, synthétise les études et résultats obtenus avec pour objectifs de :

- comprendre et expliquer le lien entre les 3 activités et la problématique posée,
- présenter oralement cette synthèse et les principaux résultats obtenus en respectant les critères d'évaluation.

Présentation du système



Motoréducteur épicycloïdal de réduction  $R = 1/1296$



Lorsque le vantail est bloqué, le bras motorisé s'arrête, les disques glissent les uns sur les autres, l'arbre de sortie du réducteur poursuit sa rotation, et le moteur continue à tourner.

Si le moteur est en surcharge trop longtemps, une sécurité thermique (disjoncteur) intervient.

**Activité 1 / DC20 Cinématique et actions mécaniques des systèmes**

La norme européenne considère une porte ou un portail motorisé comme une « machine ». A ce titre, des conditions précises de sécurité doivent être respectées. La norme s'attache plus spécialement à la limitation des forces.

**La limitation des forces**

Les forces déployées par une porte ou un portail motorisé doivent demeurer à l'intérieur d'un gabarit qui fixe des valeurs d'effort maximum en fonction d'une durée.

Dès que la mesure d'effort dynamique atteint 150 N, un effort maximum de 400 N (dans la majorité des cas) est autorisé pendant 0,75 seconde ;

Aucune force supérieure à 25 N n'est admise 5 secondes après l'impact.

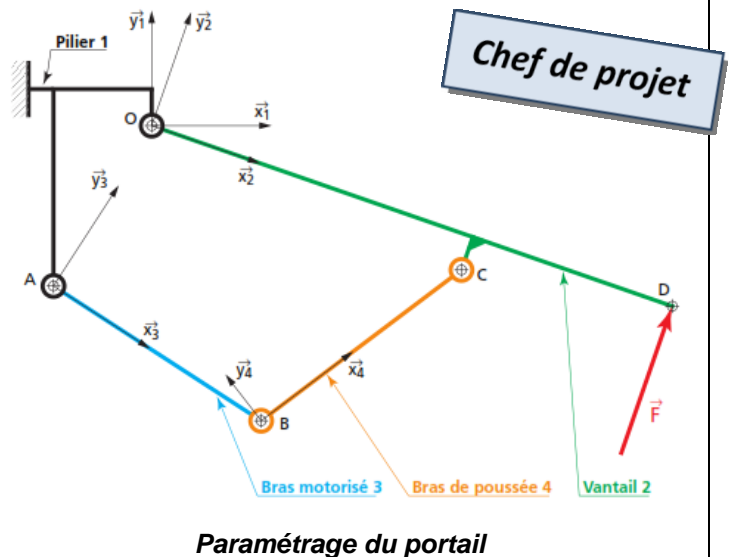
Les forces sont mesurées entre zones planes ou entre bord de fermeture et bord opposé.

Il faut noter que la limitation de force résulte de la combinaison de la motorisation, de l'électronique de commande et des accessoires de sécurité.

**L'étude consiste à déterminer le couple en sortie du motoréducteur afin de respecter cet effort maximum normalisé de 150 N en bout de vantail.**



Portail DOMOTICC



Paramétrage du portail

**Travail demandé**

**Débattement angulaire du bras motorisé**

Dans un premier temps il est nécessaire de rechercher l'amplitude angulaire du bras motorisé permettant l'ouverture maximale du vantail. Le cahier des charges impose un angle d'ouverture du vantail, depuis sa position fermée, au moins égal à 90°.

Vous avez à votre disposition un modèle numérique du portail : fichier « Portail\_Domoticc\_2014.iam » (Ressources CPGE / TSI-2 / SI / Maquettes Inventor).

1. Proposer 2 démarches permettant de déterminer cette amplitude angulaire. Les faire valider par un professeur puis en mettre une en œuvre.

**Recherche du couple motoréducteur à transmettre respectant les normes de sécurité**

Cette démarche se fera en 2 temps :

- Mise en place de l'effort maxi toléré ( $\vec{F}_{maxi\ norme}$ ) sur le portail et recherche d'un couple « inconnu » ( $\vec{C}_{motoréd\ inconnu}$ ) au niveau de la liaison bras motorisé / pilier,
  - Vérification avec la mise en place du couple moteur choisi ( $\vec{C}_{motoréd\ autorisé}$ ) associé à un effort inconnu ( $\vec{F}_{inconnu}$ ) sur le vantail. Analyser cet effort tout au long du parcours du vantail, qui ne devra à aucun moment dépasser la norme  $F=150\ N$ .
2. Reporter sur les figures 1 et 2 du document réponse ces 4 actions mécaniques. Se poser les bonnes questions : où placer l'effort pour être dans le cas le plus défavorable ? où positionner le couple du motoréducteur ?
  3. Préciser si la position du vantail a une importance dans la transmission des actions mécaniques au sein du mécanisme. Justifier votre réponse par des croquis.
  4. Désactiver le mouvement actuellement imposé. Puis mettre en œuvre la 1<sup>ère</sup> situation : force sur vantail connue et égale à 150 N (direction de charge associative) et couple motoréducteur inconnu. Tracer et analyser l'allure de la courbe de l'évolution du couple motoréducteur en fonction des positions d'ouverture du vantail.
  5. Relever la valeur maximale que le couple moteur ne devra jamais dépasser pour respecter la norme de sécurité imposée. Justifier.
  6. Vérifier et valider la valeur de ce couple en mettant en œuvre la 2<sup>ème</sup> situation (couple moteur connu et force sur vantail inconnue (direction de charge associative)).
  7. Expliquer la solution technique mise en œuvre pour contrôler et maîtriser cet effort maximal sur le vantail.
  8. Mesurer l'effort maximal lors du fonctionnement du portail.
  9. Proposer une démarche expérimentale permettant de régler cet effort maximal.

**Bilan activité 1**

10. Justifier l'étude menée dans le cadre de la problématique posée.



**Activité 2 / DC22 Machines alternatives triphasées (MAS) et leur contrôle**

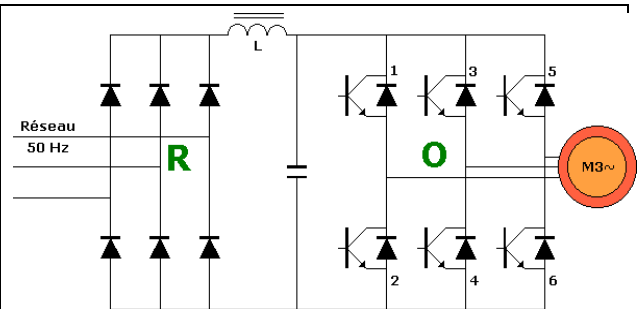
**Travail préparatoire, détermination des paramètres de variateur à programmer**

1. Faire un essai du système et observer le cycle de fermeture et ouverture du portail. Chronométrer le temps de fermeture et d'ouverture, relever l'angle balayé lors du mouvement par le bras moteur (3) en degré et radian.
2. Vérifier expérimentalement sur le système s'il est mécaniquement réversible en essayant d'entraîner le vantail du portail à la main. Bien observer, écouter... ce qui se passe. Décrire la raison pour laquelle d'un point de vue technologique ce système est irréversible.
3. Déduire en justifiant, les quadrants de fonctionnement du moteur électrique dans le plan couple/vitesse lors du fonctionnement, d'un point de vue de régime établi. Illustrer votre réponse dans le plan  $C=f(\Omega_{R/O})$ .
4. A partir des caractéristiques techniques fournies page 2, déterminer la relation entre la vitesse de rotation du rotor moteur  $\Omega_{R/O}$  (rad.s<sup>-1</sup>) et la vitesse de rotation du bras moteur (3)  $\Omega_{3/O}$  en rd.s<sup>-1</sup>.
5. Déterminer pour la vitesse de manœuvre relevée du bras (3), la vitesse du moteur, faire l'application numérique et donner  $\Omega_{R/O}$  en rd.s<sup>-1</sup> puis en tr/min. Déduire la vitesse de synchronisme du moteur  $N_{S/O}$  en tr/min et son nombre de paires de pôles p,. Calculer le glissement nominal du moteur  $g_N$ .
6. A partir de vos mesures et calculs, établir en considérant le glissement constant et égal à  $g_N$ , la relation entre la fréquence d'alimentation du moteur f et la vitesse de rotation du bras  $N_{3/O}$  (tr/min). Donner alors la valeur de K dans l'expression  $N_{3/O} = K.f$ .
7. Justifier dans le contexte de l'application et du respect des normes de sécurité, la nécessité de maîtriser les grandeurs de couple et/ou de vitesse au niveau du vantail.

**Programmation du variateur et vérification expérimentale**

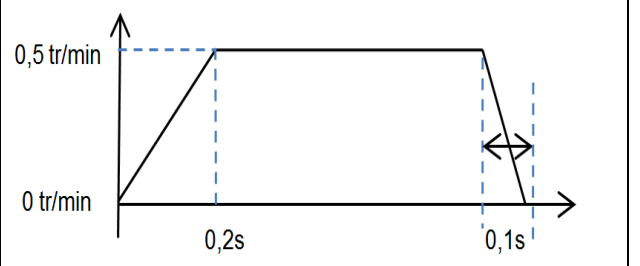
Vous avez à disposition en dehors de votre système, un variateur type ATV 21 programmable selon la notice fournie en annexe, et un moteur asynchrone triphasé avec une mesure de vitesse par dynamo tachymétrique.

**Pour réaliser le cycle d'ouverture et fermeture de la barrière, il faut programmer les paramètres du variateur pour obtenir coté vantail le profil de vitesse ci-contre.**



*Remarque : Les accélérations sont linéaires, le temps fixé pour la rampe positive ou négative est toujours celui pour passer de 0 à 50Hz ou de 50 à 0Hz.*

*Ainsi lorsque l'on veut un passage de 0 à 25 Hz en 2 s le temps à programmer sera de 4s, c'est-à-dire celui qui donnerait un passage de 0 à 50Hz même si la fréquence maxi est de 25Hz.*



8. Calculer la fréquence maxi **HSP** à fixer pour la vitesse établie et donner les valeurs de temps d'accélération **ACC** et de décélération **DEC** pour ce profil, en tenant compte de la remarque ci-dessus.
  9. Relever la vitesse nominale du moteur mis à disposition et sa puissance utile. Déduire sa vitesse de synchronisme et indiquer si elle a même valeur que celle de votre application.
- Si ce n'est pas le cas vous programmerez néanmoins les paramètres prédéterminés.*
10. Réaliser le couplage du moteur en sachant que le variateur dont vous disposez délivre des tensions efficaces de 230V entre phases.

Avec le matériel en place sur le poste de travail, vous devez :

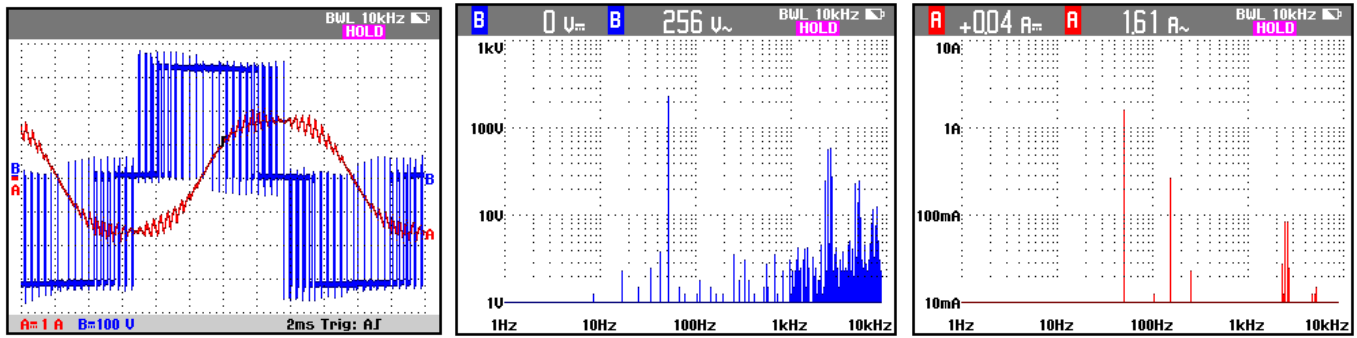
- mesurer la tension efficace V aux bornes d'un enroulement du moteur avec un **voltmètre**
- observer la tension v(t), le courant i(t) aux bornes d'un enroulement moteur avec un **premier oscilloscope**.
- observer la rampe de mise en vitesse du moteur (dynamo tachymétrique) par un **second oscilloscope**.

11. Proposer un schéma et un protocole de mise en œuvre de ces mesures avec les appareils dont vous disposez. *Penser à la séparation de la mesure des signaux rapides (découpage de l'onduleur) et des signaux lents (vitesse).*

**Faire valider votre schéma et protocole, réaliser le câblage seulement si vous y êtes autorisé.**

12. En suivant les indications de la notice du variateur, programmer les paramètres **HSP**, **ACC** et **DEC** prédéterminés.
13. Mettre en service le variateur et vérifier les durées des 2 rampes de vitesse (démarrage et arrêt).
14. Pour la vitesse stabilisée (valeur de HSP), relever la tension efficace d'un enroulement et la fréquence.
15. Diviser par 2 cette vitesse à l'aide du potentiomètre du variateur et faire les mêmes relevés, **commentez**.

16. Observer simultanément la tension et le courant aux bornes d'un enroulement ajuster les réglages de l'oscilloscope pour obtenir des signaux comparables à ceux fournis ci-dessous à gauche.

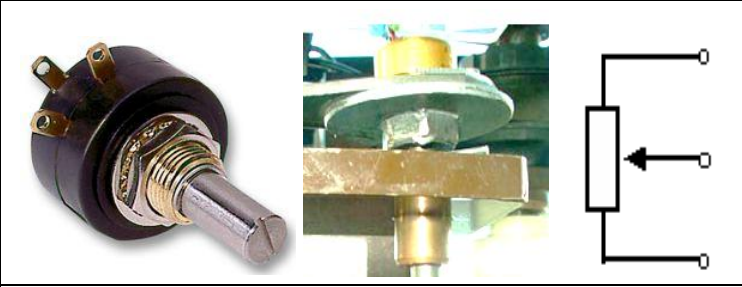


17. Expliquez ce que signifie MLI, relever la valeur de la tension du bus continu et le déphasage entre  $v(t)$  et  $i(t)$ .
18. Utilisez l'oscilloscope en analyseur de spectre sur la tension et sur le courant. Vous devez obtenir des signaux comparables à ceux fournis ci-dessus.
- Indiquez pourquoi le spectre du courant est plus réduit que celui de la tension.
19. Conclure sur l'intérêt que peut apporter la mise en place d'un variateur sur la manœuvre du portail.

**Activité 3 / DC26 Acquisition de l'information de position du battant, numérisation et traitement**

Pour améliorer les performances du portail motorisé et obtenir des fonctionnalités plus évoluées (ouverture partielle pour le passage d'une personne par exemple) on met en place un capteur angulaire rotatif sur un vantail.

On retient un potentiomètre ayant les caractéristiques suivantes.

	<p><b>ELECTRICAL</b></p> <p>RESISTANCE VALUES _____ 500,1K,2K,5K,10K,20K  RESISTANCE TOLERANCE _____ <math>\pm 10\%</math>  LINEARITY(INDEPENDENT) _____ <math>\pm 1\%</math>  ELECTRICAL ANGLE _____ <math>320^\circ \pm 5^\circ</math>  END RESISTANCE _____ 0.2% MAX.  RESOLUTION _____ ESSENTIALLY INFINITE</p> <p><i>(linéarité donnée pour la pleine échelle PE)</i></p> <p><b>MECHANICAL</b></p> <p>NO OF TURNS _____ 1  MECHANICAL ROTATION _____ <math>320 \pm 5^\circ</math>  ROTATIONAL LIFE _____ 10,000,000 TURNS</p>
Vue du potentiomètre et de son montage, symbole normalisé	Caractéristiques principales

**ETABLISSEMENT DE LA FONCTION DE TRANSFERT DU CAPTEUR**

On note l'angle du vantail  $\theta_v$  et la tension de sortie du potentiomètre  $V_{\theta_v}$ .

1. Indiquer la grandeur physique de l'information issue de ce capteur et le lien (logique, numérique, analogique) entre son entrée et sa sortie.
2. Représenter ce potentiomètre avec son symbole normalisé en mettant en place son alimentation  $V_{cc}$ , sa tension de sortie  $V_{\theta_v}$  et la variable  $\theta_v$  qui agit sur la position de son curseur.
3. Donner la plage électrique et la plage mécanique de ce potentiomètre en expliquant la différence sur le graphe  $V_{\theta_v} = K_v \cdot \theta_v$  que vous représenterez.
4. Etablir la fonction de transfert du potentiomètre sous la forme  $V_{\theta_v} = K_v \cdot \theta_v$ .
5. Calculer  $K_v$  pour  $V_{cc} = 10V$ . Illustrer sur votre graphe ce que représente la linéarité du potentiomètre, calculer la valeur absolue de l'erreur angulaire maximale en  $^\circ$ .
6. **Vérifier expérimentalement** sur le système la loi que vous venez d'établir (proposer un protocole de mesure avec schéma et appareil).

Pour exploiter la mesure de l'angle de vantail il est nécessaire de numériser le signal  $V_{\theta_v}$ . On utilise pour cela un codage sur 8 bits non signé ou 8 bits signés. On nomme incrément la variation du bit de poids faible (LSB).

7. Indiquer le nom de la fonction à mettre en place pour numériser ce signal.
8. En admettant une exploitation complète de la plage de tension de 0 à 10 V pour un angle de fermeture de  $100^\circ$ , déterminer la résolution obtenue par le codage numérique en  $V/\text{incrément}$  puis  $^\circ/\text{incrément}$ .

**On nomme q (quantum) cette valeur.**

9. Représenter la courbe liant le code N binaire à l'angle de vantail  $\theta_v$ , bien préciser les valeurs caractéristiques (tension et mot binaire de 8bits non signé). Donner sans aucun calcul en utilisant les propriétés du code binaire, la valeur du code pour une position de lisse de  $50^\circ$  puis  $100/4^\circ$ .
10. Indiquer ce qui se passe, si le capteur est mal calé sur son support, c'est-à-dire avec un décalage initial lorsque le vantail est en position origine.

**PROCEDURE D'ETALONNAGE NUMERIQUE DE L'ANGLE DE VANTAIL (CARTE ARDUINO)**

On vous propose dans le document « Procédure de réglage d'un capteur analogique » un programme permettant un étalonnage du capteur dans son environnement de montage en place sur le système.

Ce document est un document réponse (DR) que vous complétez au fil des questions et de votre expérimentation.

11. Retrouver dans le programme les parties et les informations suivantes :
  - Localiser et indiquer sur le DR la déclaration des variables et le repère des entrées/sorties, relever les pattes (PIN) attribuées et leur rôle.
  - Localiser la partie du programme correspondant à la recherche de la plage du capteur exploitée, indiquer quelle est la durée de la phase d'étalonnage possible.
  - Proposer dans le programme une modification de cette durée pour l'étendre à 12s.
  - Indiquer dans quelle plage numérique et sur quel format l'information numérique doit être calibrée après l'étalonnage sur le système réel.
  - Estimer l'angle d'ouverture du vantail nécessaire au passage d'une personne, puis proposer une modification du programme pour envoyer un signal logique (visible sur un LED pour votre essai) lorsque l'angle désiré (passage d'une personne) est obtenu réellement sur le système.
12. Compléter page 2 du document réponse (DR) le schéma en mettant en place le potentiomètre fourni et les LED.
13. Téléverser le programme modifié dans la carte ARDUINO et procéder aux essais, vérifier le fonctionnement de votre procédure.
14. **Conclure en justifiant la procédure d'étalonnage d'un capteur sur un système réel.**  
**Indiquer à quel moment cette procédure d'étalonnage doit être faite.**