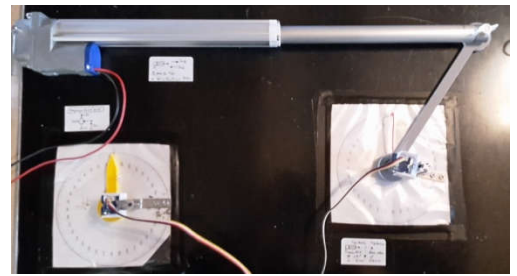
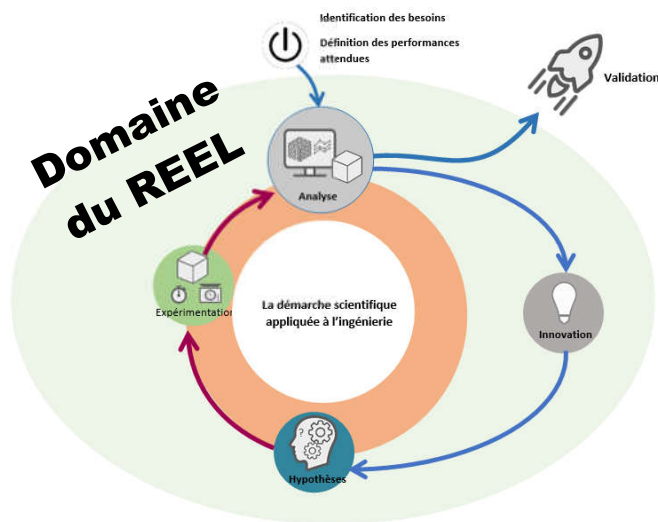


Suivre un cap avec une maquette expérimentale de pilote automatique.



Maquette expérimentale de Pilote automatique



**Objectif de cette activité :**

Réaliser une maquette expérimentale afin d'extraire les données utiles à son expertise.

Dans cette activité, le matériel est mis à disposition pour permettre l'assemblage des composants de la maquette et son exploitation par la mesure.



**Problème technique de l'activité 2bis :**

Comment mettre en œuvre une solution minimaliste de suivi de cap ?

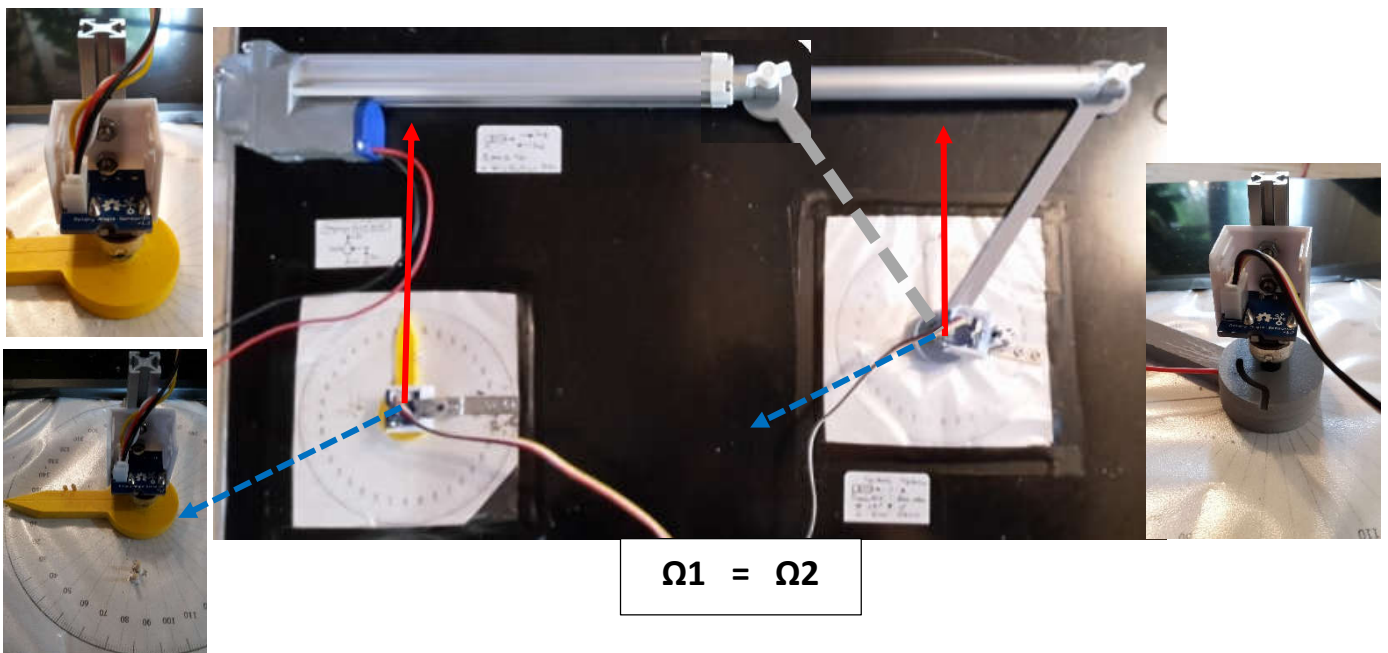
Comment en extraire les données en vue d'une analyse de performances ?

Cette solution minimaliste permet-elle de satisfaire au mieux les exigences du cahier des charges ?



**ASSEMBLAGE ET ETALONNAGE DES COMPOSANTS DE LA PARTIE OPERATIVE DE LA MAQUETTE**

- 1- **Assembler ou Réaliser** tout ou partie de la maquette en l'aide du matériel fourni.
- 2- **Alimenter** en direct le vérin électrique pour sortir entièrement sa tige.  
*NB : le vérin pris en exemple ici est alimenté en 12 VDC.*
- 3- **Positionner et étalonner** les 2 potentiomètres (à l'ohmmètre) de sorte que les 2 valeurs ohmiques soient égales lorsque le cap à suivre et le cap suivi indiquent tous les deux la même direction et le même sens.
- 4- **S'assurer** que l'étalonnage est correctement réalisé en comparant les valeurs ohmiques et les caps lorsque la tige est entièrement rentrée.

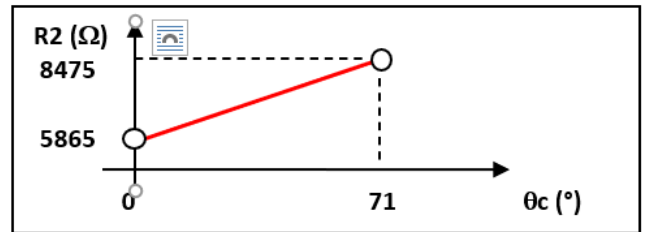
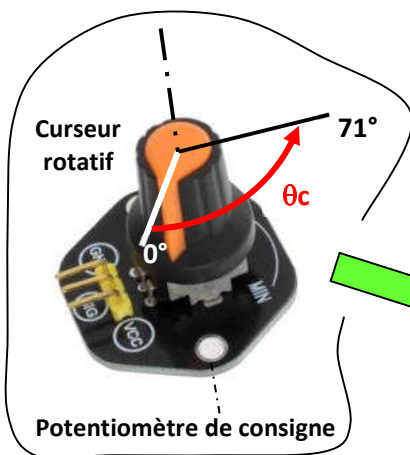


5- **Tracer** la caractéristique  $R2 = f(\theta_c)$ .

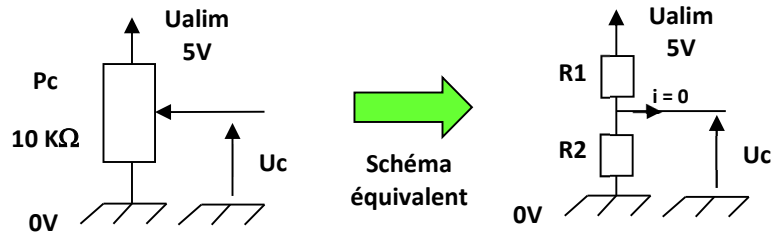
6- **Tracer** de même la caractéristique  $R4 = f(X_r)$ .

A titre indicatif, voici les valeurs relevées pour la maquette expérimentale prise en référence.

➔ **Coté Acquisition de la valeur de consigne :**

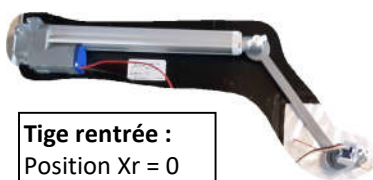


Avec R2 définie comme suit :

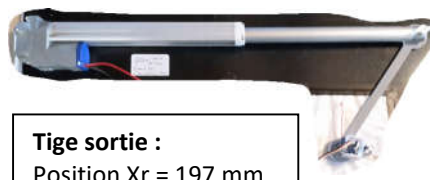


NB : Ce rappel sur le schéma équivalent du pont diviseur de tension vaut aussi pour le potentiomètre d'acquisition de la valeur réelle avec R3 et R4 comme désignation de résistances.

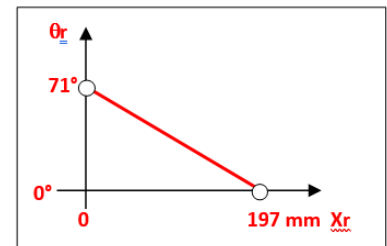
➔ **Coté Acquisition de la valeur réelle :** Les relevés expérimentaux donnent pour les positions extrêmes de la tige du vérin :



**Tige rentrée :**  
 Position  $X_r = 0$   
 Angle  $\theta_r = 71^\circ$   
**NUM = 867**



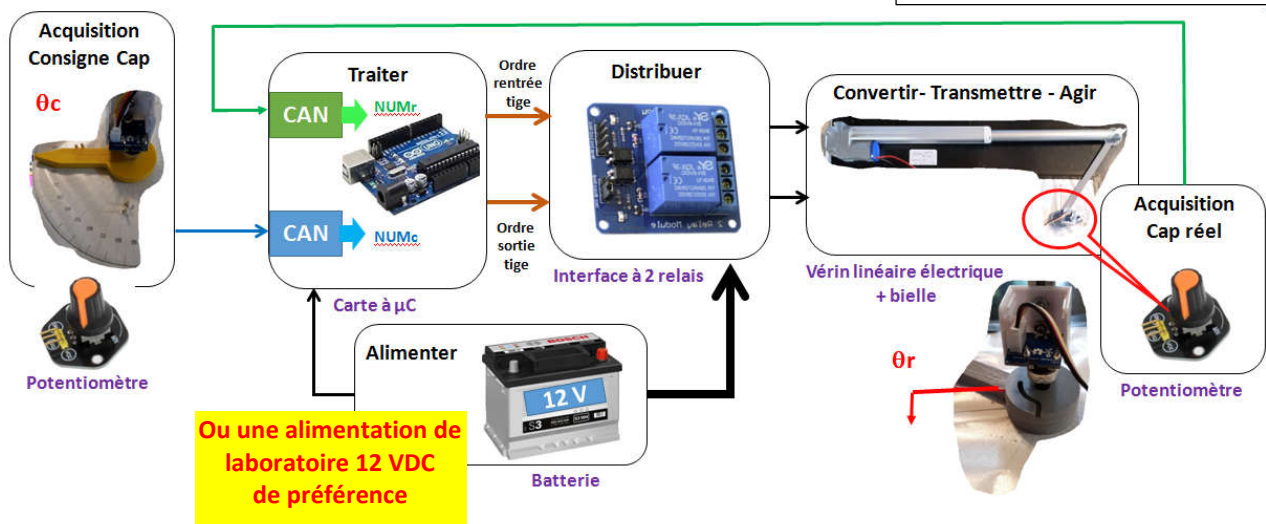
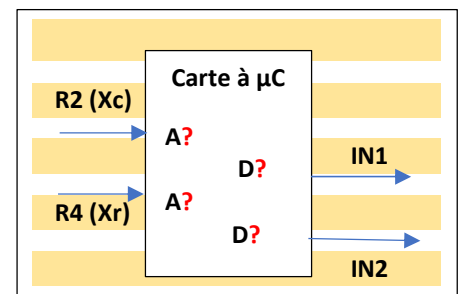
**Tige sortie :**  
 Position  $X_r = 197 \text{ mm}$   
 Angle  $\theta_r = 0^\circ$   
**NUM = 600**



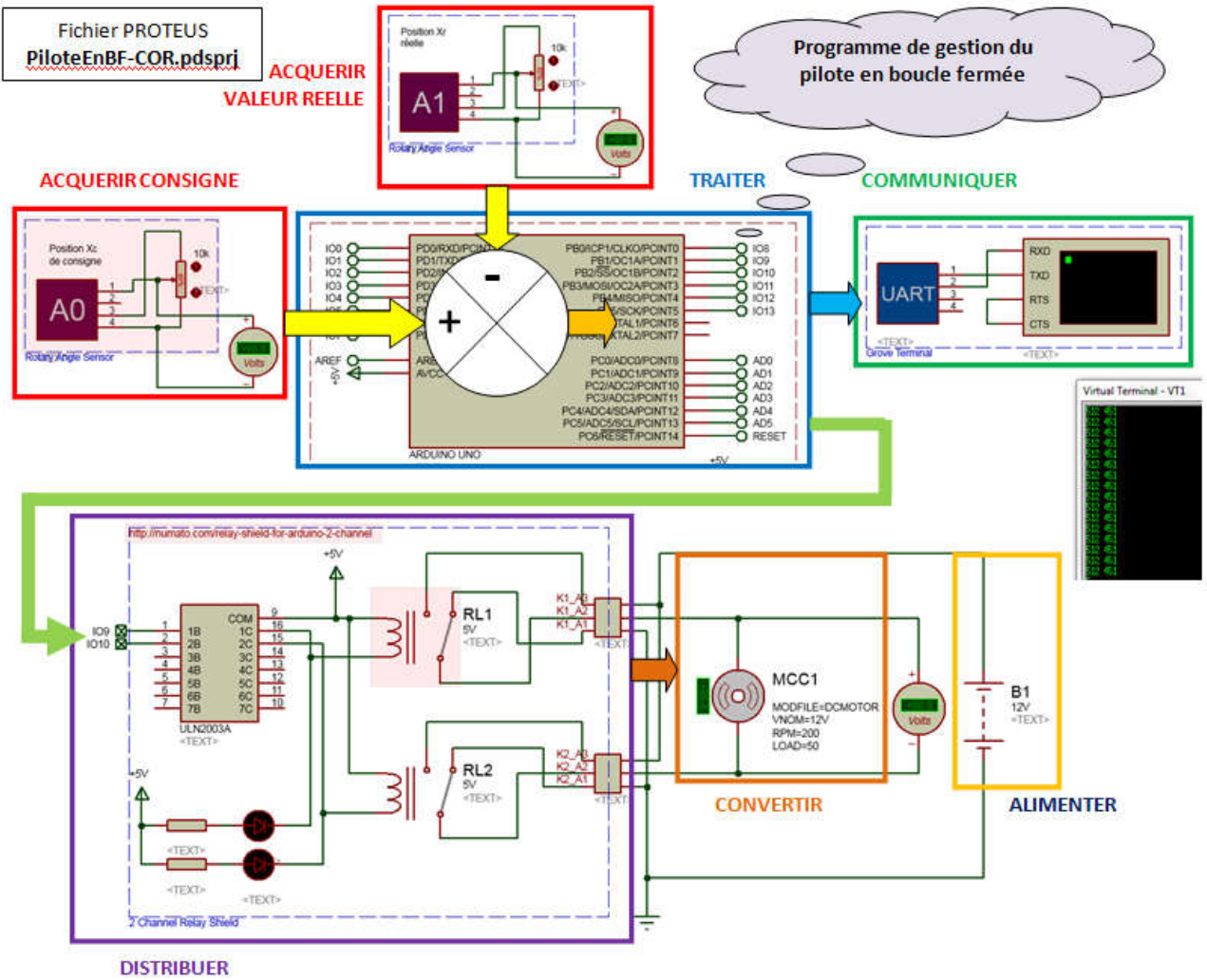
**CABLAGE DES COMPOSANTS DE LA PARTIE COMMANDE DE LA MAQUETTE**

7- **Extraire** du schéma structurel de la page suivante le numéro des broches de la carte à  $\mu\text{C}$  qui sont utilisés.  
**Renseigner** ci-contre la figure d'affectation des entrées/sorties.

8- **Câbler** les composants en respectant scrupuleusement le schéma structurel donné à la page suivante.



**Schéma structurel de la maquette expérimentale**

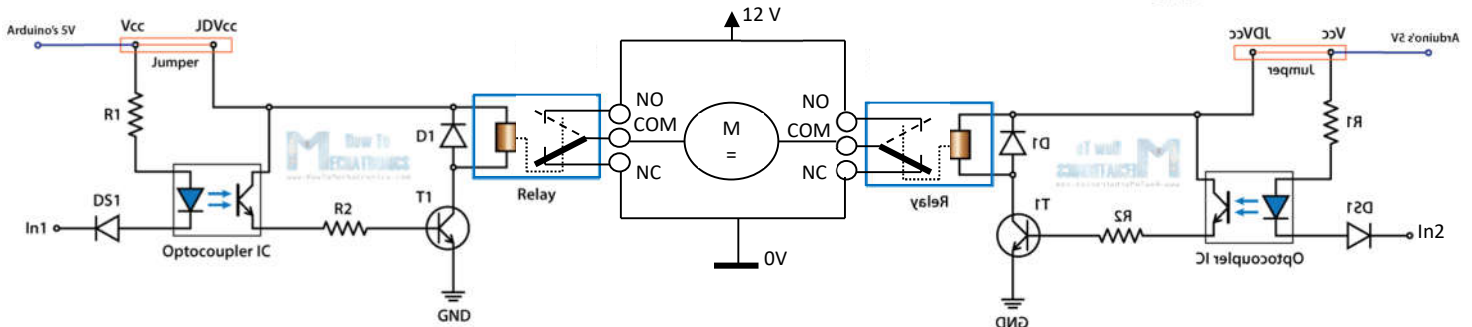
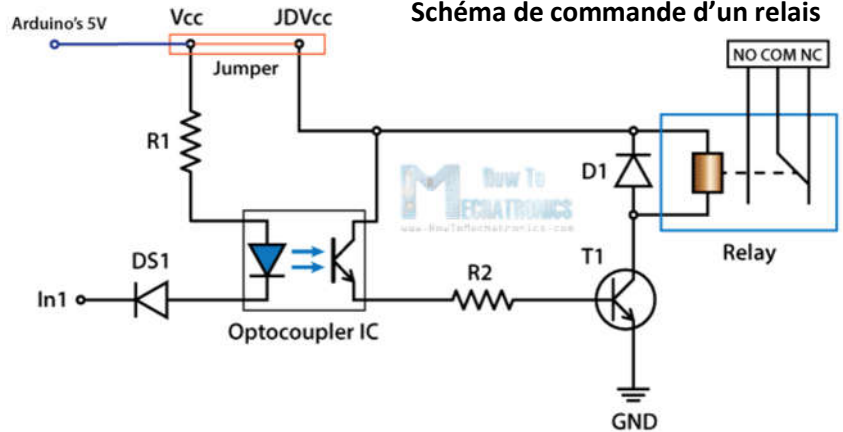


**DETAILS DU CABLAGE DE LA CARTE D'INTERFACAGE A RELAIS**

Module de relais 5V à 2 canaux



Schéma de commande d'un relais



**PROGRAMMATION DE LA CARTE A MICROCONTROLEUR (PiloteEnBF-Hysteresis.ino)**

Ce programme comporte une variable interne « Hystérésis ». Elle permet d'établir une plage de tolérance (flexibilité) de 0, +/- 1 ou +/- 2 ou +/- 3... autour d'une valeur numérique précise à obtenir ceci afin de moins limiter les sollicitations des relais à l'approche de l'égalité numérique entre le cap à suivre et le cap réellement suivi.

Cette plage de variation doit être judicieusement choisie. A savoir :

Plus elle est grande et moins les relais sont sollicités. En revanche plus le risque d'erreur entre le cap à suivre et le cap moyen réellement suivi augmente.

9- **Téléverser** ce programme dans la carte à µC via le port USB.

**Test SANS VERIN ELECTRIQUE**

10- A l'aide des LED témoins de la carte d'interfaçage, **trouver** le moyen de s'assurer de la bonne activation du relais en fonction de la consigne souhaitée et de la position de la tige.

**Apporter** la modification au câblage qui convient le cas échéant.

**Test AVEC VERIN ELECTRIQUE**

11- En présence du Professeur, **régler** le 12 VDC puis **mettre** sous tension et **s'assurer** du bon fonctionnement de la maquette.



**Rappel des hypothèses simplificatrices**

Le skipper navigue à vue (la cible à atteindre par le pilote automatique de bateau est visible à l'œil nu). Les conditions de navigation (météo, courants marins) sont idéales. Autrement dit, les perturbations extérieures sont considérées comme nulles.



**EXPERIMENTATION**

- 12- **Mettre en œuvre** un protocole de mesure permettant de relever  $U_r = f(t)$  à l'oscilloscope pour cette position.
- 13- Grace au moniteur série, **contrôler** le réglage de la consigne afin d'obtenir  $NUM_r = 706$ .
- 14- **Observer** à l'oscilloscope le relevé de  $U_r = f(t)$  pour une **valeur d'hystérésis nulle** et des « delay » fixés à 200ms.
- 15- Le comportement du vérin et de la carte donne-t-il satisfaction en termes de stabilité ?
- 16- Sachant que l'on souhaite déterminer la variation de cap générée autour du cap à suivre, **observer** le signal en position AC et **mesurer** la valeur  $\Delta U_r$ .
- 17- Quelles influences ont les réglages des paramètres Hystérésis et Delay sur ce comportement ?
- 18- Quel réglage du paramètre « Hystérésis » inhibe l'instabilité constatée initialement si les « delay » sont réglés à 100 ms.

```
int Hysteresis = 0 ;
int NUMc = 0 ;
int NUMr = 0 ;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode( 9 , OUTPUT);
  pinMode( 10 , OUTPUT);
}
void loop() {
  Hysteresis = 3 ;
  NUMc = analogRead(A0) ;
  NUMr = analogRead(A1) ;
  Serial.print(NUMc);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(NUMr);
  Serial.print(" ");
  Serial.println();
  if ( ( ( NUMr ) > ( ( NUMc + Hysteresis ) ) ) ) {
    digitalWrite(9 , HIGH);
    digitalWrite(10 , LOW);
    delay( 100 );
  }
  if ( ( ( NUMr ) < ( ( NUMc - Hysteresis ) ) ) ) {
    digitalWrite(9 , LOW);
    digitalWrite(10 , HIGH);
    delay( 100 );
  }
  if ( ( ( ( NUMr ) >= ( ( NUMc - Hysteresis ) ) ) && ( ( NUMr ) <= ( ( NUMc + Hysteresis ) ) ) ) ) {
    digitalWrite(9 , HIGH);
    digitalWrite(10 , HIGH);
    delay( 100 );
  }
}
```

Analyse des écarts sur la maquette de référence

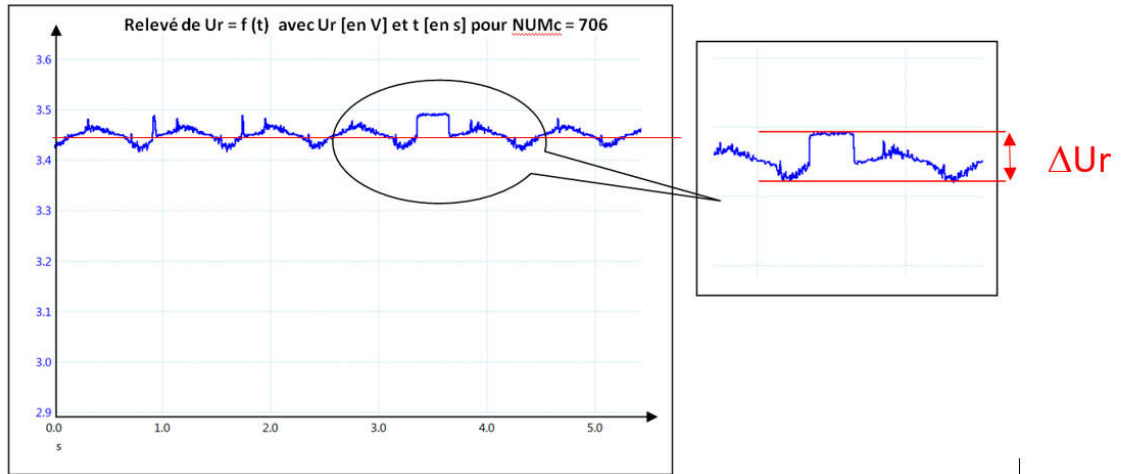
19- Déterminer la valeur de  $\Delta U_r$  pour le relevé réalisé sur la maquette expérimentale de référence en tenant compte des données suivantes.

RELEVÉ Pour :

Hystérésis = 0  
Delay = 200 ms

NUMc = 706 (valeur lue sur le moniteur série)

Considérer que :  
 $U_{rmax} = 3.49 \text{ V}$   
 $U_{rmin} = 3.42 \text{ V}$



20- A l'aide de l'étude menée par le binôme de l'activité 2B, **déduire** des relations tirées des schémas blocs modèle la variation  $\Delta \theta_r$  engendrée.

21- Au regard des critères de l'exigence attendue « **SUIVRE UN CAP** » pour le vrai pilote automatique de bateau TP32 données ci-dessous et des hypothèses simplificatrices susdites, **analyser** les écarts de cette maquette expérimentale en termes de suivi et de maintien de cap selon que le paramètre « Hystérésis » est nul ou égal à 3.

Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
Suivre un cap	Précision de cap suivi en régime permanent par mer belle à peu agitée	+/- 1° pour une période T ≥ 10 min.	F0
	Stabilité du cap suivi par rapport au cap à suivre	Erreur maximale de cap +/- 5°	F0
	Temps de réponse suite à un changement de cap de 40° par mer belle à peu agitée	Moins de 15 secondes	F0

Cas de figure où Hystérésis = 0			Cas de figure où Hystérésis = 3		
L'erreur maximale de cap $\Delta \theta_r$ est inférieure à celle du cahier des charges	OUI	NON	L'erreur maximale de cap $\Delta \theta_r$ est inférieure à celle du cahier des charges	OUI	NON
A ce titre, le cahier des charges peut être considéré comme validé	OUI	NON	A ce titre, le cahier des charges peut être considéré comme validé	OUI	NON
La stabilité de suivi donne entière satisfaction pour les conditions idéales émises en hypothèse simplificatrices	OUI	NON	La stabilité de suivi donne entière satisfaction pour les conditions idéales émises en hypothèse simplificatrices	OUI	NON



CONCLUSION sur le choix des solutions technologiques

22- Le choix d'une technologie TOR à relais est-elle une solution fiable et pérenne ? Justifier la réponse.

23- **Conclure** sur le problème technique initialement posé :

**Cette solution minimaliste permet-elle de satisfaire au mieux les exigences du cahier des charges ?**

Dans le cas d'une réponse négative, proposer une autre solution plus fiable pour satisfaire la commande du moteur du vérin.