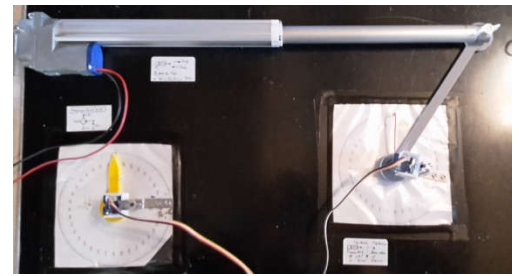
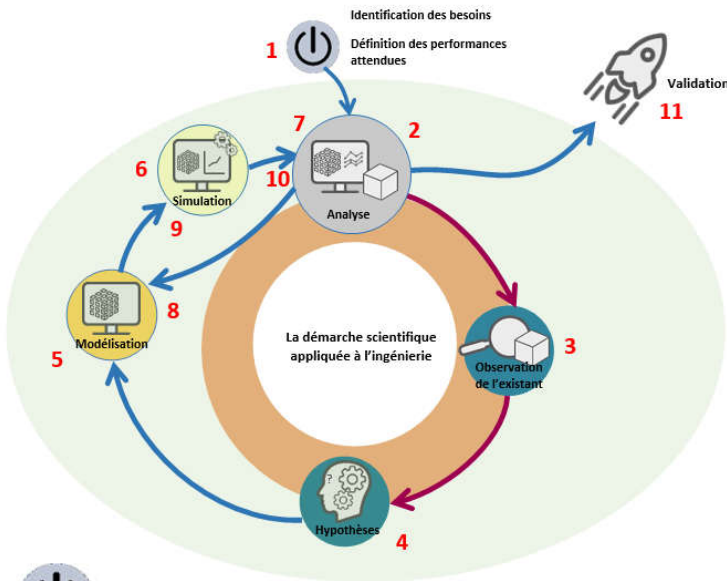


Suivre un cap avec la maquette expérimentale du pilote automatique.



Maquette expérimentale du Pilote automatique

Objectif de cette activité :

Exploiter les données de la maquette expérimentale de référence pour valider une solution.

Dans cette activité, le matériel n'est pas mis à disposition ! Le travail s'appuie de résultats d'expérimentation fournis.



Problème technique de l'activité 2 :

La solution proposée lors de l'activité 1 permet-elle de suivre le cap avec la précision souhaitée ?

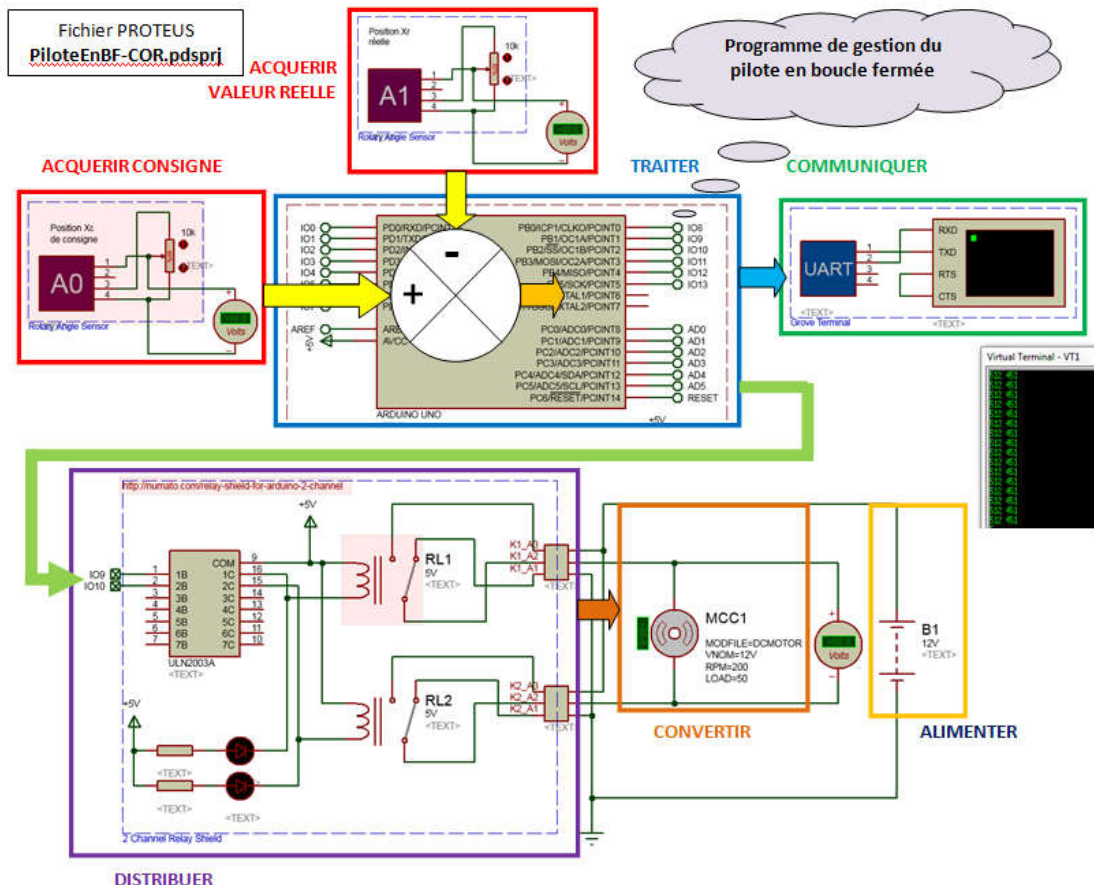
Quelles solutions d'amélioration peut-on envisager pour satisfaire au mieux les exigences du cahier des charges ?

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



Analyse structurelle de la maquette expérimentale

D'après le schéma de montage de la maquette réalisé à l'aide du logiciel de simulation PROTEUS :



- 1- Quel composant a-t-on choisi pour fixer le cap à suivre ?
Quelle est la nature de l'information générée (TOR, Analogique ou Numérique) ?
- 2- Avec quel composant est-on informé sur le cap réellement suivi ? Quelle est la nature de cette information ?
- 3- Quel composant assure la comparaison des 2 informations précédentes ?
- 4- Combien de sorties de la carte à μC sont utilisées dans notre cas pour maintenir le cap ?
Quelle est la nature des informations générées sur ces sorties ? Justifier la réponse.



Exploitation vidéo

- 5- Visionner la vidéo **MaquettePILOTE.wma**



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.



Analyse qualitative du suivi de cap

- 6- Comment se comporte la commande en TOR de la tige du vérin lorsqu'un cap à suivre est choisi ?
En quoi les prédictions du modèle multi-physique de l'activité 1 se confirment ?

La tige du vérin tente de se positionner autour de la consigne de cap sans vraiment y parvenir même en l'absence de perturbations extérieurs (courant marin, houle, vent ...)	VRAI	FAUX
Les oscillations autour du cap à suivre prédites par la simulation se confirment avec ce type de commande TOR à relais.	VRAI	FAUX

- 7- Quelle incidence aurait ce type de commande sur le comportement du bateau et la consommation en énergie du pilote ?

Le bateau pourrait suivre un cap souhaité avec une faible marge d'erreur	VRAI	FAUX
Le système suivi de cap serait alors précis et fiable	VRAI	FAUX
Les pertes de temps en matière de suivi de trajectoire et de consommation d'énergie seraient négligeables	VRAI	FAUX



Modélisation de la fonction « ACQUISITION » à partir des relevés expérimentaux

On souhaite mettre en relation les valeurs numériques NUMc et NUMr (grandeurs manipulées par le programme) avec les valeurs de cap à suivre θ_c et de cap suivi θ_r (en lien avec la position Xr le l'extrémité de la tige du vérin).

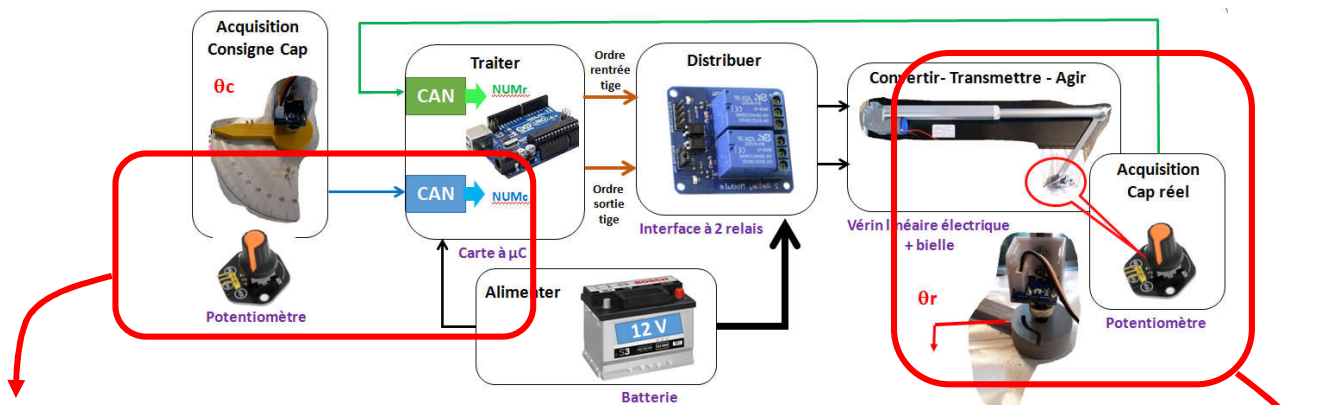


Schéma bloc de l'entrée vue côté CONSIGNE :

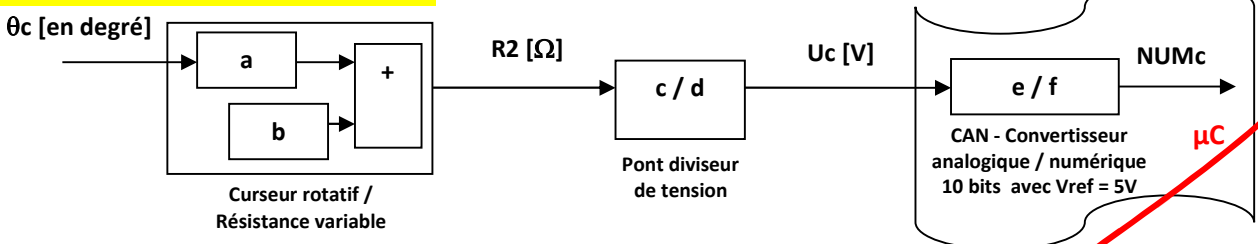
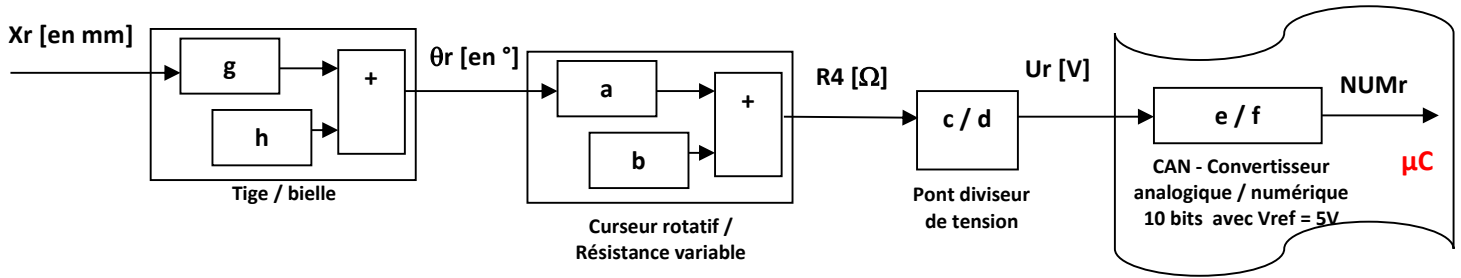


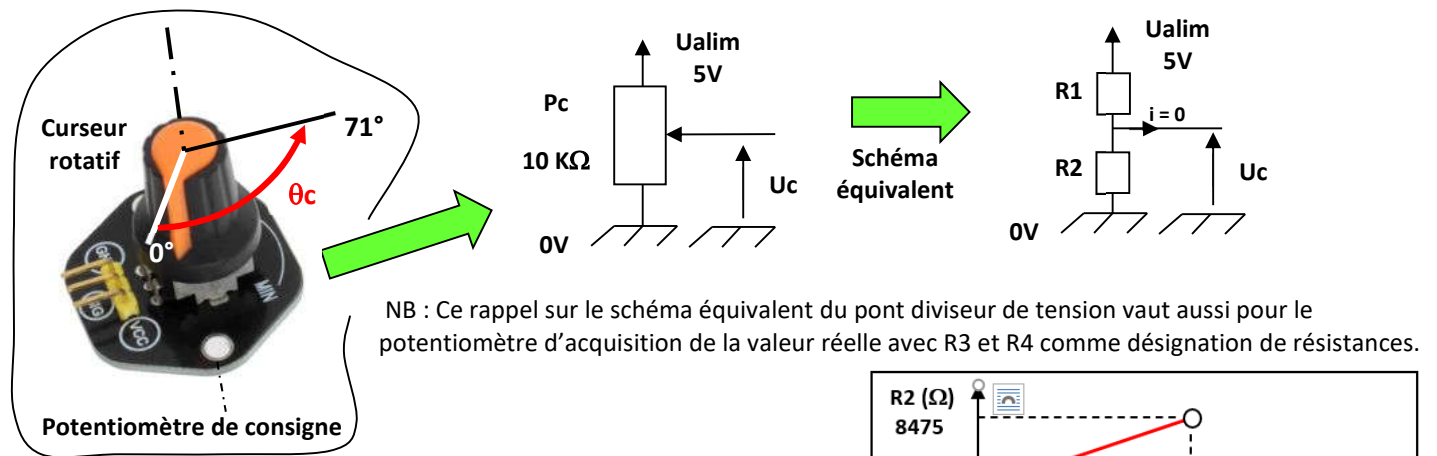
Schéma bloc de l'entrée vue côté CHAÎNE DE RETOUR :



REMARQUE IMPORTANTE : Notons que les paramètres a, b, c, d, e et f sont communs aux 2 schémas blocs. Ce qui est logique puisque l'exigence souhaitée est que le cap suivi en réel soit égal au cap à suivre (consigne) !!!

Des essais ont été menés sur la maquette expérimentale. Ils vont nous permettre de déterminer les valeurs des différents paramètres des 2 schémas blocs.

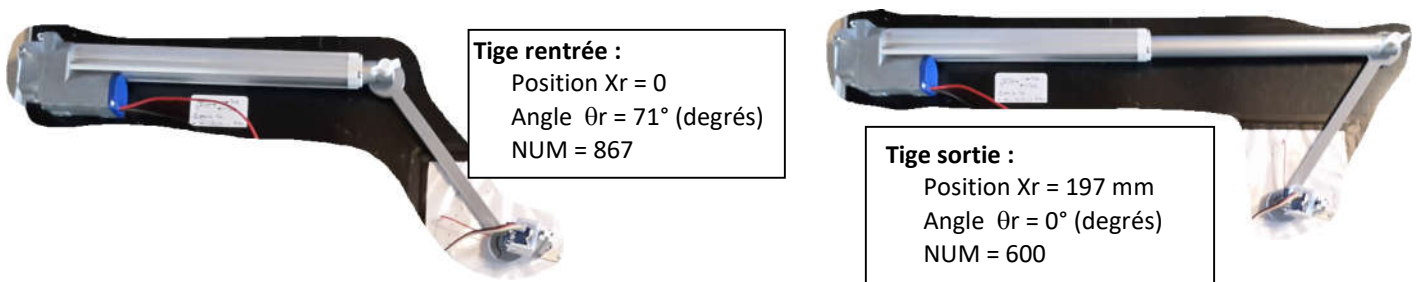
➔ **Côté Acquisition de la valeur de consigne :**



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.

La caractéristique $R2 = f(\theta_c)$ donnée ci-contre découle d'une mesure à l'ohmmètre aux bornes du potentiomètre Pc.

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



8- **Déduire** des relevés expérimentaux les coordonnées des 2 points de la caractéristique $\theta_r = f(X_r)$. **Reporter** ces points sur la caractéristique.

9- **Déterminer**, dans l'ordre jugé judicieux, les différents paramètres et **compléter** le tableau récapitulatif suivant.

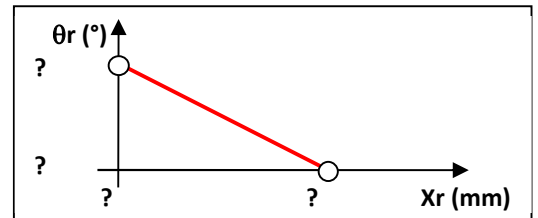


Tableau récapitulatif :

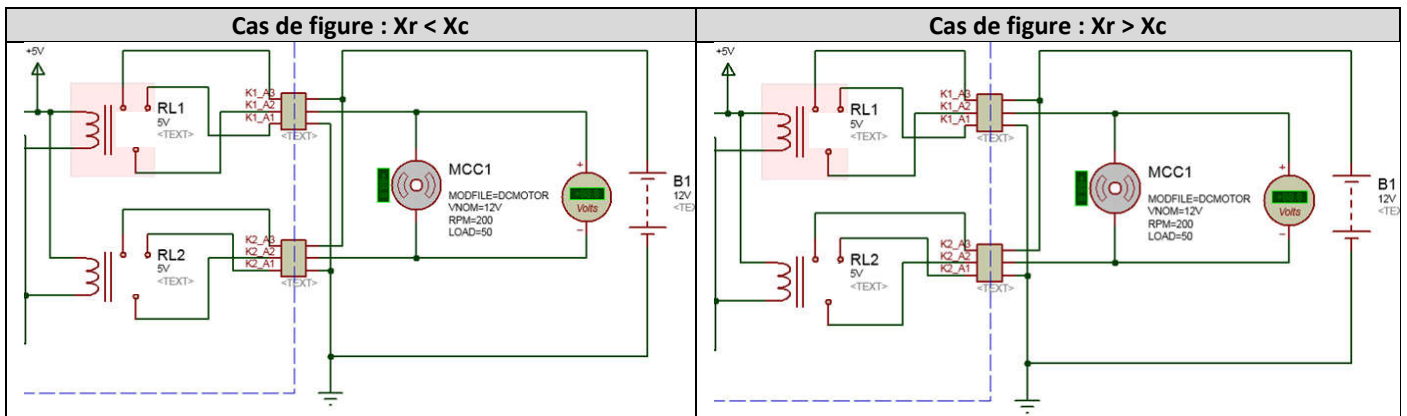
Paramètre	Paramètre	Equation chiffrée de la loi d'entrée sortie correspondante
Nmaxi : e =	Vref : f =	NUMc =
c =	d =	Uc =
a =	b =	R2 =
g =	h =	theta_r =

10- **Etablir** la loi d'entrée/sortie de chaque schéma bloc à savoir NUMc (theta_c) et NUMr (Xr).



SIMULATION - Exploitation des schémas blocs sous le logiciel de simulation PROTEUS

- 11- Ouvrir le fichier PROTEUS : **PiloteEnBFCOR.pdsprj**
- 12- **Calculer** la valeur de X_c pour une **position mi-course** du vérin. **Régler** le potentiomètre de position de consigne en conséquence X_c (prendre la valeur la plus proche possible de celle calculée).
- 13- **Régler** le potentiomètre de position réelle X_r à une **valeur inférieure à X_c** et **tracer** ci-dessous le chemin suivi par le courant de l'alimentation I_{alim} en partant depuis la borne + de l'alimentation jusqu'à la borne - (encore appelée 0V ou GND). Lequel des deux relais (RL1 ou RL2) est activé dans ce cas ?
- 14- **Régler** le potentiomètre de sorte que $X_r > X_c$ et **tracer** de même le chemin suivi par le courant I_{alim} . Quel relais (RL1 ou RL2) est activé dans ce cas ?



- 15- Grâce à l'indication du voltmètre aux bornes du moteur, **flécher** la tension U_{moteur} dans les 2 cas de figure et **expliquer** pourquoi le moteur change de sens de rotation.

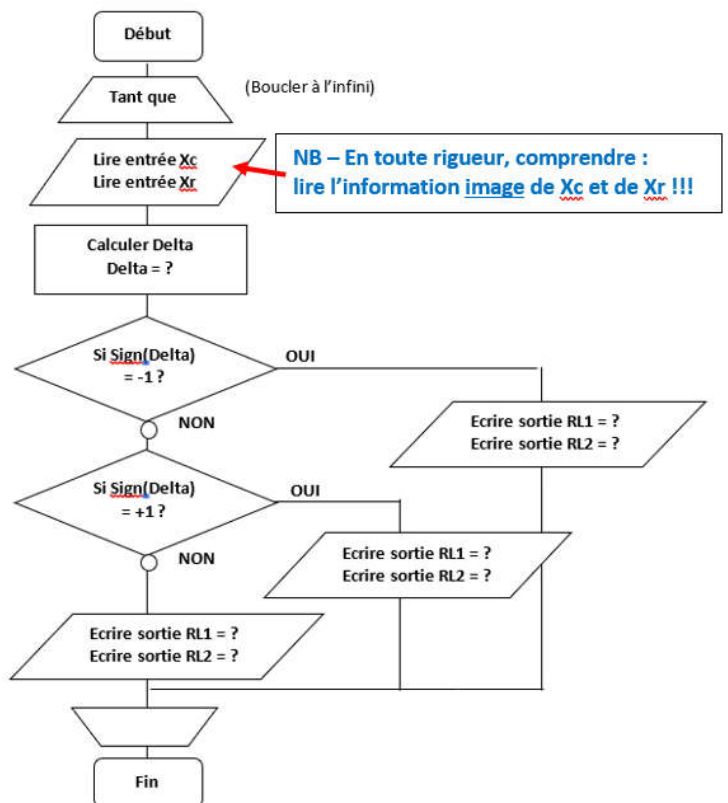


Approche ALGORITHMIQUE du programme de gestion de la commande en TOR du Pilote Automatique de Bateau

Lors de la modélisation multiphysique sous SINUSPHY (cf. activité 1), la fonction **sign (Delta)** a été utilisée pour réaliser la commande en TOR des 2 relais.

Rappel : $sign(x) = -1$ si x est négatif,
 0 si x est nul, $+1$ si x est positif.

- 16- **Compléter** alors le l'algorithme de principe de fonctionnement de cette commande proposé ci-contre.





Simulation du programme amélioré

En référence au problème d'oscillation autour du cap à suivre constaté lors du visionnage de la vidéo, l'extrait du programme en Python qui suit diffère quelque peu de cet algorithme ceci afin de limiter les commutations répétées et néfastes des relais lors d'un maintien d'un cap.

Pourquoi améliorer le programme de cet algorithme ?

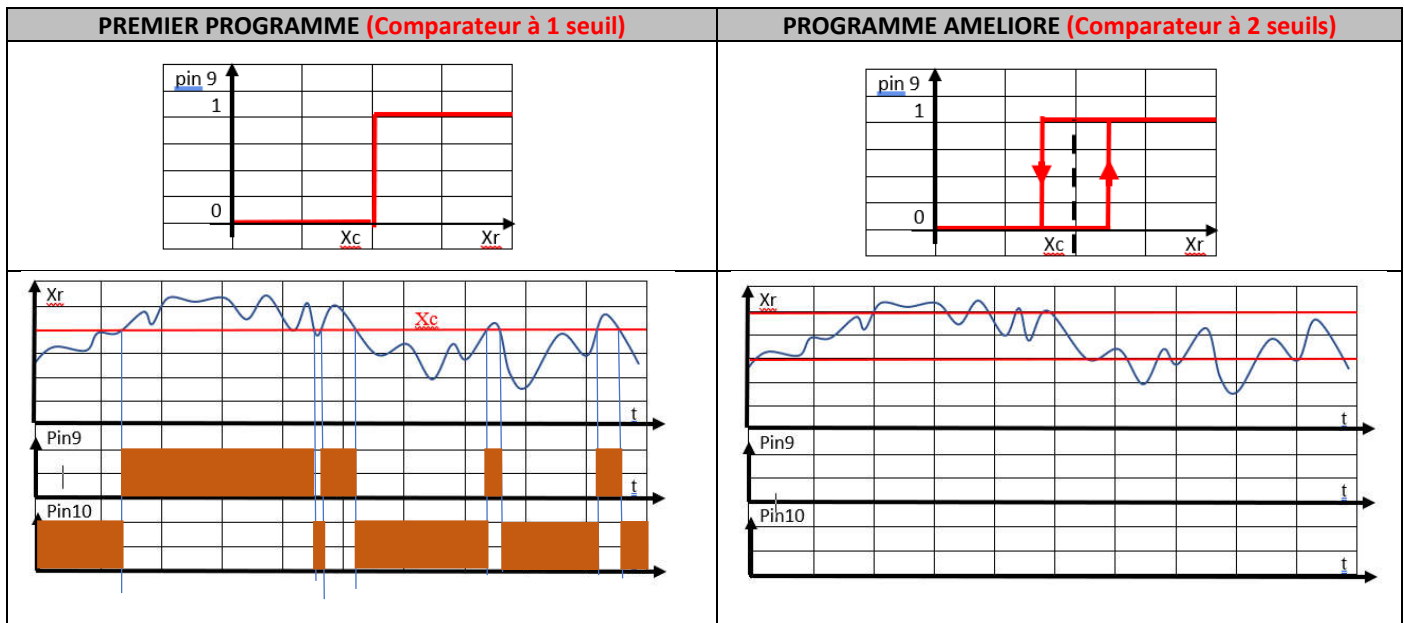
17- En quoi le cas de figure $Sign(\Delta) = 0$ peut-il présenter un problème si la comparaison Delta se limite à une valeur très précise sans tolérance (sans flexibilité).

18- **Expliquer** en quoi cet extrait de programme amélioré le comportement du pilote lors du maintien d'un cap à suivre.

Compléter le chronogramme du programme amélioré à l'aide de la fonction de transfert correspondante pour étayer votre argumentation.

```

From micro:bit import *
Hysteresis = 1
# réglage hystérésis à +/- 1 ou 2 ou 3 autour NUM choisie
while True:
    Xc = pin0.read_analog()
    Xreel = pin1.read_analog()
    if Xreel > Xc + Hysteresis:
        pin9.write_digital(1)
        pin10.write_digital(0)
        sleep (10)
    if Xreel < Xc - Hysteresis:
        pin9.write_digital(0)
        pin10.write_digital(1)
        sleep (10)
    if Xreel >= Xc - Hysteresis and Xreel <= Xc + Hysteresis:
        pin9.write_digital(1)
        pin10.write_digital(1)
        sleep (10)
    
```





Analyse des écarts sur la maquette expérimentale de référence

Exploitation de l'oscillogramme de θ_r pour une consigne NUMc = 706 et pour une variable d'Hystérésis = 0

Relevé pour le paramétrage suivant du programme :

NUMc = 706

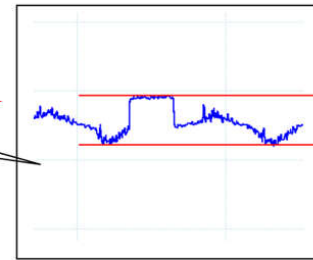
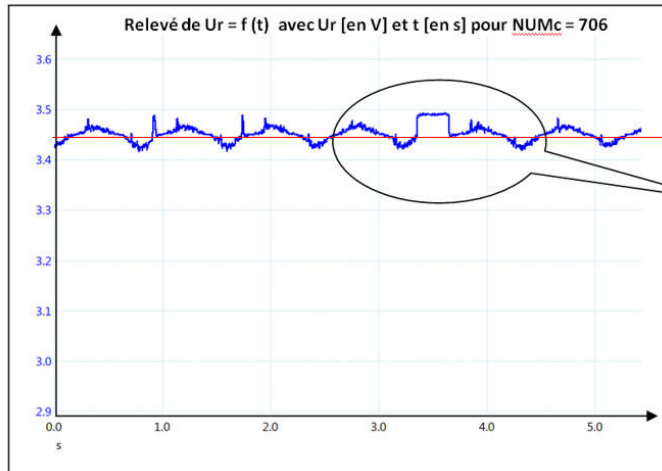
Hystérésis = 0

Sleep = 200

Considérer que :

Urmaxi = 3.49 V

Urmini = 3.42 V



ΔU_r

- 19- Calculer le quantum q du convertisseur analogique numérique CAN
- 20- A l'aide des schémas blocs, **déterminer** la tension U_c (ou U_r) pour la valeur NUM = 706.
- 21- **Déterminer** la variation ΔU_r .
- 22- **Déterminer** la variation $\Delta \theta_r$ correspondante que cela génère.
- 23- 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 lorsque le paramètre « Hystérésis » est nul.

Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
Suivre un cap	Précision de cap suivi en régime permanent par mer belle à peu agitée	+/- 1° pour une période $T \geq 10$ 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		
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
La stabilité de suivi donne entière satisfaction pour les conditions idéales émises en hypothèse simplificatrices	OUI	NON
La stabilité de suivi pour une valeur d'hystérésis égale à 3 serait meilleure	OUI	NON



CONCLUSION sur le choix des solutions technologiques

- 24- Le choix d'une technologie TOR à relais est-elle une solution fiable et pérenne ? **Justifier** la réponse.
- 25- **Conclure** sur le problème technique initialement posé :
Quelles solutions d'amélioration peut-on envisager pour 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.