

---

## **Projet : *contrôle automatique de l'écoute d'un voilier (modélisme)***

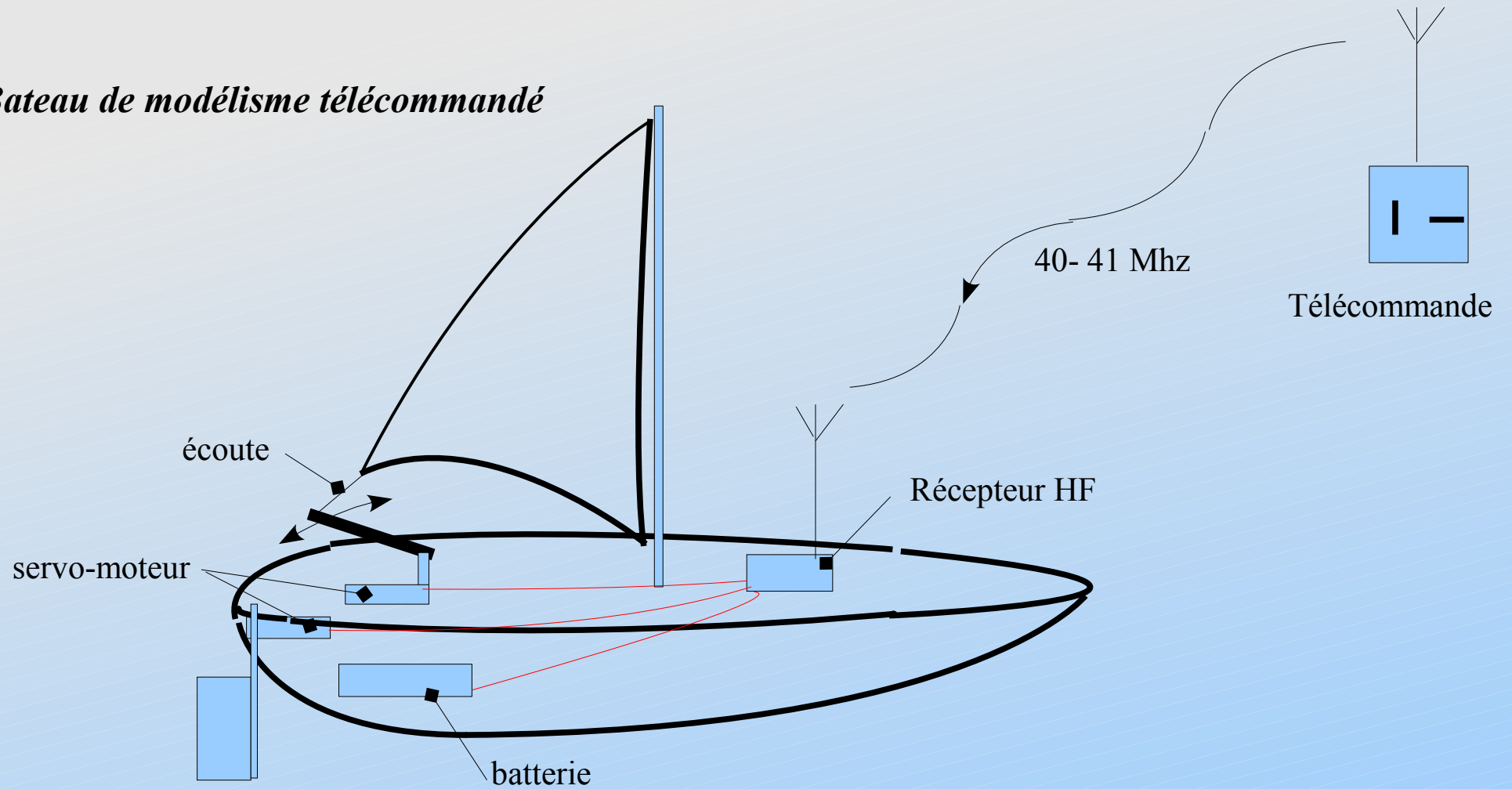
---

### ***Plan :***

- Présentation du thème « contrôle automatique de voile »
- Petit lexique sur le thème de la voile
- Allures d'un voilier
- Découpage fonctionnel du banc d'essais
- Les capteurs & actionneurs du banc d'essais
- Spécifications

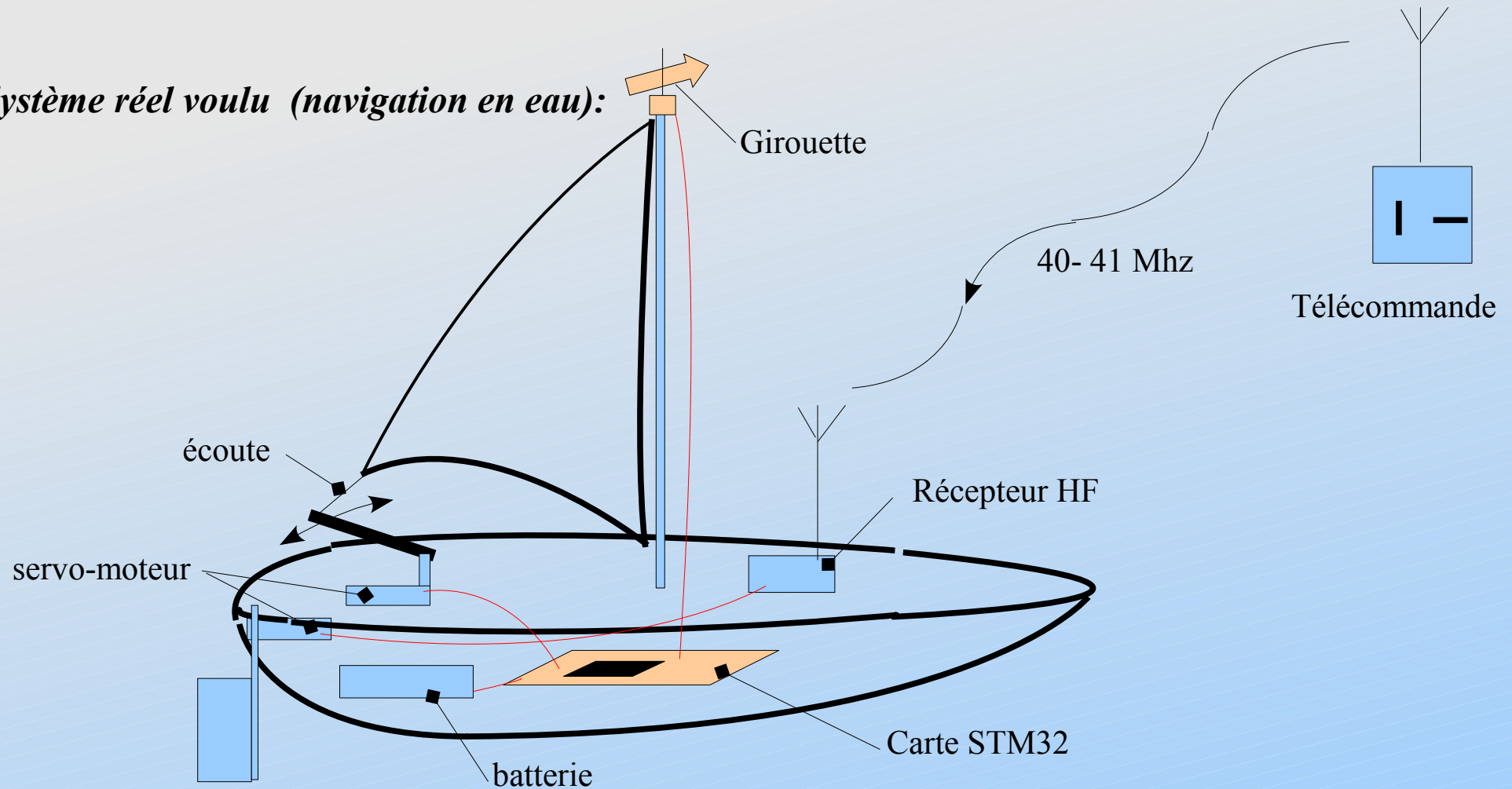
# Présentation du thème « contrôle automatique de voile »

## *Bateau de modélisme télécommandé*



# Présentation du thème « contrôle automatique de voile »

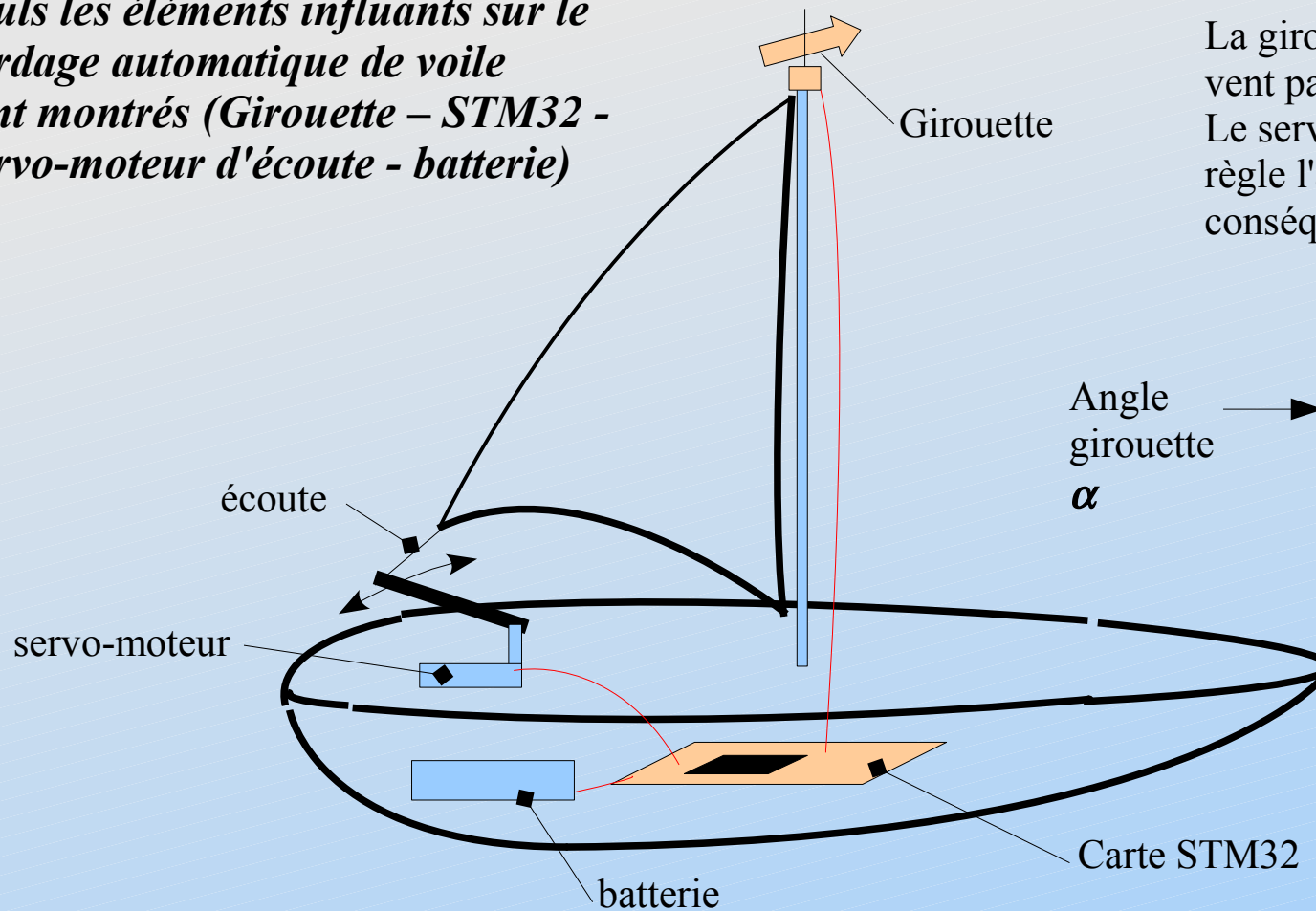
*Système réel voulu (navigation en eau):*



# Présentation du thème

## « contrôle automatique de voile »

**Système réel voulu :**  
**Seuls les éléments influants sur le**  
**bordage automatique de voile**  
**sont montrés (Girouette – STM32 -**  
**Servo-moteur d'écoute - batterie)**



La girouette donne la direction du vent par rapport à la proue du bateau  
Le servo-moteur de tension d'écoute règle l'angle de la voile en conséquence :

Angle  
girouette  
 $\alpha$

Loi de  
commande

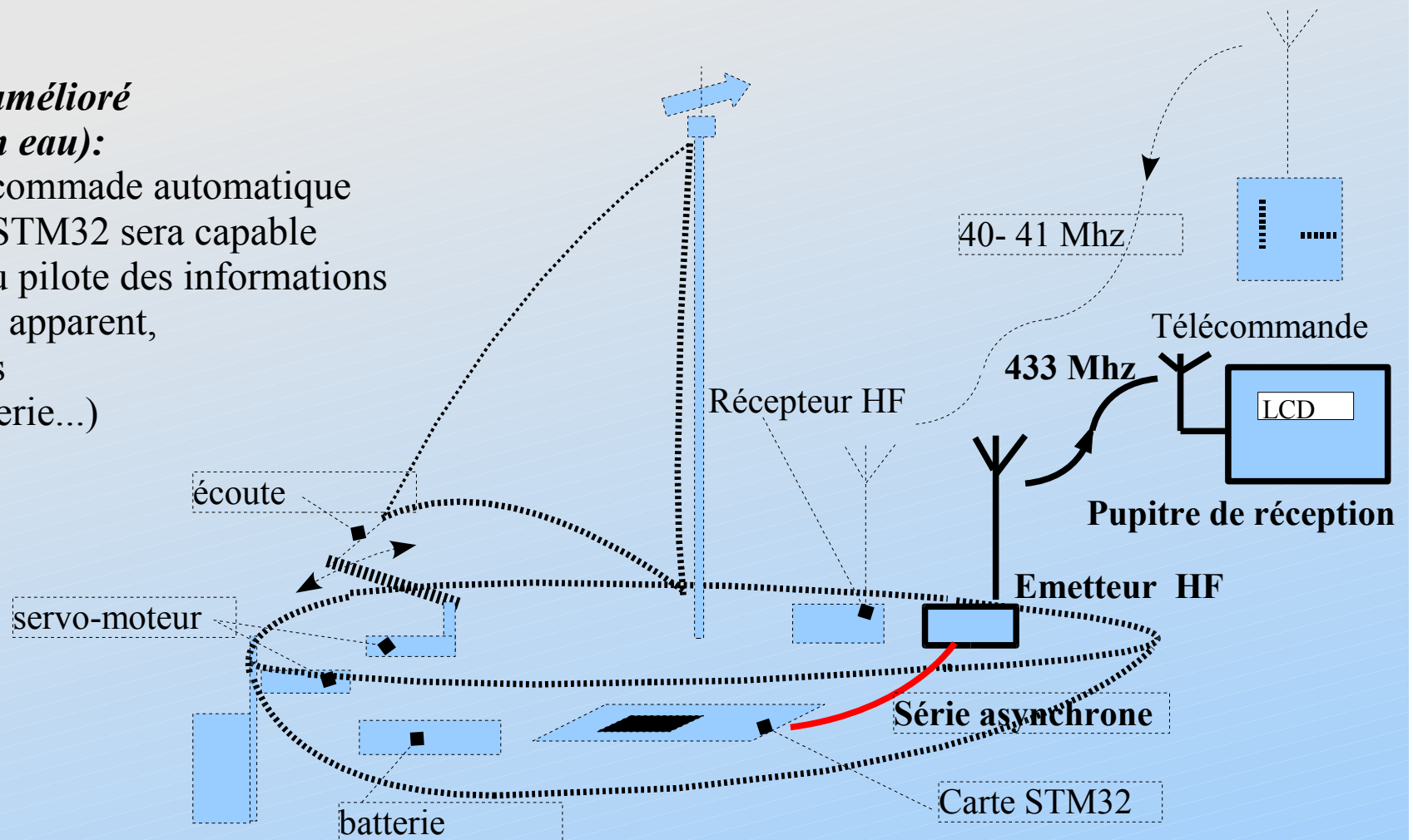
Angle  
voile  $\theta$

# Présentation du thème

## « contrôle automatique de voile »

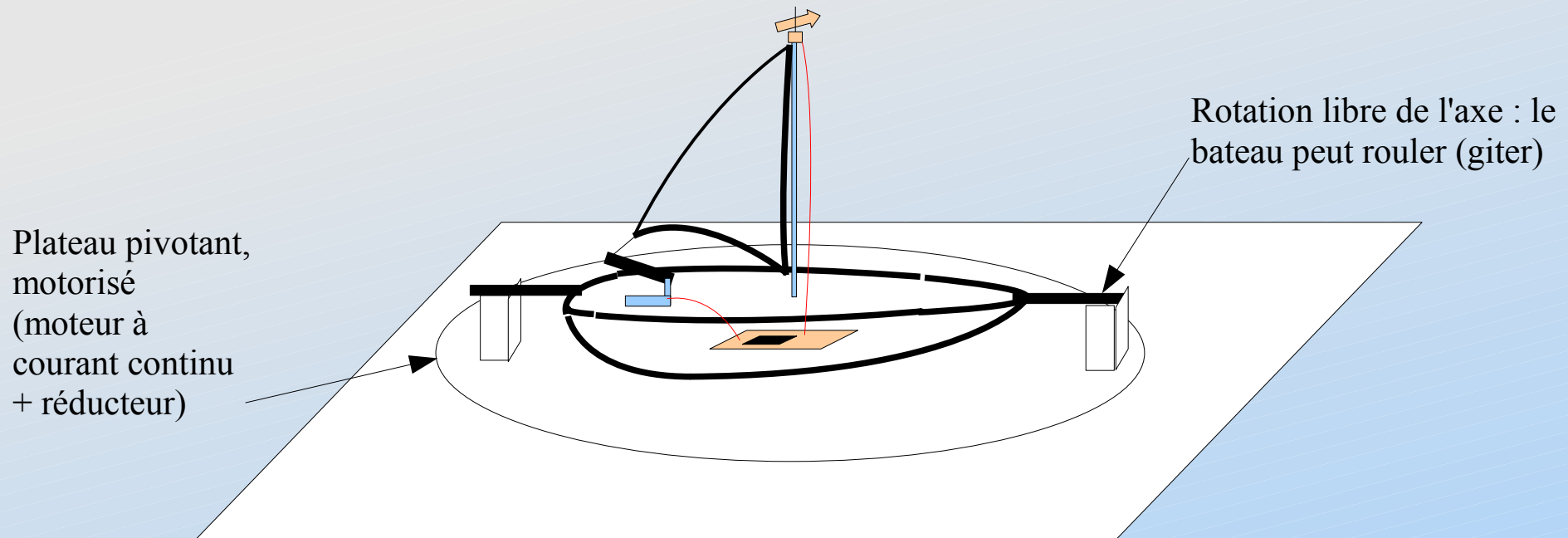
### *Système réel amélioré (navigation en eau):*

En plus de la commande automatique des voiles, le STM32 sera capable de renvoyer au pilote des informations (angle du vent apparent, angle de roulis, niveau de batterie...)



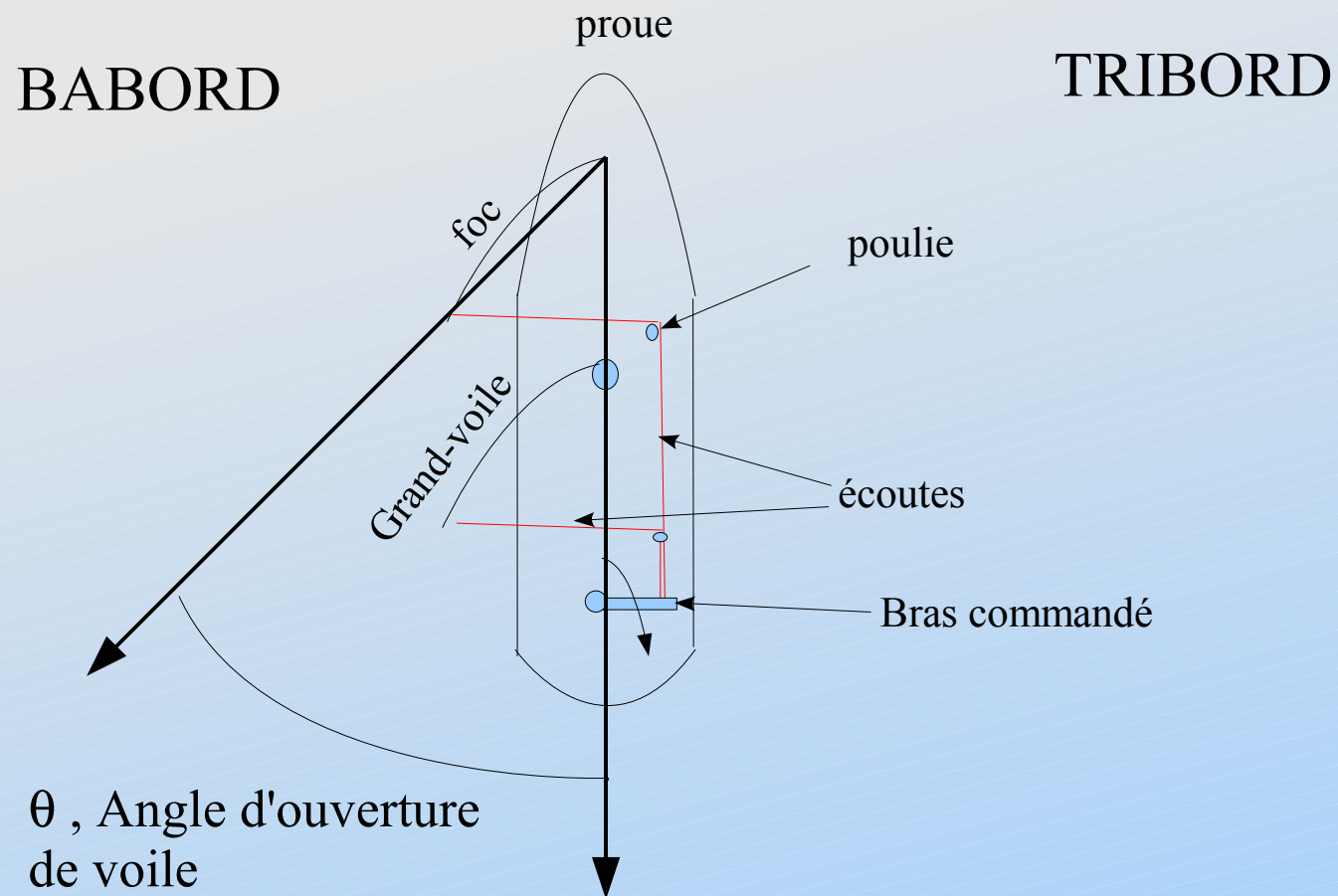
# Présentation du thème « contrôle automatique de voile »

*banc d'essais* (ventilateur non représenté)

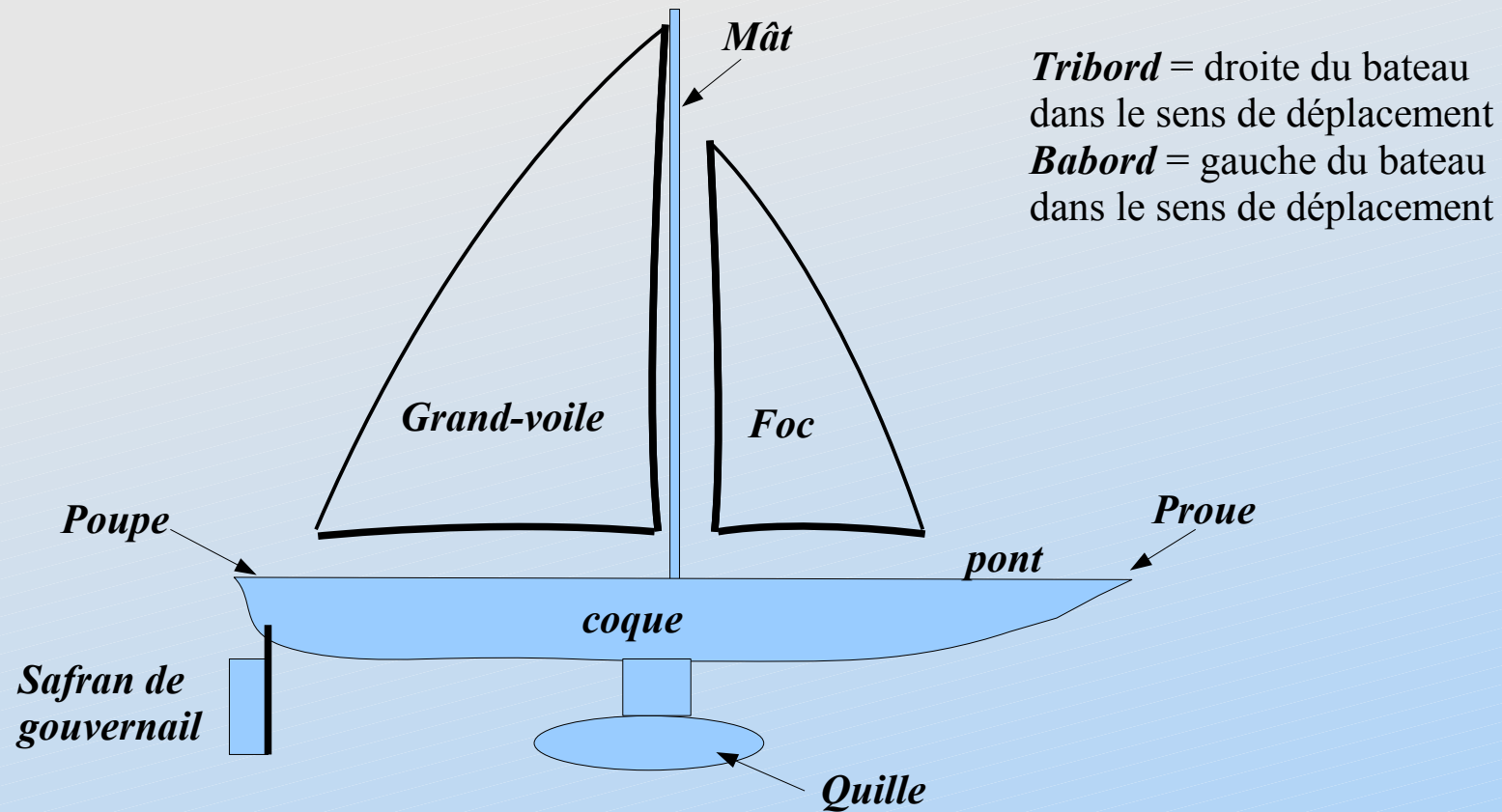




## Petit lexique du moussaillon

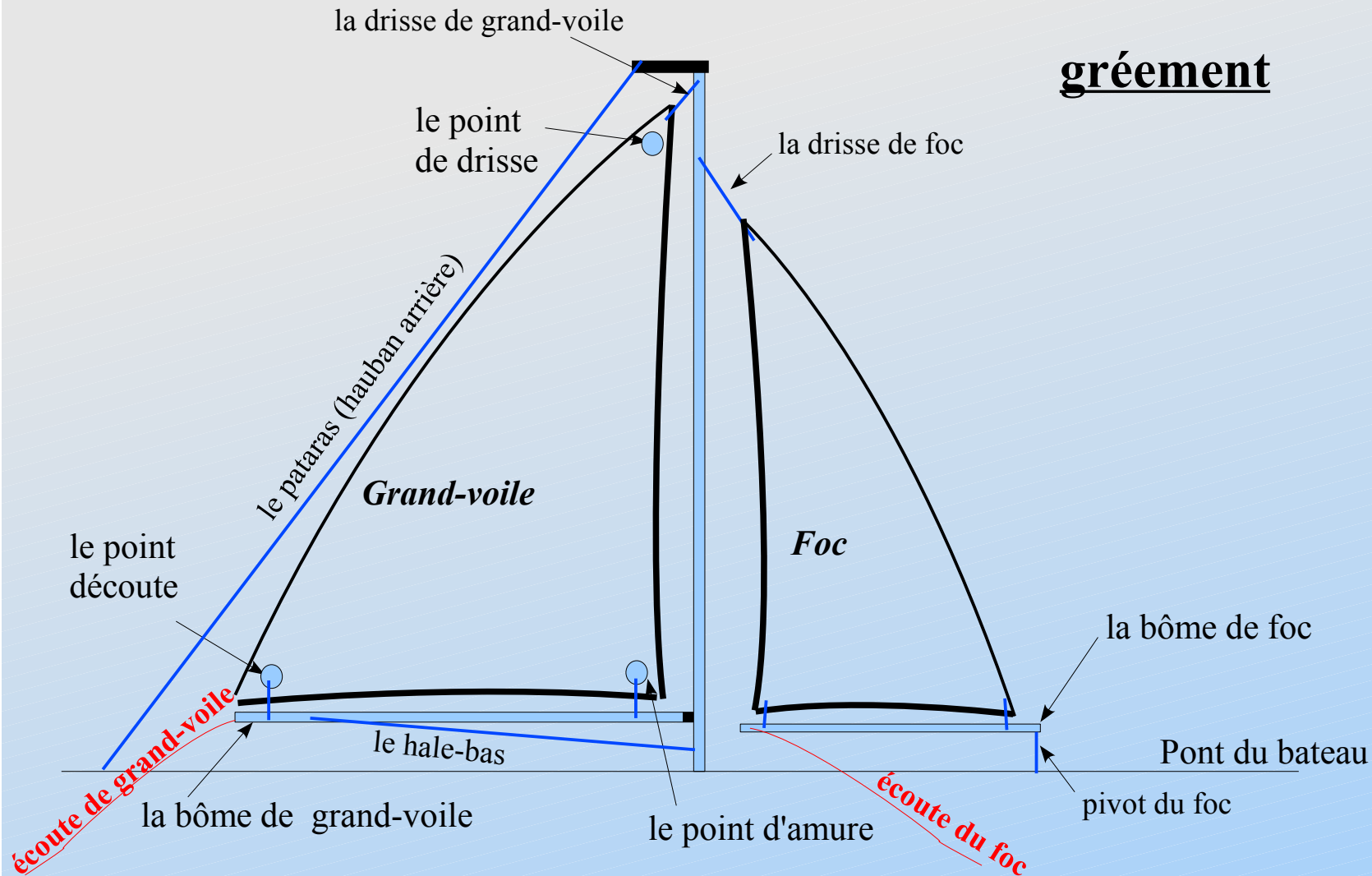


## Petit lexique sur le thème de la voile

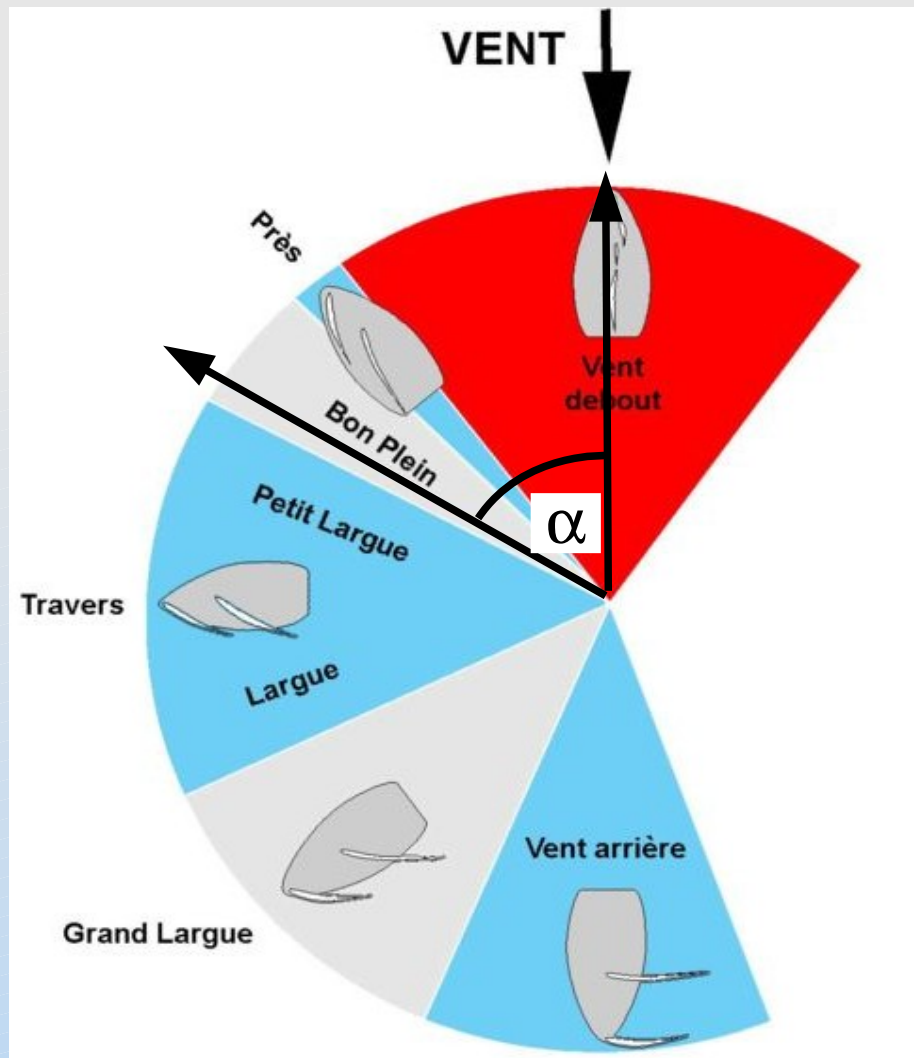




## Petit lexique sur le thème de la voile



# Allures

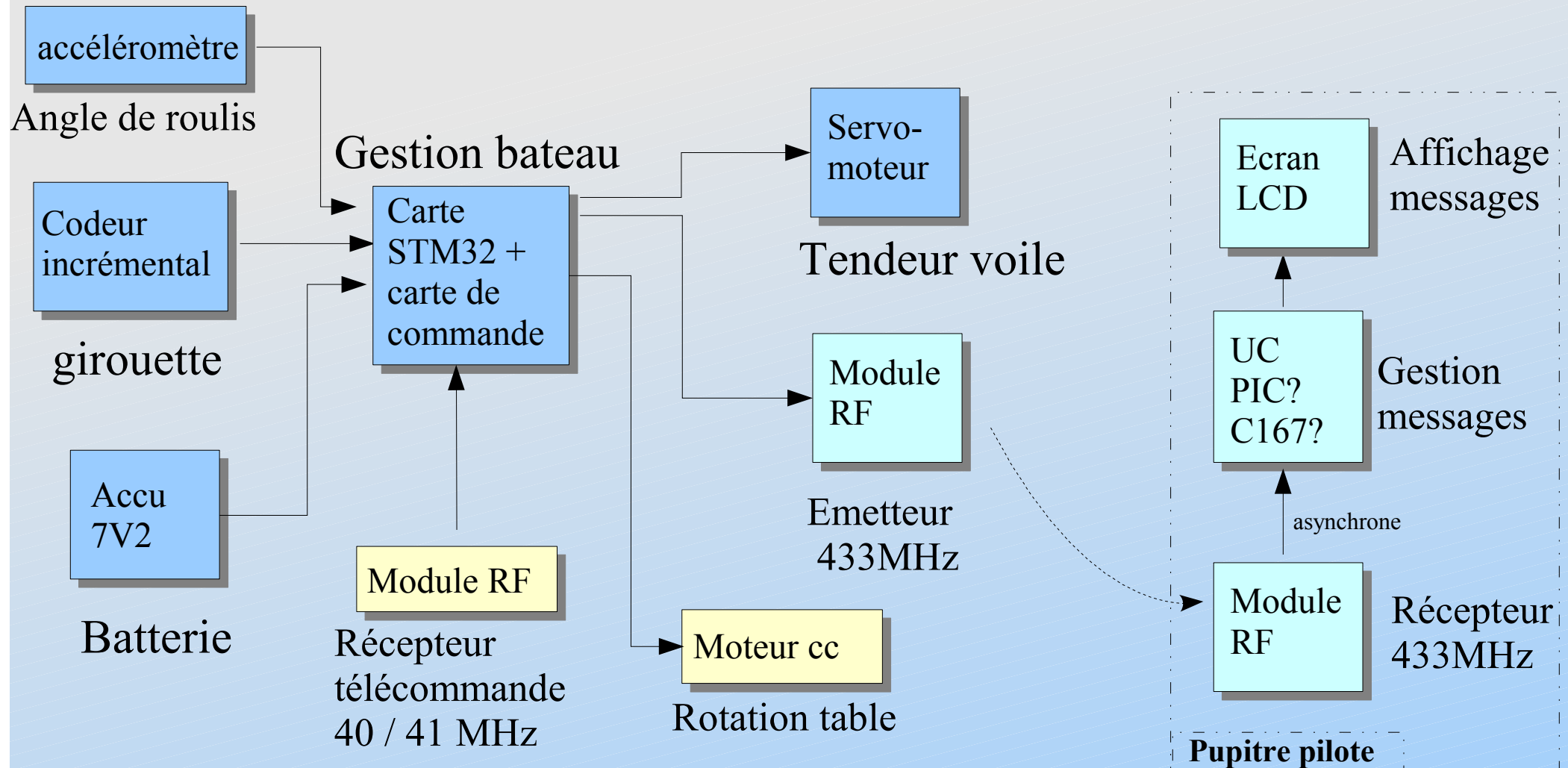


Le bateau ne peut pas remonter au vent (*vent debout*)

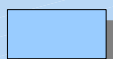
A partir d'un angle  $\alpha$  de 45° environ, la navigation est possible (*près serré*). Les voiles sont alors bordées au maximum ( $\theta = 0^\circ$ )

Au fur et à mesure que l'angle  $\alpha$  augmente (le bateau descend le vent), les voiles s'ouvrent de plus en plus jusqu'à atteindre 90° en vent arrière.

# Découpage fonctionnel du banc d'essais



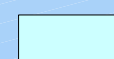
## Légende



Embarqué sur  
système réel (eau)



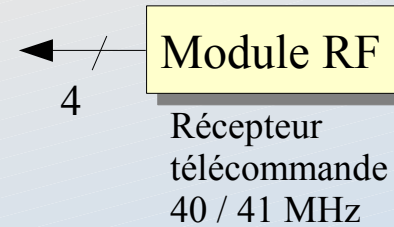
Instrumentation pour  
bateau de table



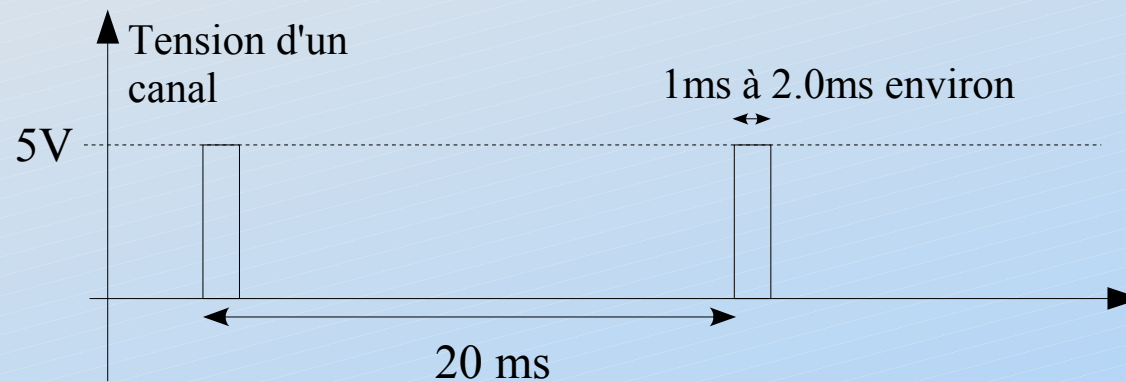
Amélioration système  
(retour d'informations)

# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

- *La télécommande de modélisme (40/41MHz)*



- Période fixe, 20 ou 25ms, selon modèle
- **L'information** transmise est contenue dans la **durée de l'impulsion**
  - Valeur mini  $\Rightarrow$  1ms
  - Valeur neutre  $\Rightarrow$  1,50 ms
  - Valeur maxi  $\Rightarrow$  2,0ms

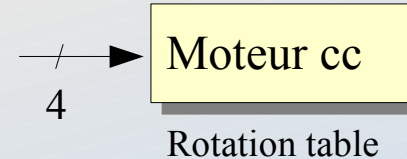
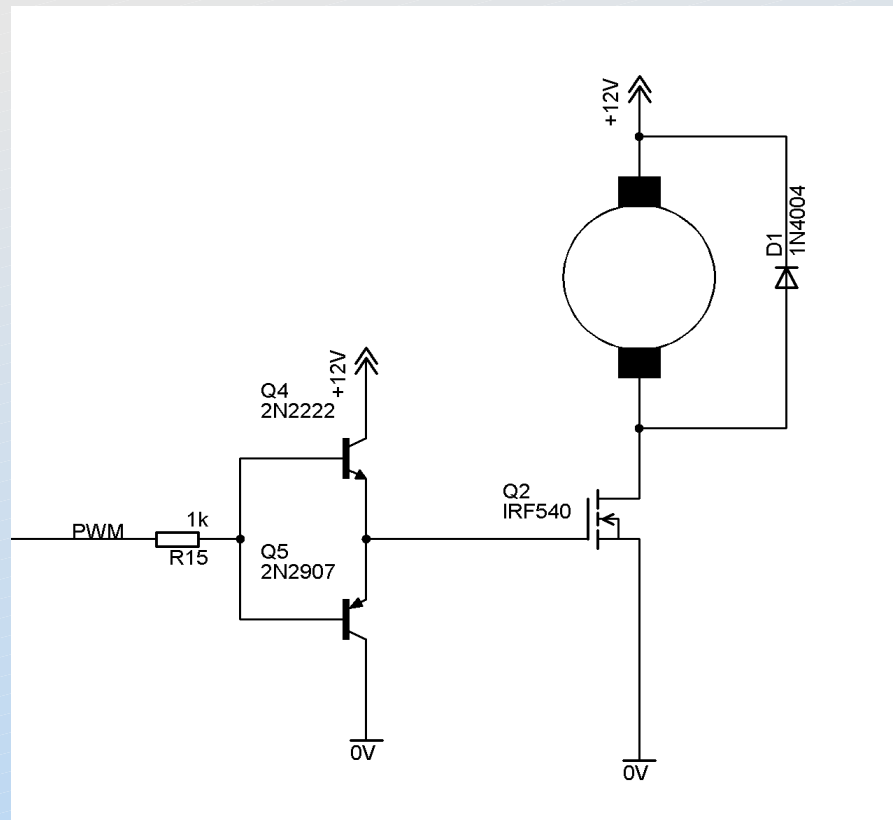


**NB :** toujours brancher la télécommande avant le récepteur

# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

- *Le moteur à courant continu*

*Variation de vitesse :*

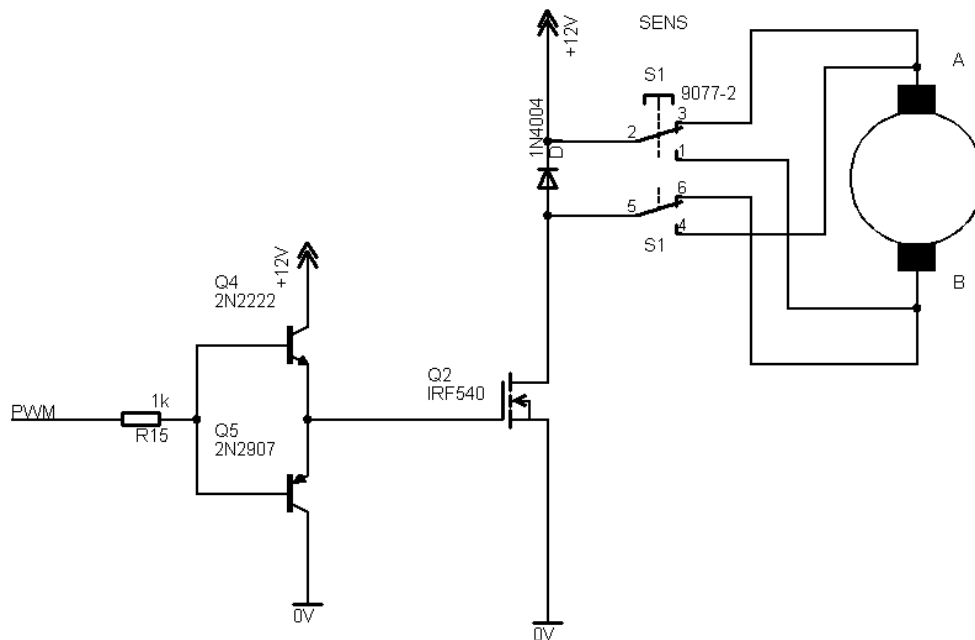
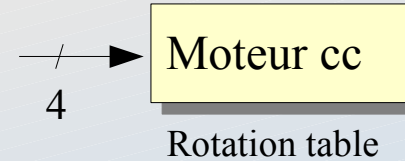


- Q4 et Q5 forment un push-pull pour piloter le MOS de puissance.
- D1 est la diode dite de « roue libre ». Elle prolonge la circulation du courant moteur quand le MOS Q2 est coupé (bloqué)
- Structure (MOS + Moteur + Diode) de *hacheur simple quadrant* : tension & courant moteur sont positifs (impossibilité d'inverser la vitesse, impossibilité de freiner)

# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

## • *Le moteur à courant continu*

### *Gestion du sens :*

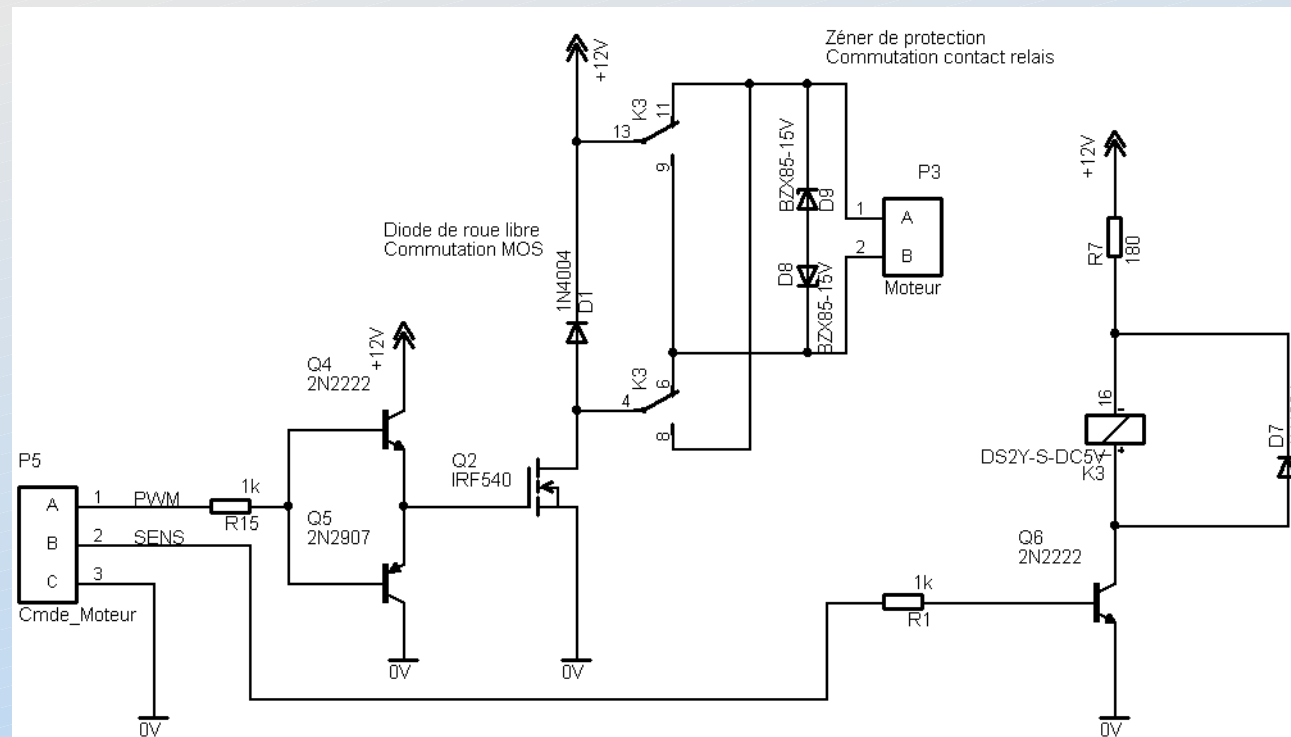
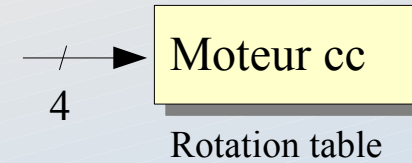


- La ligne PWM contrôle toujours la tension présentée sur l'induit du moteur (bornes de la diode)
- L'interrupteur à 2 voies, S1, définit le sens :
  - S1 en haut : le courant (provenant du +12V) circule dans le moteur de A vers B
  - S1 en bas : le courant circule dans le moteur de B vers A



## Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

- ## • *Le moteur à courant continu: schéma complet*



- La gestion de sens se fait par l'intermédiaire d'un relais.

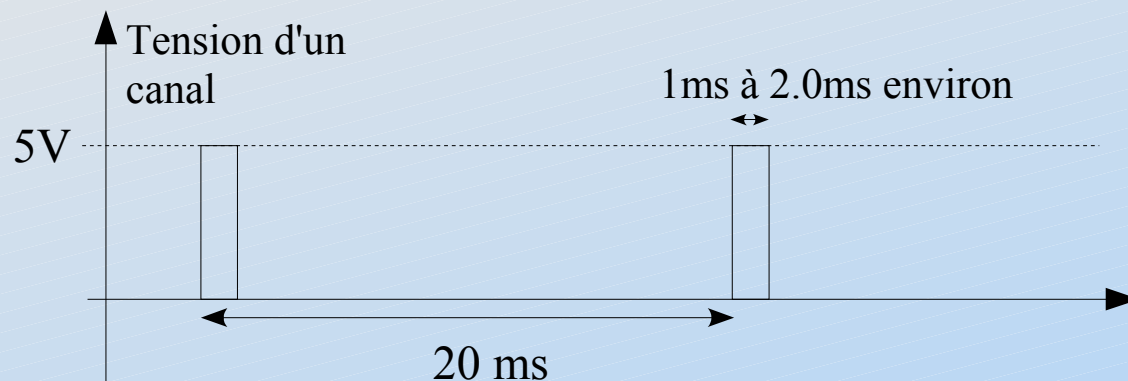


# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

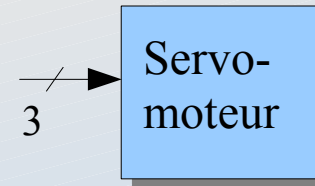
## • *Le servo-moteur*

- C'est un actionneur qui reçoit 3 fils:

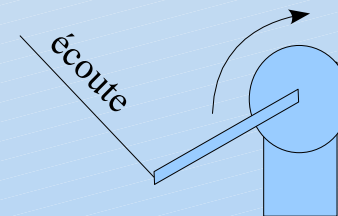
- +5V
- 0V
- Commande PWM « servo »



- L'angle (la position) du bras est une **fonction affine** de la **durée de l'impulsion** (les extrema angulaires sont à vérifier sur site)



L'actionneur est constitué d'un corps et d'un disque mobile en rotation. Un bras vissé sur le disque permet de tirer sur l'écoute donc de border la voile

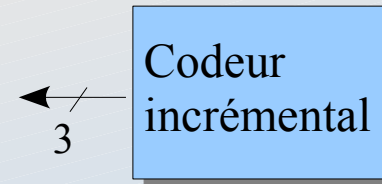
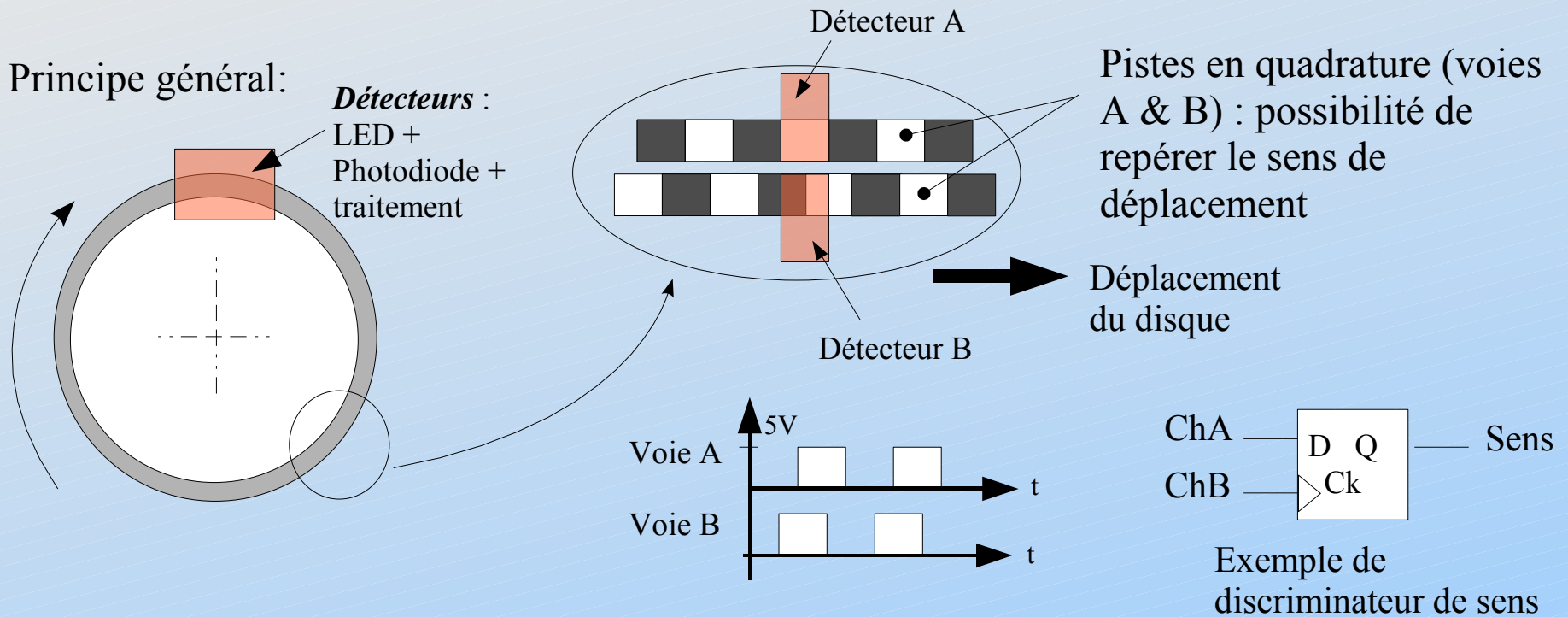


# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

## • La girouette

- C'est un *codeur incrémental*. Il permet de donner des informations d'angle ou de position relatives.

- Principe général:

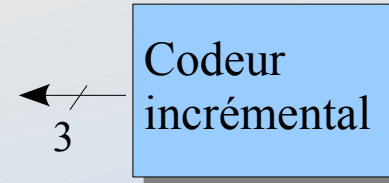


# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

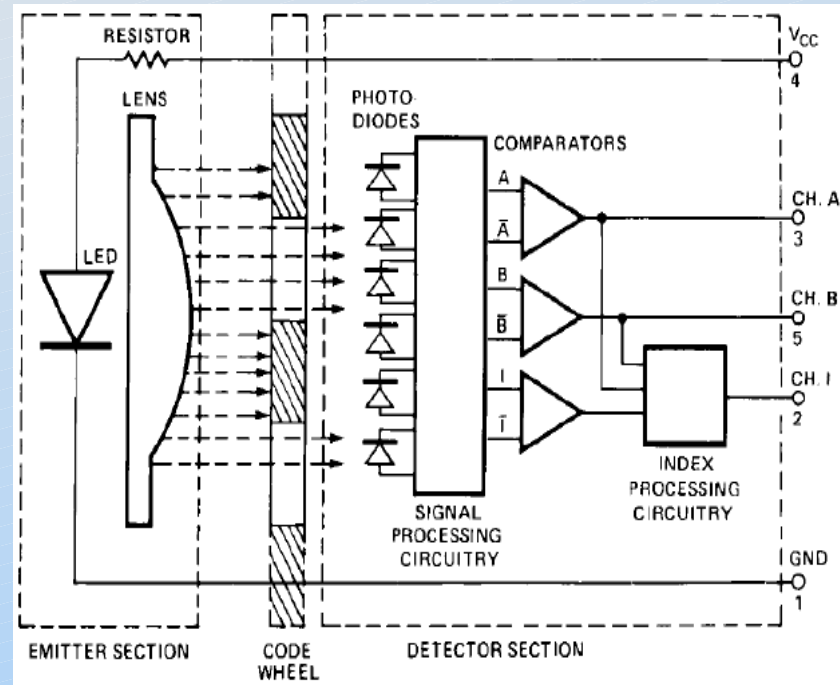
## • La girouette

Codeur utilisé : AEDB-9140 (Agilent)

- 360 périodes sur 1 tour sur chaque voie
- 3 canaux : A ,B et I(ndex)



Electronique de traitement



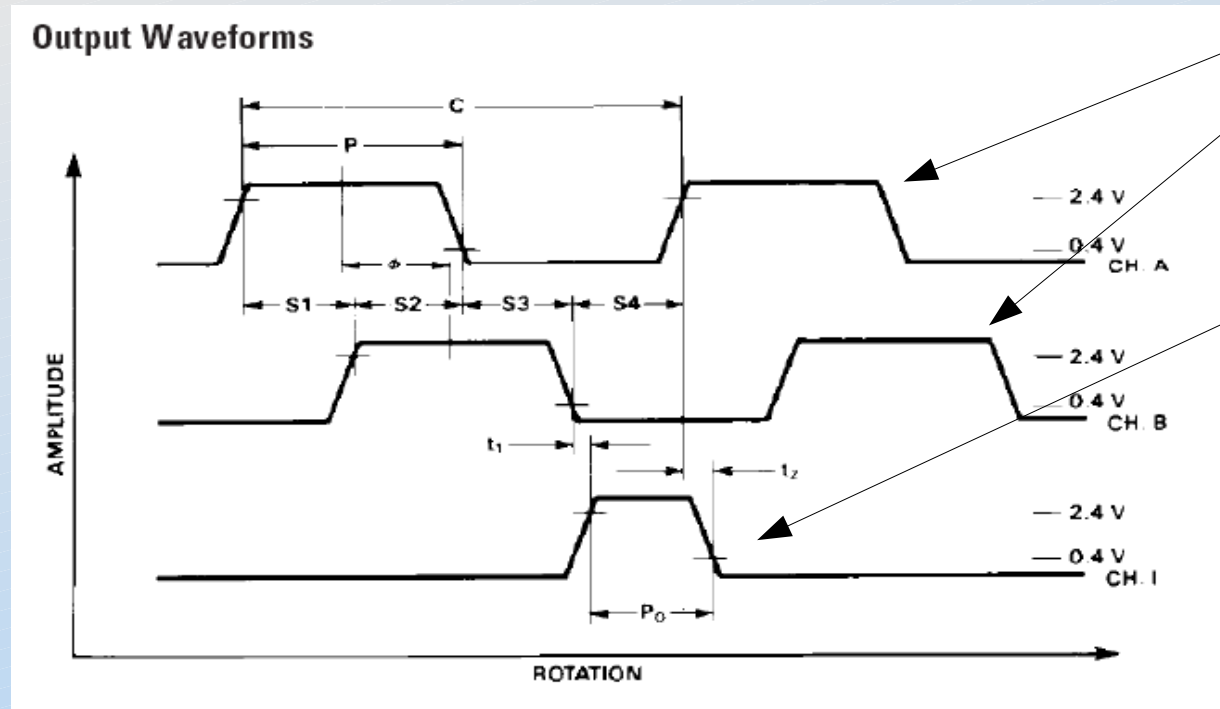
# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

## • La girouette

Dans le cas de ce capteur, ce ne sont pas les pistes qui sont en quadrature, mais la multitude de capteurs optiques qui créent la quadrature.

Codeur  
incrémental

3



Pistes en quadrature (voies A & B) : possibilité de repérer le sens de déplacement

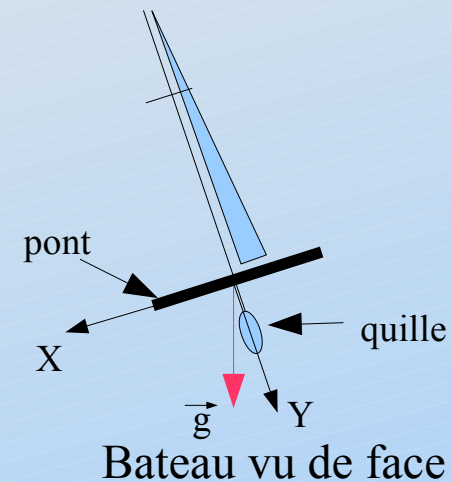
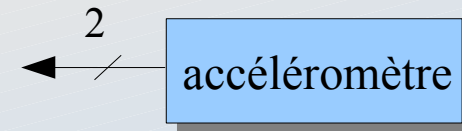
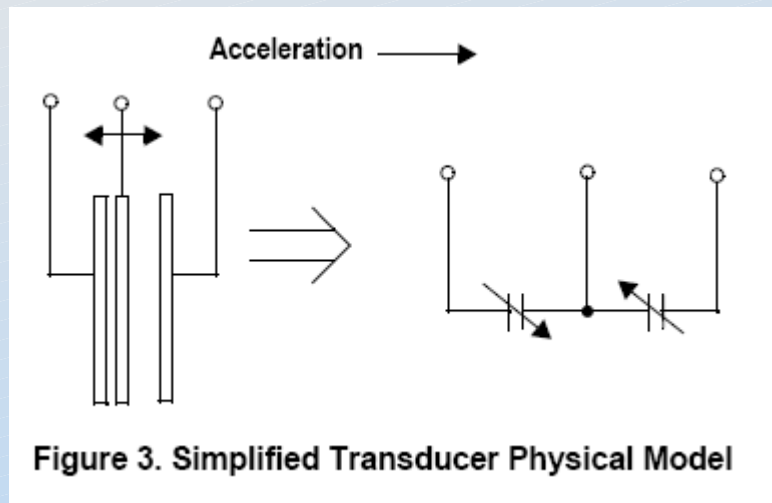
Index, pour un repérage absolu

# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

## • *L'accéléromètre*

- C'est un accéléromètre **2 axes**
- But : mesurer l'inclinaison par lecture de l'accélération de pesanteur sur les axes X et Y

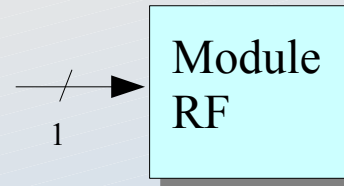
### • *Principe :*



# Les capteurs & actionneurs du banc d'essais

- *Le module RF de communication*

- Il permet d'établir une communication entre le bateau et le pilote. Le type d'information transmise est :
  - Niveau de tension batterie
  - Angle de roulis
  - ...
- Il travaille à une fréquence porteuse de 433 Mhz
- Le protocole de transmission est classique : série asynchrone, sans parité, 1 seul bit de stop, 9600 bauds





# Spécifications

---

- ***Contrôle des voiles (foc et grand-voile)***

- A partir de l'angle du vent par rapport à la proue,  $\alpha$ , (allure du bateau), imposer l'angle optimal des voiles,  $\theta$ .  
On propose la loi suivante :

*A l'intervalle  $\alpha \in [45^\circ, 180^\circ]$  correspond, suivant une loi affine, l'intervalle  $\theta \in [0^\circ, 90^\circ]$ , ceci bien sûr pour les deux sens de rotations babord et tribord.*

*A l'intervalle  $\alpha \in [0^\circ, 45^\circ]$  on ferme totalement l'angle des voiles,  $\theta = 0^\circ$ .*

- ***Contrôle du plateau***

- L'utilisateur doit pouvoir faire tourner le bateau (babord, tribord) à partir de la télécommande de modélisme.  
Il doit y avoir proportionnalité entre la position du manche de commande et la vitesse de virage.

- ***Surveillance du roulis du bateau et de la batterie***

- Si un angle (entre la verticale et l'axe du mât) dépasse  $45^\circ$ , les voiles ne doivent plus être bordées. Un message doit être envoyé via la liaison 433MHz.
  - Si la tension de batterie a perdu 20% de sa valeur initiale, un message doit être envoyé via la liaison 433MHz.
-