

# PILOTE AUTOMATIQUE AS 100

## DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

### SOMMAIRE

### Durée conseillée

Lecture du sujet	0 h 30 mn
<i>A – Étude du motoréducteur</i>	
A1. Étude de la transmission de puissance	0 h 45 mn
A2. Protection mécanique du motoréducteur	1 h 15 mn
<i>B – Installation du motoréducteur</i>	
B1. Détermination du "Ressort de tension"	1 h 00 mn
B2. Recherche de la forme du Bras oscillant	0 h 30 mn
B3. Conception d'éléments du Kit de fixation sur colonne	
B.3.1. Conception du Profilé de centrage 205	1 h 00 mn
B.3.2. Conception de la liaison 205/209	1 h 00 mn

Toutes les parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre de votre choix.

# A – ETUDE DU MOTORÉDUCTEUR

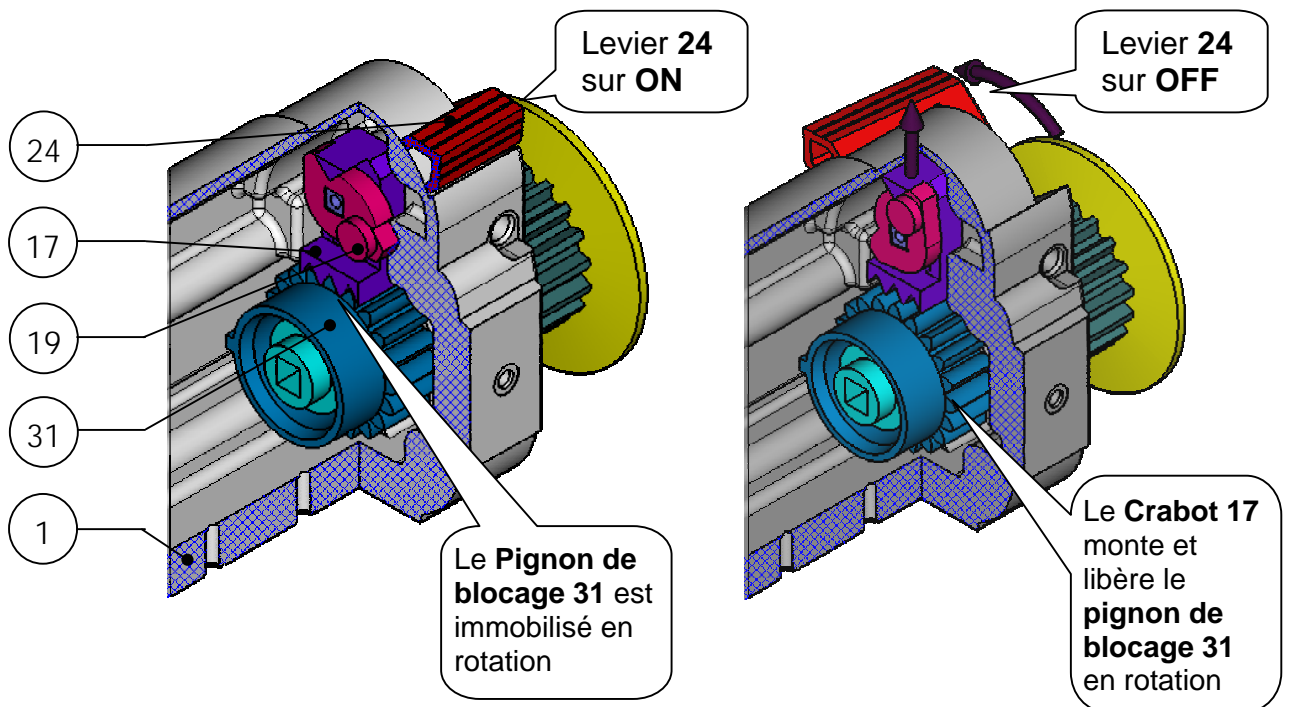
## DESCRIPTION DU MOTOREDUCTEUR

Le **Moteur 26** est accouplé à un **réducteur** à trois trains épicycloïdaux.

Un **Levier de crabotage 24** permet d'accoupler le motoréducteur à la barre en pilotage automatique. Ce même levier permet de désaccoupler le moteur et la barre lorsque le barreur veut piloter lui-même le bateau (**Figure A1**).

De plus le dispositif d'accouplement motoréducteur / barre assure aussi une fonction de limiteur de couple afin de préserver le réducteur contre un « sur-couple » accidentel.

Le **Levier de crabotage 24** a deux positions repérées **ON** et **OFF** « gravées » sur le **Boîtier avant 1**.



**Figure A1 : Accouplement de la Poulie de sortie 7 au motoréducteur**  
**(le motoréducteur n'est pas représenté)**

La rotation du **Levier de crabotage 24** provoque l'initialisation du pilote (mémorisation du cap à suivre) et la rotation du moteur **26** si le cap a varié.

La **came 19** liée au **Levier de crabotage 24** déplace le **Crabot 17** vers le haut et libère en rotation le **Pignon de blocage 31** qui à son tour libère en rotation le **Support de réducteur 32**. La **Poulie de sortie 7** n'est plus alors cinématiquement liée au moteur **26**. Sa rotation est libre.

Le pilotage du bateau est alors assuré par la manœuvre de la **barre**.

## A.1 - Étude de la transmission de puissance

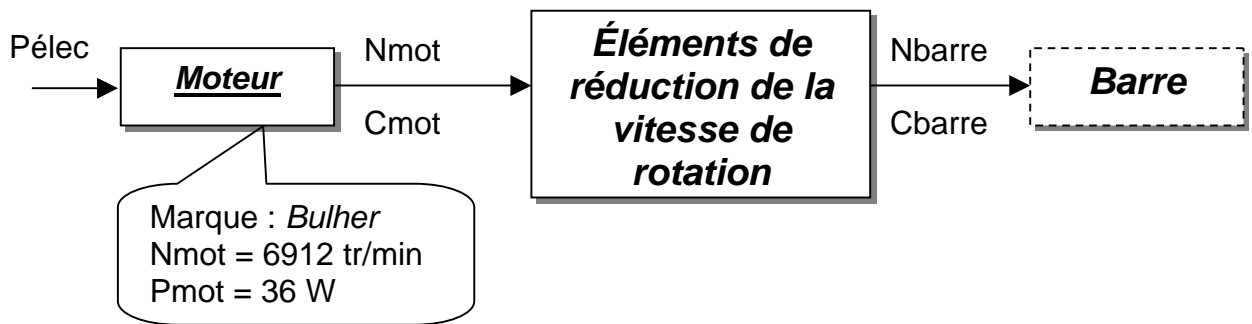
**Objectif :** Déterminer ou vérifier des éléments mécaniques intervenants dans la **chaîne de transmission de puissance** du **moteur** du pilote à la **barre**.

**Cahier des Charges** de la chaîne de transmission de puissance :

Les valeurs suivantes ont été évaluées expérimentalement :

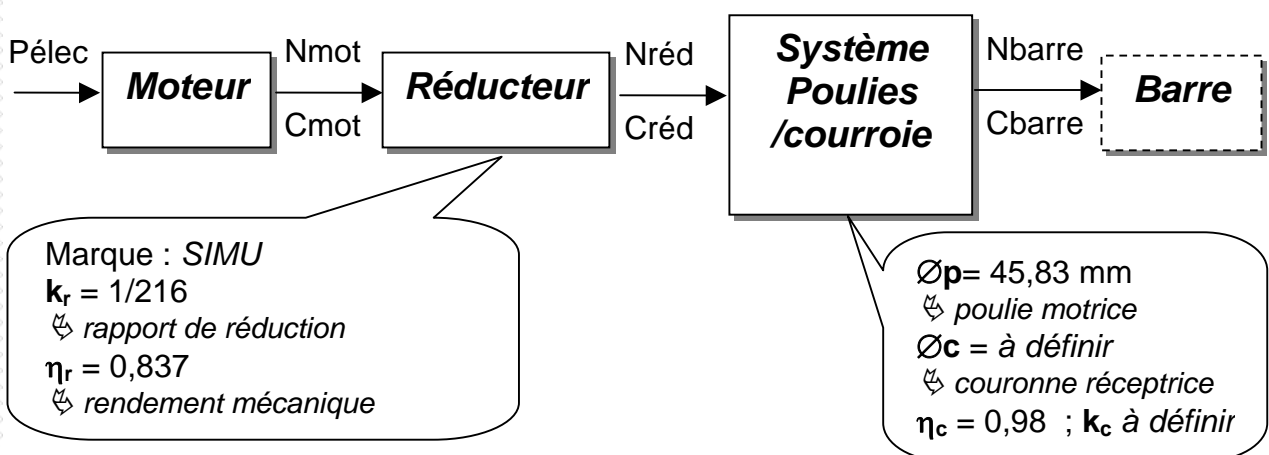
- ⇒ Pour que le bateau ne fasse pas de lacet, il faut que la **vitesse de rotation de la barre** soit dans la plage :  $5 \text{ tr/min} \leq N_{\text{barre}} \leq 6 \text{ tr/min}$ .
- ⇒ Pour un bateau de 14 m, et dans cette plage de vitesse de rotation de la barre, le **couple nécessaire pour manœuvrer la barre** ne doit pas être inférieur à **45 N.m**.

**Schéma bloc** de la transmission de puissance (voir aussi DT2) :



**Question A.1.1 :** Calculer le **rapport de réduction  $r$** , nécessaire pour adapter la vitesse de rotation du moteur  **$N_{\text{mot}}$**  à celle de la barre  **$N_{\text{barre}} = 6 \text{ tr/min}$** .

La barre est manœuvrée par un **système poulies/courroie crantée** accouplé à un **moto-réducteur**



**Question A.1.2 :** Déterminer le rapport de réduction  $k_c$  du système **poulies / courroie** assurant le rapport de réduction global  $r$  calculé précédemment.

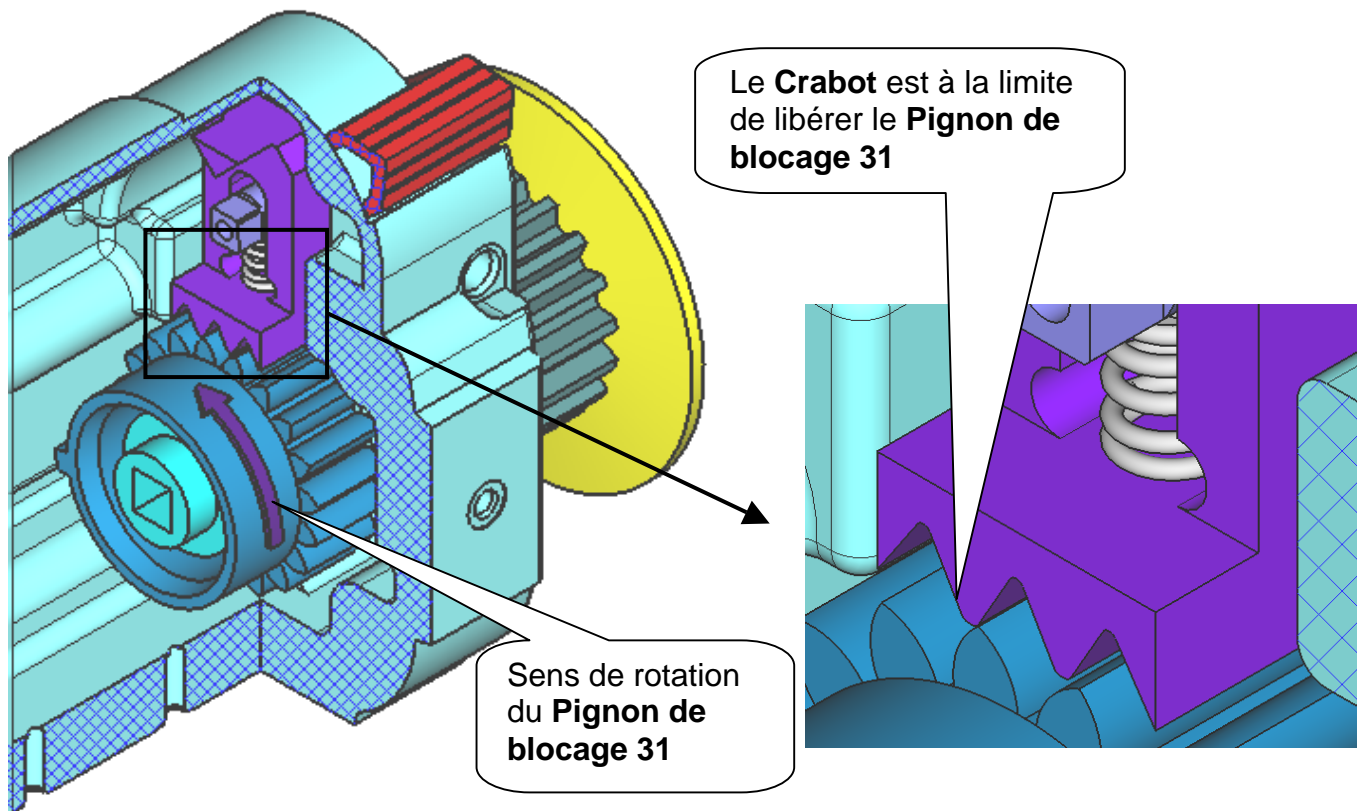
**Question A.1.3 :** En déduire le **diamètre primitif**  $\varnothing_c$  de la **couronne** accouplée à la **barre** pour assurer ce rapport de réduction  $k_c$ .

**Question A.1.4 :** Ecrire la relation liant la puissance motrice  **$P_{mot}$**  et la puissance disponible au niveau de la barre compte tenu des rendements du réducteur et du système poulies / courroie. Vérifier alors que la puissance du moteur est suffisante pour manœuvrer la barre.

## A.2 – Etude du dispositif de protection mécanique du motoréducteur

Le motoréducteur du **Pilote automatique AS100** assure une fréquence de rotation faible grâce à un réducteur de type épicycloïdal. Ce réducteur, relativement fragile, nécessite des dispositions constructives pour le protéger mécaniquement.

Pour cela le couple en sortie du réducteur ne doit pas excéder **9 N.m** → un **limiteur de couple** doit désolidariser le **Pignon de blocage 31** du **Boîtier avant 1** lorsque le couple sur l'arbre de sortie du réducteur dépasse **9 N.m**.



**Figure A2 : Crabot 17 à la limite de libérer le Pignon de blocage 31 en rotation**

Lorsque le pilote est actif (position **ON**) le réducteur transmet la puissance motrice au groupe de pièces solidaires en rotation de la **Poulie de sortie 7**.

Pour que le réducteur puisse transmettre cette puissance motrice à la poulie, il faut que le **Support de réducteur 33** soit immobilisé en rotation. C'est le **Crabot 17**, par l'intermédiaire du **Pignon de blocage 31**, qui assure cet arrêt en rotation.

Si accidentellement un couple résistant supérieur à **9 N.m** est appliqué à l'arbre de sortie du réducteur (intervention imprévue du barreur, action d'une grosse vague sur le gouvernail...), le **Pignon de blocage** exerce alors un effort suffisant sur la denture du **Crabot** pour comprimer le **Ressort 18**. Le **Crabot** remonte et libère en rotation le **Pignon de blocage 31**. Les dents « sautent » jusqu'à ce que la résistance anormale de la barre disparaisse.

# Limiteur de couple

**Objectif :** Déterminer l'effort que doit exercer le **Ressort 18** sur le **Crabot 17** afin que le système libère le **Pignon de blocage 31** lorsque le couple exercé par le **Support de réducteur 32** sur **31** dépasse **9 N.m**.

Il s'agit ici d'un calcul préalable au choix du **Ressort 18**. Le choix du ressort n'est pas à faire.

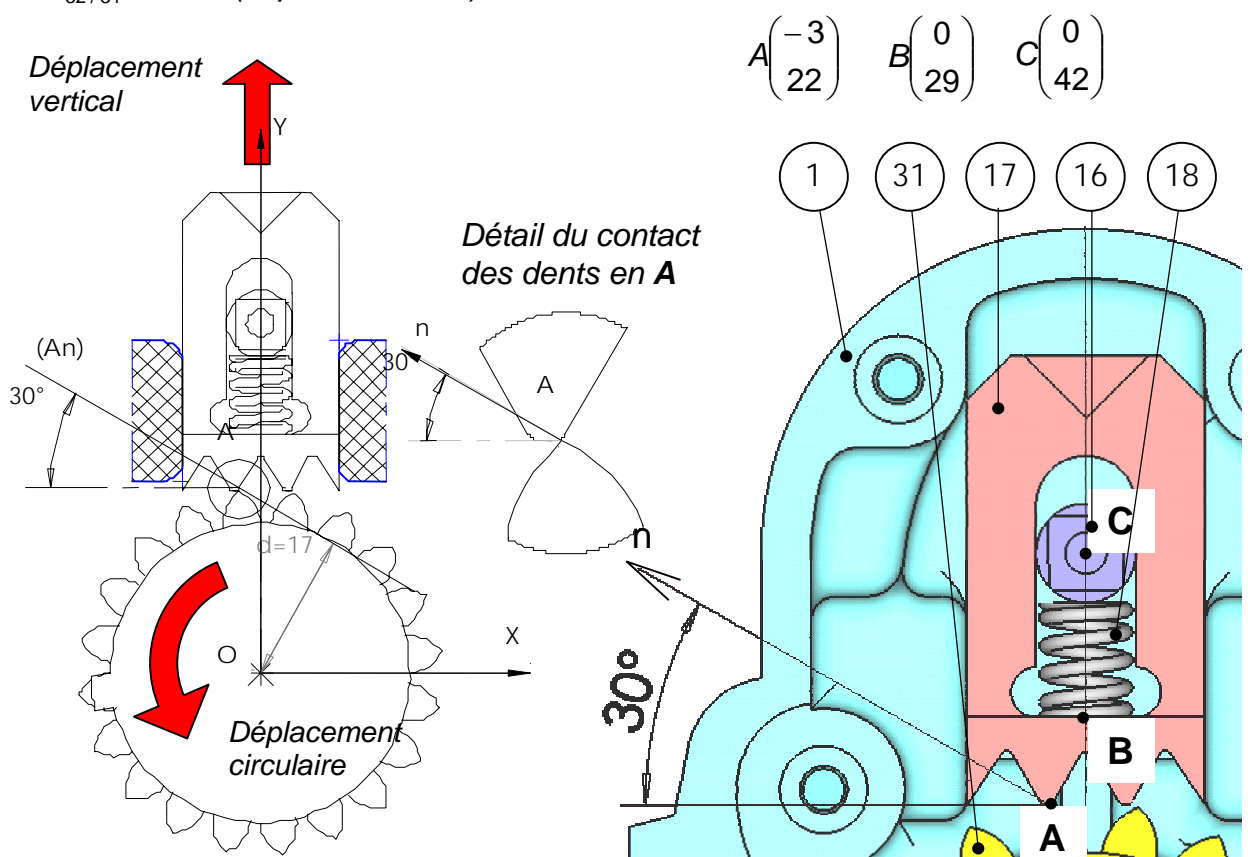
## Hypothèses :

- ⇒ L'étude de l'équilibre du **Crabot 17** sera faite dans la situation la plus critique, c'est à dire que le système est dans la disposition géométrique de la **Figure A3**.
- ⇒ Le dispositif de crabotage admet un plan de symétrie géométrique et de chargement (O,X,Y).
- ⇒ Les liaisons seront considérées comme parfaites (pas de jeu ni de frottement).
- ⇒ Le modèle de liaison choisi pour l'étude est indiqué sur la **Figure A4 : graphe des liaisons et des actions mécaniques**.

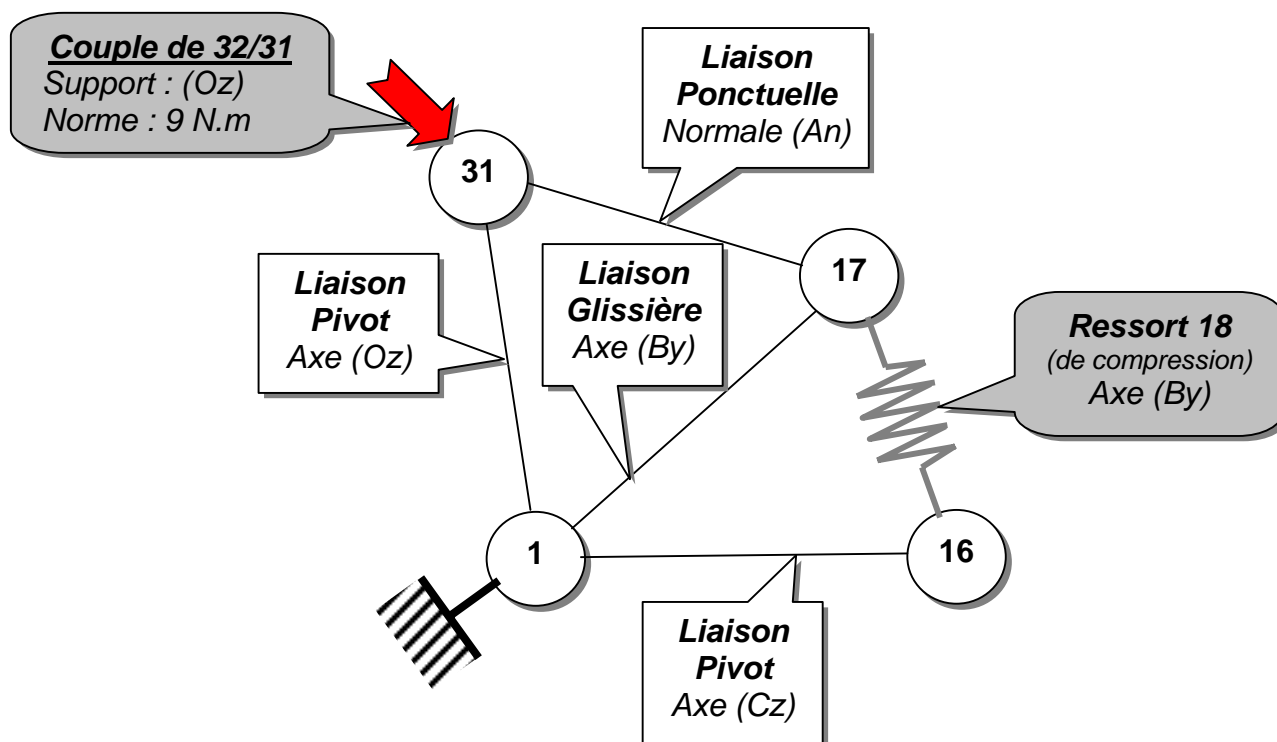
## Données :

- ⇒ couple exercé par le **Support de réducteur 32** sur le **Pignon de blocage 31** :

$$\vec{C}_{32/31} = -9.\vec{z} \text{ (exprimé en N.m)}$$



**Figure A3 : dispositions géométriques utiles pour l'étude de l'équilibre statique du Pignon de blocage 31 et du Crabot 17**



**Figure A4 : Graphe des liaisons et des actions mécaniques**

Dans les questions suivantes, n'écrire que les équations utiles à la résolution du problème.

**Question A.2.1 :** Isoler **31** et identifier les actions mécaniques qui lui sont appliquées. Appliquer le **Principe Fondamental de la Statique** à l'étude de l'équilibre de **31**. Déterminer l'effort en A dans la denture :  $\vec{F}_{17/31}$ .

**Question A.2. 2 :** Isoler **17** et identifier les actions mécaniques qui lui sont appliquées. Appliquer le **Principe Fondamental de la Statique** à l'étude de l'équilibre de **17**. Déterminer l'effort maximal que doit exercer le **Ressort 18** pour maintenir le contact entre **31** et **17** conformément aux hypothèses du problème.

## B - INSTALLATION DU MOTORÉDUCTEUR

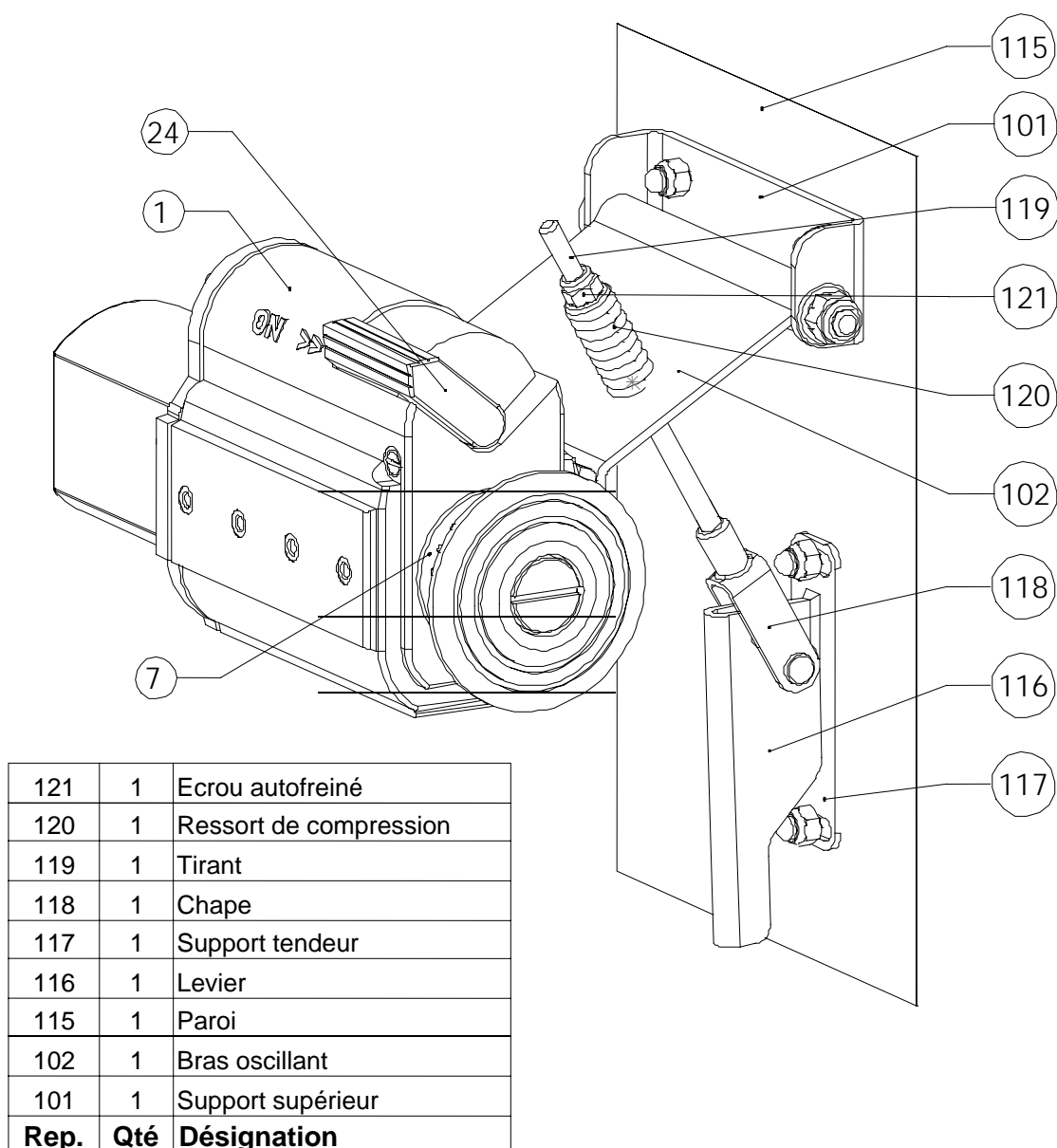
### TYPE DE FIXATION

Le motoréducteur du pilote AS 100 est installé sous la barre à roue du bateau (photo **DT 2**). Il est fixé sur un **Bras oscillant 102** en liaison pivot avec le **Support supérieur 101**.

Deux types de fixation sont possibles selon l'emplacement de la barre à roue :

#### 1. Fixation sur une paroi verticale (**Figure B1**).

C'est généralement le cas des barres situées à l'intérieur du poste de pilotage. Le **Support supérieur 101** et le **Support tendeur 117** sont vissés sur la paroi du bateau.



*Figure B1 : Montage sur paroi verticale*

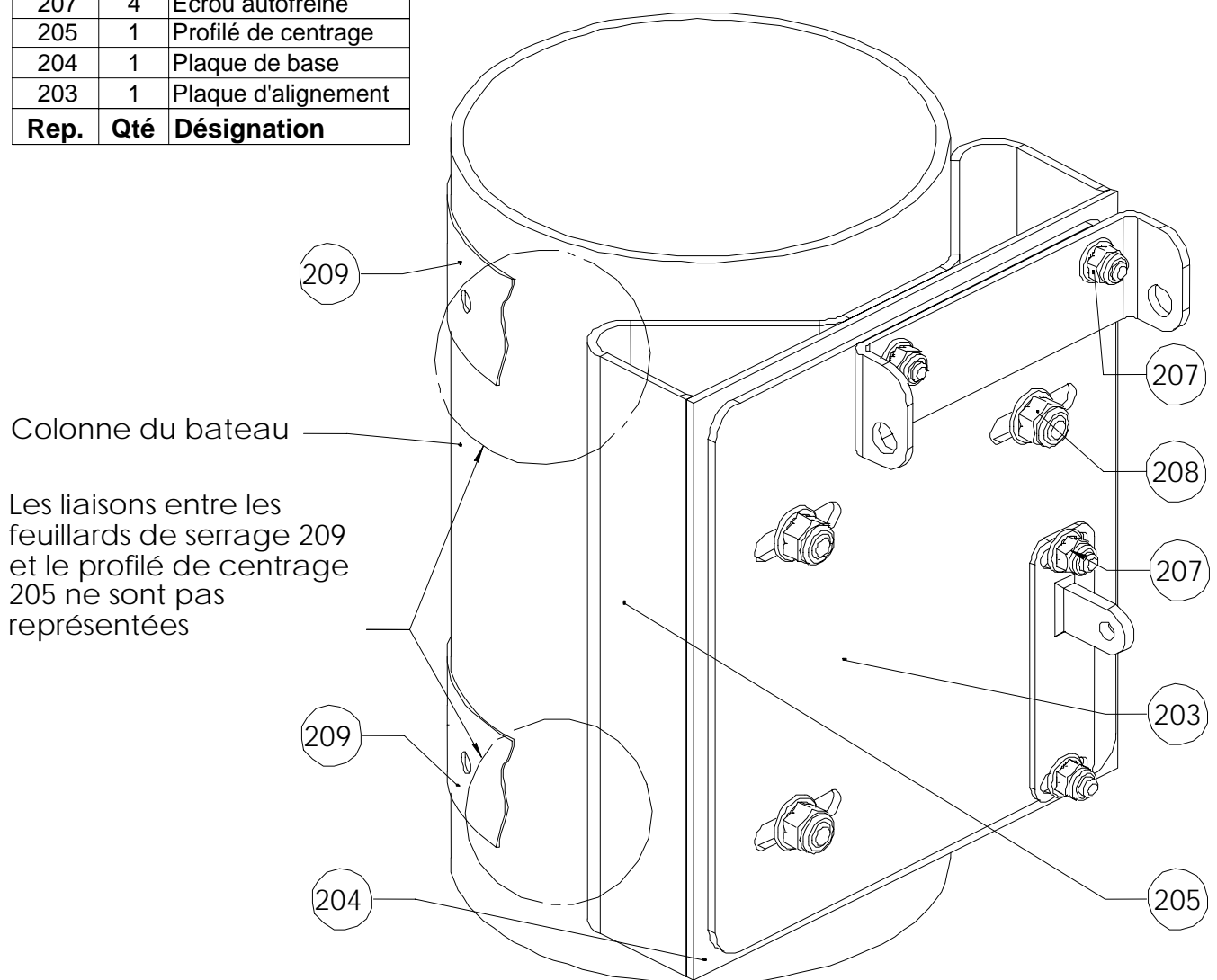


### Fixation sur une colonne cylindrique (**Figure B2**).

Ce cas correspond aux barres situées sur le pont du bateau. Un ensemble de pièces appelé "**Kit de fixation sur colonne**" est nécessaire pour l'installation du motoréducteur sur la colonne sans modification de celle-ci. Il est composé d'un support en forme de **Vé** nommé **Profilé de centrage 205** qui se positionne sur la colonne et est maintenu par deux feuilards métalliques perforés dont la longueur est adaptée lors du montage au diamètre de la colonne.

La **Figure B2** représente de manière incomplète le **Kit de fixation sur colonne**, car une partie des éléments du kit est à définir par le candidat.

209	2	Feuillard de serrage
208	3	Ecrou autofreiné
207	4	Ecrou autofreiné
205	1	Profilé de centrage
204	1	Plaque de base
203	1	Plaque d'alignement
<b>Rep.</b>	<b>Qté</b>	<b>Désignation</b>



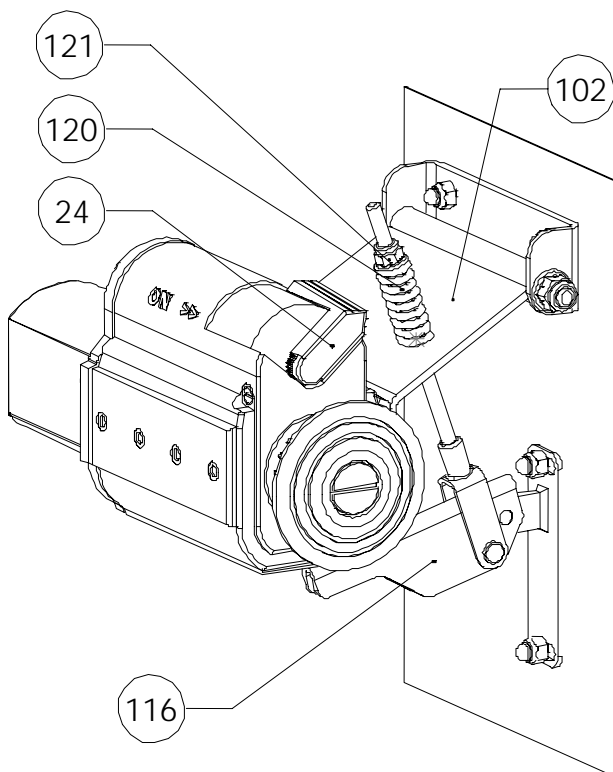
**Figure B2 : KIT DE FIXATION SUR COLONNE**

## TENSION DE LA COURROIE

La courroie crantée est soumise à une tension statique (tension de pose) déterminée en fonction des paramètres de la transmission (vitesse, puissance). Lorsque le pilote n'est pas utilisé, la tension de la courroie doit être réduite pour diminuer les efforts sur les paliers (diminution des couples de frottements et de l'usure des paliers).

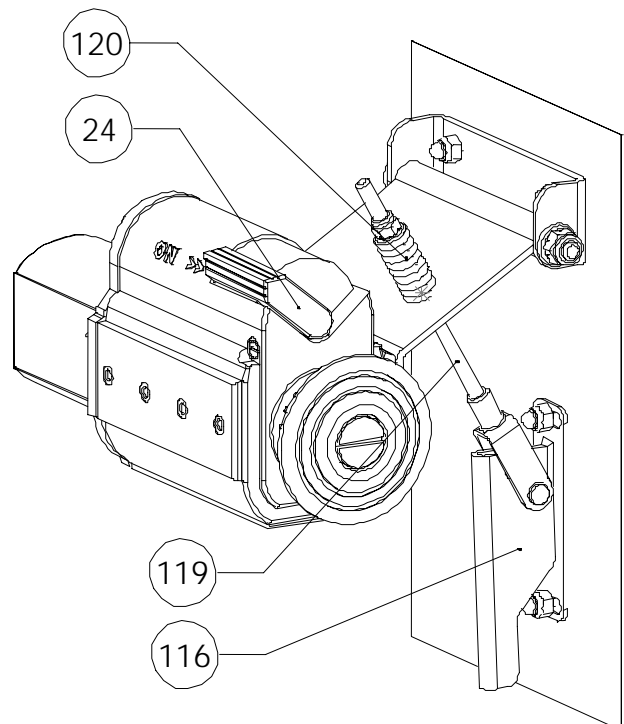
Ces deux valeurs de la tension sont obtenus par la manœuvre du **Levier 116** :

1. **Levier 116 remonté (Figure B3)** : le **Ressort de tension 120** n'applique plus aucun effort sur le **Bras oscillant 102** (longueur = longueur libre réglée par l'**Écrou 121**). La tension résiduelle est seulement due au poids du motoréducteur. Elle est suffisante pour transmettre le mouvement de la couronne à la poulie du motoréducteur lorsque le Pilote est désactivé (**Levier de crabotage 24** sur la position **OFF**).
2. **Levier 116 abaissé (Figure B4)** : Le mécanisme est autobloquant (genouillère). Le **Ressort de tension 120** est écrasé d'une valeur correspondant à la course du **Tirant 119**, la courroie étant pratiquement inextensible. La tension de la courroie est normale, et elle peut transmettre le mouvement de la poulie du motoréducteur à la couronne lorsque le Pilote est activé (**Levier de crabotage 24** sur position **ON**).



*Figure B3 :*

*Levier 116 REMONTE*  
*Tension de courroie minimale*



*Figure B4 :*

*Levier 116 ABAISSE*  
*Tension de courroie normale*

## ***B.1 – Détermination du "Ressort de tension 120"***

Ces questions font référence aux **Figures B1 à B3** et aux documents **DT 6** et **DR 1**

### **B.1.1 – Effort presseur du ressort de tension 120**

**Objectif :** Déterminer l'effort que doit exercer le **Ressort de tension 120** sur le **Bras oscillant 102** pour obtenir la tension statique  $T_0$  de la courroie crantée

L'ensemble oscillant **{S}** constitué par le **Bras oscillant 102** et le **Motoréducteur** est schématisé sur le document réponse **DR 1**.

Nous avons :

- ⇒ Au point O : liaison pivot parfaite d'axe (Oz)
- ⇒ Au point A : Action du **Ressort de tension**, de direction normale à OC
- ⇒ Au point C : Résultante des efforts de tension des deux brins de la courroie, de direction et de sens connus, et d'intensité **T = 250 N**

**Question B.1.1 :** Sur le document réponse **DR 1**, déterminer graphiquement l'action du **Ressort de tension 102** sur l'ensemble oscillant **{S}**. Inscrire sur votre construction graphique toutes les indications utiles à sa compréhension.

### **B.1.2 – Choix d'un ressort**

**Objectif :** Les caractéristiques mécaniques du ressort idéal étant déterminées, choisir un ressort standard du commerce.

On admet que la force exercée par le **Ressort de tension 120** sous la flèche imposée par la course du **Tirant 119** est de **350 N** avec une tolérance de plus ou moins **10%**. On rappelle que la tension  $T_0$  est nulle lorsque le **Levier 116** est remonté.

Le **Tirant 119**, constitué d'une tige filetée inox de diamètre **M6**, à une course de **5 mm**, fixée par le débattement du **Levier 116**.

Pour des raisons économiques, le ressort est choisi dans la gamme proposée par un fabricant. Le document **DT 6** reproduit un extrait du catalogue d'un fabricant de ressort.

**Question B.1.2 :** Sélectionner parmi les références proposées un ou plusieurs ressorts qui satisfont aux conditions de fonctionnement imposées. Vous devez justifier vos choix en indiquant dans l'ordre vos critères de sélection.

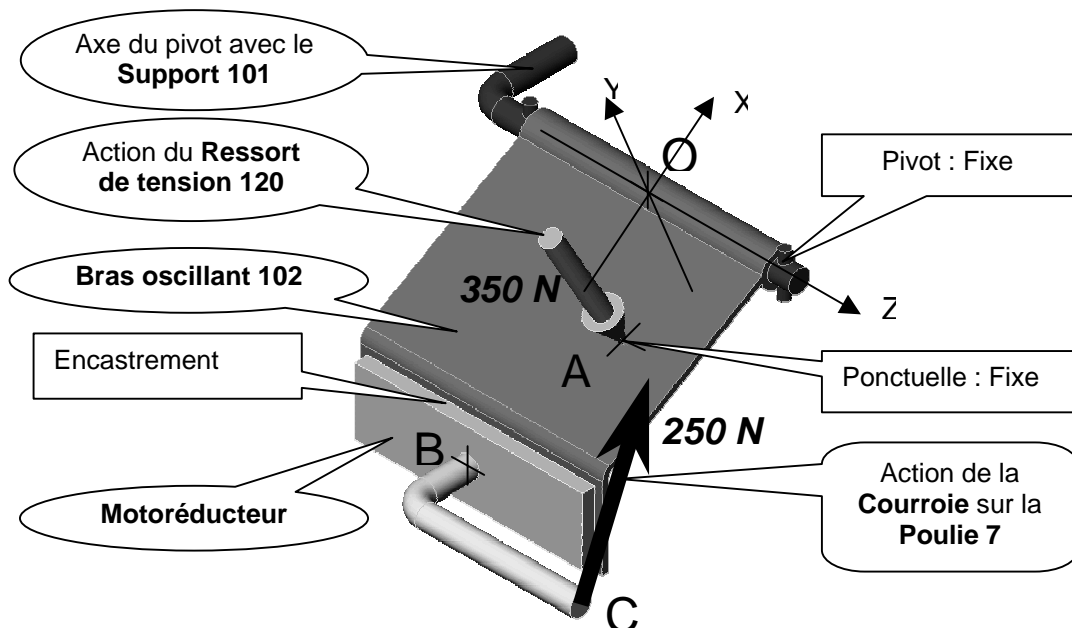
## B.2 – Recherche de la forme optimale du Bras oscillant 102

Cette question fait référence au document **DT 7**.

**Objectif :** Choisir la forme du **Bras oscillant 102** la plus rigide compte tenu du mode de sollicitation.

Le **Bras oscillant 102** fait office de levier dans le mécanisme de tension de la courroie (voir **Figure B1**).

Lorsqu'il est soumis aux efforts représentés sur la **Figure B5**, le **Bras oscillant 102** se déforme. L'axe de la poulie du **Motoréducteur** n'est alors plus parallèle avec l'axe de la couronne de la barre à roue, et la courroie travaille dans de mauvaises conditions.



**Figure B5 : Modèle utilisé pour le calcul des déplacements**

A l'aide d'un logiciel de calcul de résistance des matériaux par éléments finis, le constructeur a testé trois formes différentes pour le **Bras oscillant 102** :

- ⇒ Bras de forme ouverte (le plus simple à fabriquer)
- ⇒ Bras de forme fermée (forme tubulaire)
- ⇒ Bras de forme ouverte comportant une nervure sur sa face inférieure.

**Question B.2.1 :** Citez les deux types de sollicitations simples qui s'appliquent sur le **Bras oscillant**.

**Question B.2.2 :** A partir des résultats représentés sur le document **DT 7** pour les trois formes testées, choisir la plus adaptée selon des critères de déplacement et de la simplicité de réalisation de la pièce. Justifier votre choix.

## B.3 – Conception d'éléments du "Kit de fixation sur colonne" (Voir la Figure B2).

### B.3.1 – Conception du Profilé de centrage 205

**Objectif :** Déterminer graphiquement les dimensions du **Profilé de centrage 205** pour répondre au cahier des charge imposé et définir l'esquisse de la fonction volumique qui permet d'obtenir la maquette numérique en 3D du **Profilé de centrage 205**.

Les conditions fonctionnelles à respecter pour la définition du Profilé de centrage 205 sont définies sur la Figure B6.

Remarquer que la colonne de diamètre mini 120 peut toucher le fond du profil (jeu = 0).

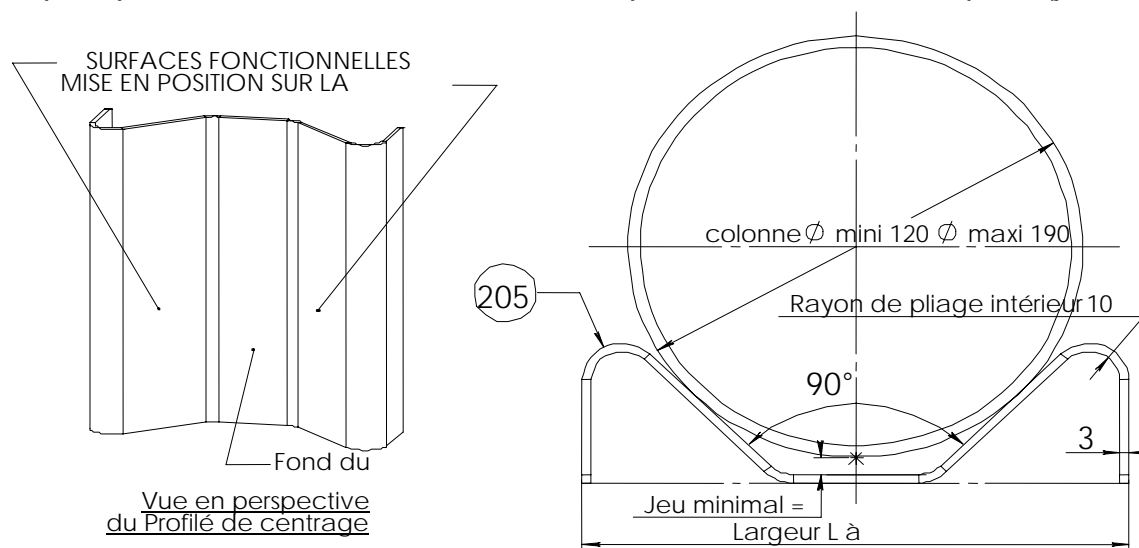


Figure B6 : CdCf du profil 205

**Question B.3.1.1 :** Cette question fait référence au document réponse **DR 2**.

Représenter graphiquement sur feuille de copie, à l'échelle 1:1, le profil de la pièce **205** en appui sur les colonnes de diamètre mini et maxi. Déterminer graphiquement la largeur minimale **L** du profil.

**Question B.3.1.2 :** Représenter graphiquement, à l'échelle 1:1, l'esquisse (courbe plane) qui permet de générer le volume de la pièce **205** par application d'une fonction volumique. Indiquer sur cette esquisse les paramètres dimensionnels et les conditions géométriques qui la définissent sans ambiguïté, et qui garantissent le respect du CdCf. Tracer de couleurs différentes les entités de l'esquisse et les entités de la géométrie de construction (axes, cercles tangents, etc.).

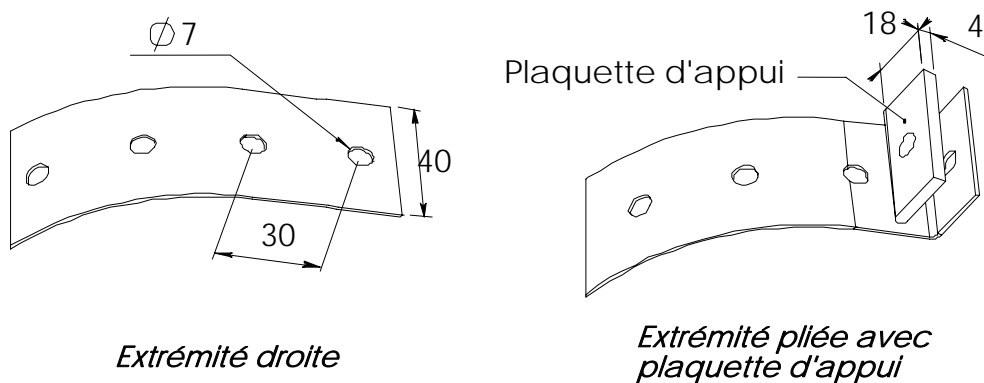
### **B.3.2 – Conception de la liaison "Feuillard de serrage 209 / Profilé de centrage 205".**

Cette question fait référence au document réponse **DR 3**.

**Objectif :** Concevoir et définir une liaison complète démontable entre un **Feuillard de serrage 209** sur la colonne (maintien en position par adhérence) et le support constitué par le **Profilé de centrage 205** et la **plaque de base 204**.

#### **Cahier des charges :**

- ⇒ Le système de fixation est identique pour toutes les extrémités (coût minimal) et doit permettre de tendre les feuillards pour une liaison par adhérence avec la colonne.
- ⇒ Toute modification ou usinage est interdit sur la colonne du bateau.
- ⇒ Le système de fixation doit s'adapter au diamètre de la colonne.
- ⇒ Les **Feuillards de serrage 209** sont des bandes de tôle perforée en acier inoxydable d'épaisseur 0,5 mm. Elles sont coupées à la longueur nécessaire lors du montage. Les extrémités peuvent être pliées (**Figure B7**).
- ⇒ Des usinages (perçage, grugeage, etc.) ou des soudures sont autorisées sur le **Profilé de centrage 205**. Le rayon de pliage intérieur de 10 mm (**Figure B6**) autorise, si l'on veut, le passage d'éléments servant à la fixation.
- ⇒ Le montage et le réglage de la tension des brides doit être facile pour permettre les réglages de position nécessaires pour aligner les poulies et tendre la courroie.
- ⇒ Toutes les pièces sont en acier inoxydable ou en bronze.



**Figure B7 : Exemples d'extrémités pour le feuillard de serrage 209**

**Question B.3.2 :** Définir par un ou plusieurs croquis en perspective et à main levée (les pièces existantes sont esquissées sur le document réponse **DR 3**) une solution technologique répondant aux critères du cahier de charges ci-dessus.  
Faire toute autre vue que vous jugerez utile pour définir votre solution.  
Annoter vos dessins ou croquis pour définir les éléments standards utilisés et donner le nom et/ou la fonction des pièces ajoutées.