

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

### INGÉNIERIE, INNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

#### INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Coefficient 16

Durée : 20 minutes -1 heure de préparation  
Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

#### Constitution du sujet :

- **Dossier de Présentation**..... Pages 2 à 4
- **Dossier de Travail Demandé**..... Pages 5 à 6
  - Partie relative aux enseignements communs ..... Pages 5 à 6
  - Partie relative à l'enseignement spécifique..... Page 6
- **Dossier Technique et Ressource** ..... Pages 7 à 10

#### Rappel du règlement de l'épreuve

L'épreuve s'appuie sur une étude de cas issue d'un dossier fourni au candidat par l'examineur et présentant un produit pluri-technologique.

Un questionnaire est remis au candidat avec le dossier en début de la préparation de l'épreuve. Il permet de résoudre une problématique technologique (sans entraîner le développement de calculs mathématiques importants) afin d'évaluer des compétences et connaissances associées, de la partie relative aux enseignements communs et propres à l'enseignement spécifique choisi par le candidat lors de son inscription.

Pendant l'interrogation, le candidat dispose de 10 minutes pour exposer les conclusions de sa préparation avant de répondre aux questions de l'examineur, relatives à la résolution du problème posé.

|  |                     |              |
|--|---------------------|--------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D |                     | Session 2023 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle                       | Code : 2023-28-ITEC | Page 1 / 10  |

## Bac à traile sur le Rhin entre la France et l'Allemagne

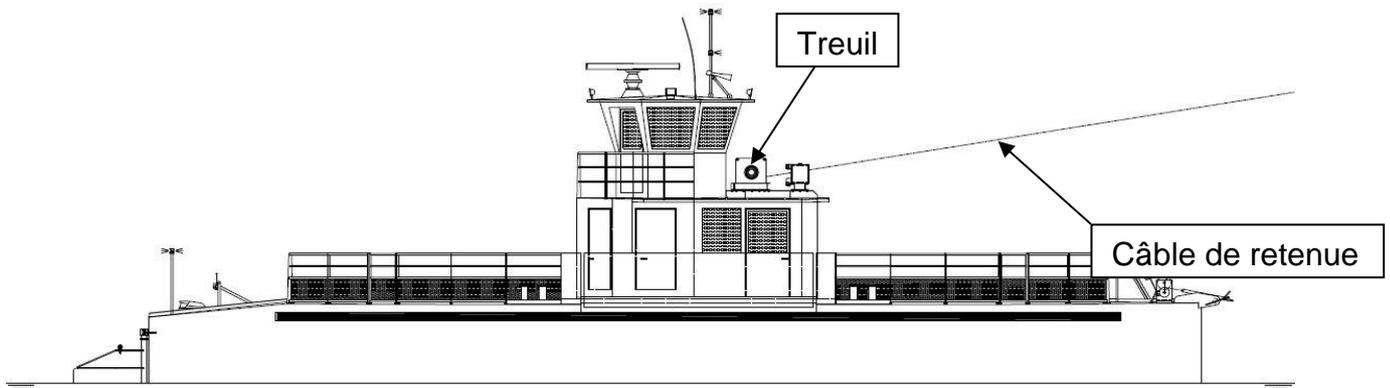


Figure 1 : bac à traile

### Mise en situation

En 2007 la commune de Seltz décide de mettre en place un chantier de rénovation complet d'une portière-bac (figure 1) permettant d'effectuer le franchissement du Rhin (figure 2) entre les communes de Seltz côté français (rive gauche) et Plittersdorf côté allemand (rive droite).

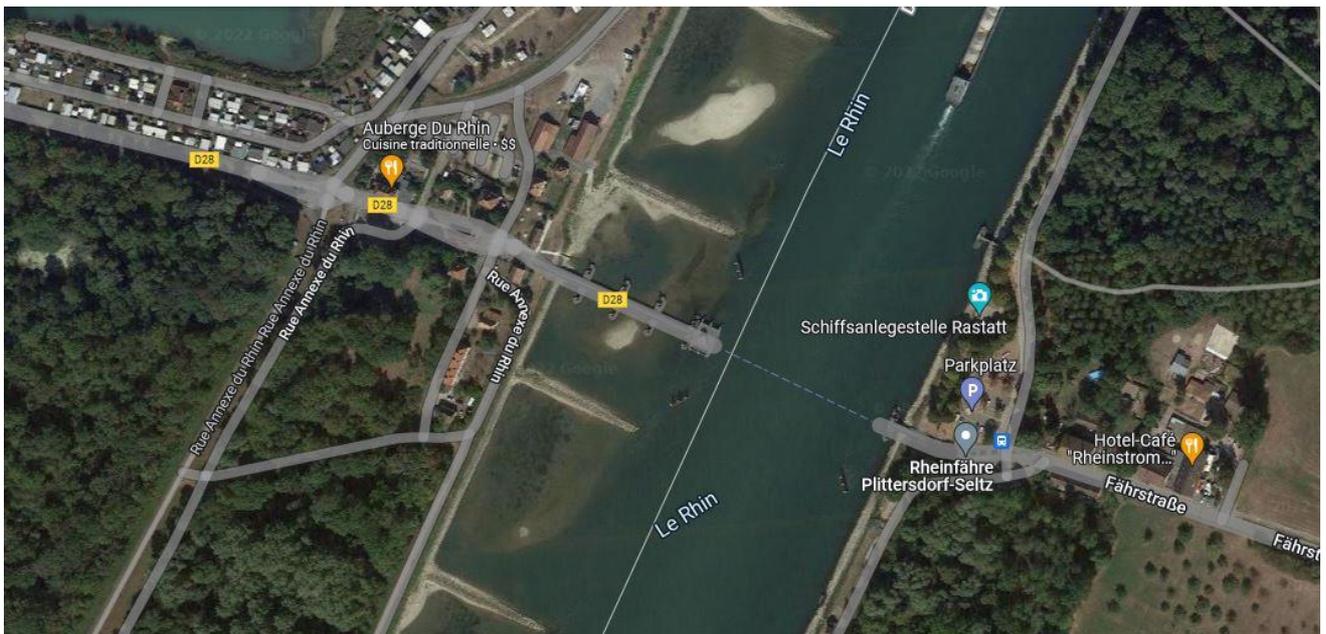


Figure 2 : photo aérienne du site

Le bac à traîle (figure 3) est un type d'embarcation utilisée pour traverser un cours d'eau. Il se déplace le long d'un câble (la traîle) tendu entre deux piliers situés sur chaque rive. Le câble ne sert pas à mouvoir le bac, il sert à le retenir dans le courant du fleuve. L'entraînement du bac le long de la traîle se fait grâce à la pression du courant sur la coque et les safrans.



Figure 3 : photo de l'embarcation

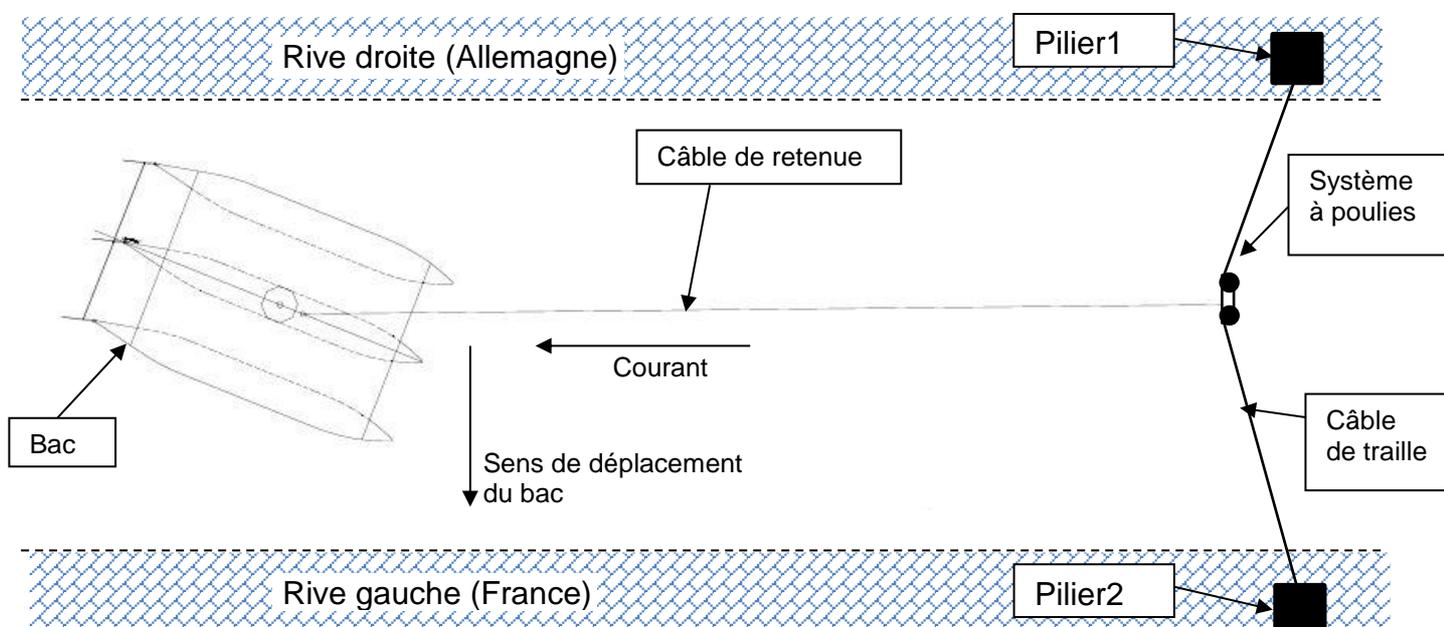


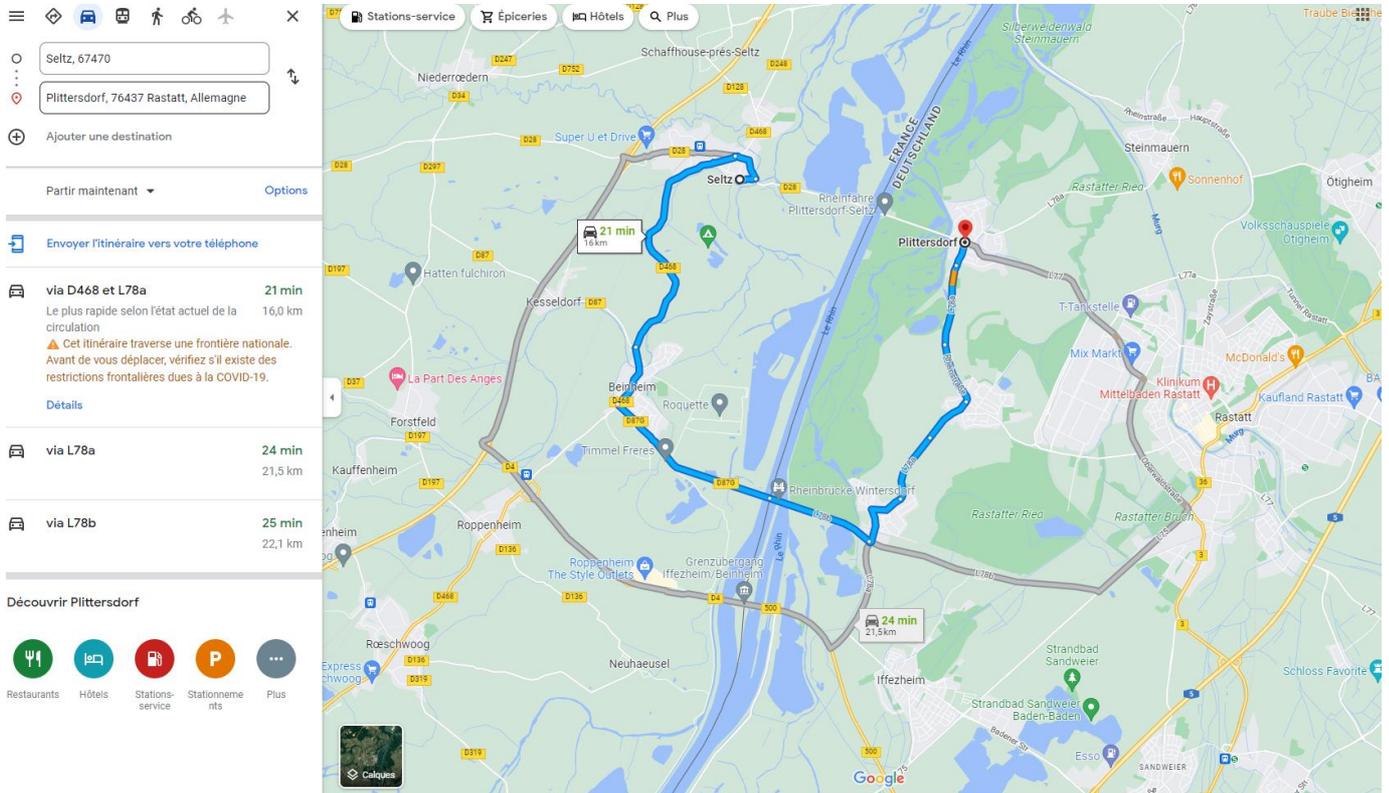
Figure 4 : schéma de l'installation

Le bac peut transporter jusqu'à 70 personnes, 25 vélos et 6 véhicules légers d'une rive à l'autre. Il effectue jusqu'à 50 allers-retours par jour. Une traversée dure 3 min.

### Production de l'énergie

L'énergie électrique est fournie par deux roues à aubes (voir DTR2 figure 7) et des panneaux photovoltaïques. L'énergie est stockée dans des batteries qui peuvent, au besoin, être rechargées à quai par l'intermédiaire d'une prise de courant.

|  |                     |              |
|--|---------------------|--------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D |                     | Session 2023 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle                       | Code : 2023-28-ITEC | Page 3 / 10  |



**Figure 5 : comparaison des trajets avec bac et par le réseau routier seul**

La distance de trajet Seltz → Plittersdorf est abaissée à 4,1km au lieu de 16km.

La distance de trajet Seltz → Rastatt est abaissée à 9,3km au lieu de 18km.

### Intérêt de la réalisation

La zone située entre Seltz et Plittersdorf possède des campings, des plans d'eau, une réserve naturelle, un golf et de nombreuses possibilités d'activités sport et nature (Figure 5). Il y a aussi une forte activité industrielle le long du Rhin et une grande zone urbaine industrielle et commerciale à proximité de Rastatt.

### Problématique

L'objectif de cette étude est d'une part de valider les choix technologiques de sources d'énergies utilisées par le bac, et d'autre part de dimensionner le câble de retenue du bac à partir des efforts de traînée hydrodynamique.

# DOSSIER DE TRAVAIL DEMANDÉ

---

## Partie relative aux enseignements communs

L'objectif de cette partie est de valider les choix technologiques des sources d'énergies utilisées par le bac.

Question 1 **Expliquer** l'intérêt du bac sur les plans social, environnemental et économique.

Question 2 **Indiquer** la source d'énergie utilisée pour la propulsion du bac à traile. **Justifier** l'intérêt de cette source d'énergie pour le déplacement du bac comparée à une propulsion classique à moteur Diesel.

La figure 6 du DTR1 présente un synoptique du système électrique utilisé sur le bac à traile.

Question 3 **Relever** la tension aux bornes de la batterie de service.

DTR1 **Calculer** l'énergie stockée par la batterie de service en W·h.

La batterie de service stocke 12 kW·h d'énergie, soit  $W_{BS} = 12 \text{ kW}\cdot\text{h}$ .

Dans le cas d'utilisation le plus défavorable, la nuit en hiver, la puissance consommée par l'ensemble des systèmes du bateau est de 2,36 kW.

Question 4 **Calculer** l'autonomie de la batterie de service seule (sans apport des autres sources d'énergie).

La puissance fournie par les roues à aubes dépend directement de la vitesse du courant du fleuve (Tableau 1 du DTR2).

Question 5 **Relever** la puissance fournie par les deux roues à aubes pour une vitesse de courant de  $1,85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

DTR2

Données :

- les roues à aubes ne tournent pas lorsque le bac est à quai ;
- les roues produisent ensemble  $P_{RA} = 500 \text{ W}$  en fonctionnement ;
- le nombre de trajets aller-retour est de 50 (100 trajets au total) par jour ;
- la durée d'un trajet (aller ou retour) est de 3 min.

|  |                     |              |
|--|---------------------|--------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D |                     | Session 2023 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle                       | Code : 2023-28-ITEC | Page 5 / 10  |

Question 6 **Calculer** le temps de production d'énergie des roues à aubes sur une journée.

**Calculer** l'énergie produite en kW·h.

**Conclure** quant à l'intérêt de ce système par rapport à l'autonomie.

### Partie relative à l'enseignement spécifique

L'effort de propulsion est induit par la pression du courant du fleuve sur la coque du bac. L'angle d'incidence de la coque du bac par rapport au courant crée une portance latérale (effort latéral) qui permet de se déplacer. Aucune source d'énergie extérieure n'est nécessaire pour la traversée.

Question 7 **Relever**, sur l'abaque (DTR3 figure 8), le coefficient de traînée pour un angle d'incidence de 25°.

DTR3

Le câble du treuil supporte l'effort de traînée généré par le courant du fleuve sur la coque. Pour dimensionner le câble du treuil de retenue la vitesse moyenne du courant choisie est  $V = 2,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . La surface frontale du bac, opposée au courant, est  $S = 2,59 \text{ m}^2$ .

Question 8 À l'aide de la formule donnée sur le DTR4, **calculer** l'effort de traînée  $F_t$ .

**Relever** l'effort  $Ra_{TOTAL}$  à partir du tableau de mesures expérimentales (tableau 2 du DTR5), pour une vitesse de courant de  $2,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

DTR 4

**Comparer** la valeur de l'effort  $F_t$  calculée précédemment à la valeur  $Ra_{TOTAL}$

DTR 5

Pour la suite des calculs  $F_t = Ra_{TOTAL} = 3\,900 \text{ N}$ .

Question 9 **Préciser** le type de sollicitation à laquelle est soumis le câble.

DTR 6

La limite élastique de l'acier utilisé dans la fabrication des câbles est :

$R_e = 180 \text{ MPa}$ .

Le coefficient de sécurité est fixé à  $s = 5$ .

**Calculer** la résistance pratique  $R_{pe}$ .

**Calculer** la section et le diamètre du câble à utiliser en utilisant la formule

suivante :  $\sigma = \frac{F}{S}$

avec  $\sigma$  (contrainte) en MPa,  $F$  (effort de traction) en N,  $S$  (section du câble) en  $\text{mm}^2$

**Définir** le choix du câble à utiliser par rapport aux diamètres disponibles (tableau 3 du DTR6).

Question 10 **Conclure** sur la problématique de l'autonomie énergétique du bac à traîlle.

|  |                     |              |
|--|---------------------|--------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D |                     | Session 2023 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle                       | Code : 2023-28-ITEC | Page 6 / 10  |

# DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

## DTR1 : synoptique du système électrique

Le courant est produit par les deux roues à aubes et les panneaux solaires qui chargent en continu le parc de batteries. Une alimentation à quai (branchement par câble ou par induction) permet de compléter la charge des batteries pendant les périodes hivernales (le chauffage est le principal consommateur d'énergie).

Le parc à batteries alimente les différents appareils directement en 24 V ou en 230 V par l'intermédiaire d'un convertisseur.

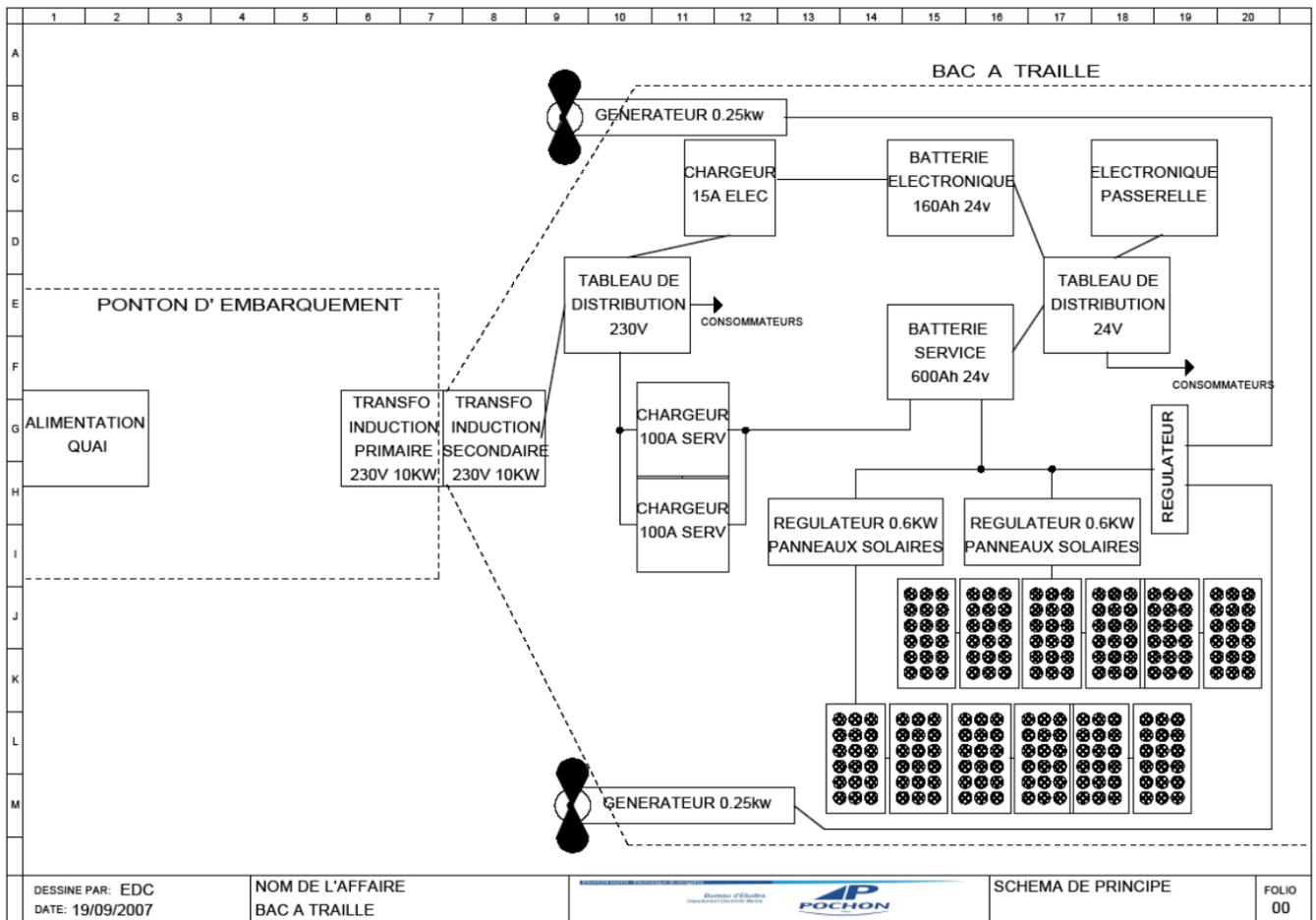
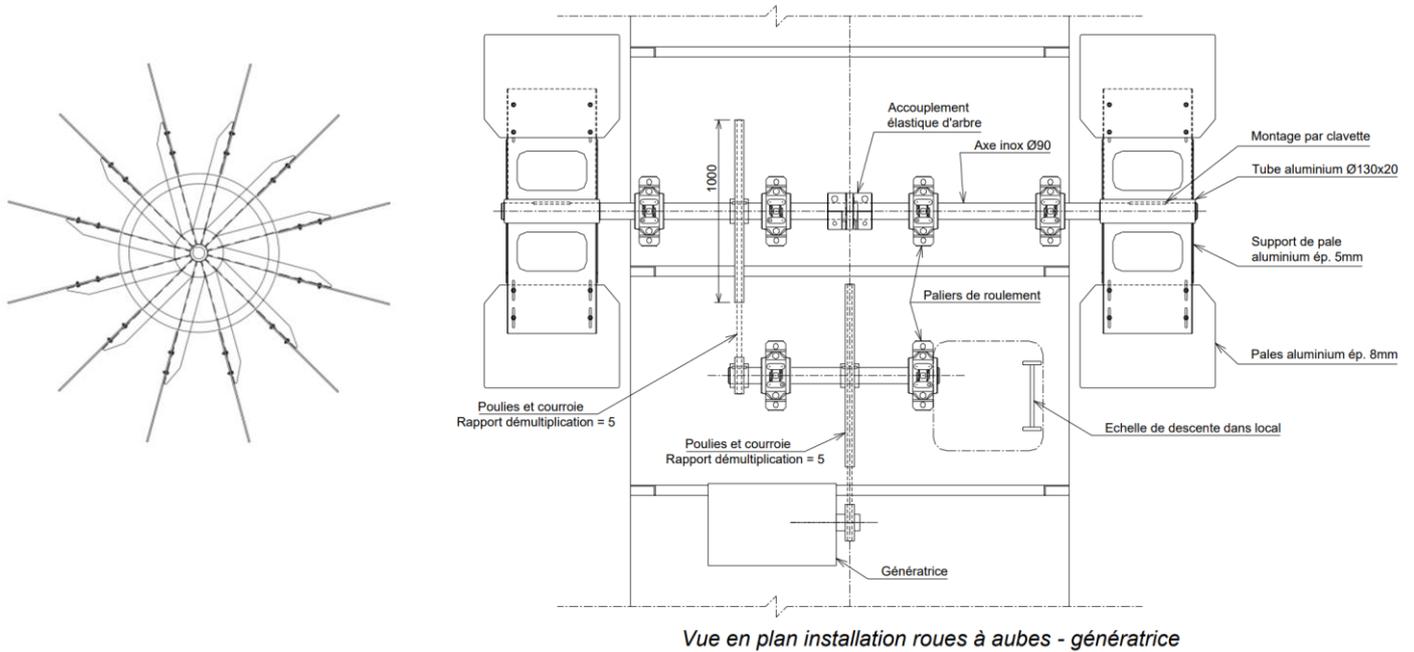


Figure 6 : synoptique du système électrique

## DTR2 : production d'électricité des deux roues à aubes

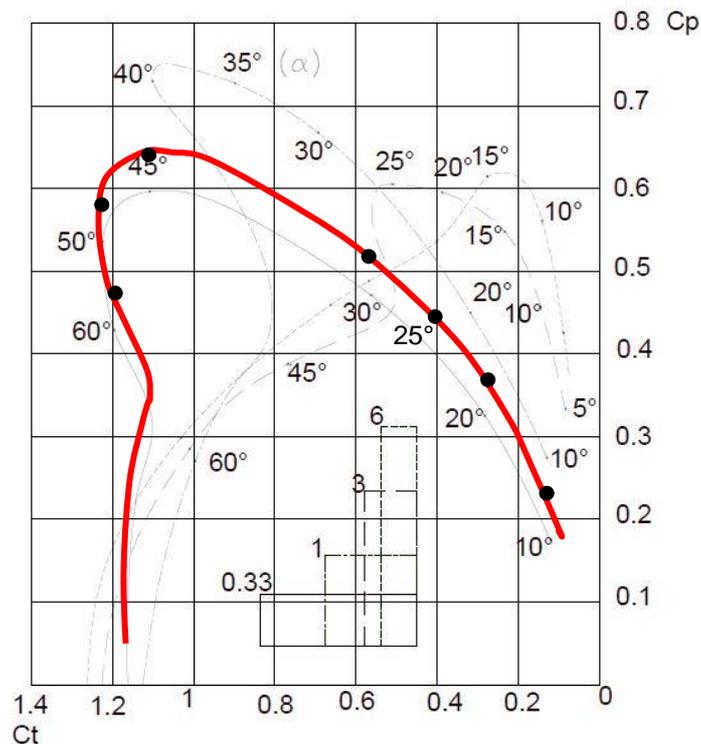


**Figure 7** : système de roues à aubes

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vitesse courant       | m/s     | 1.2   | 1.4   | 1.6   | 1.8   | 1.85  | 1.9   | 2     | 2.2   | 2.4   | 2.5   |
| Vitesse roue          | m/s     | 0.72  | 0.84  | 0.96  | 1.08  | 1.11  | 1.14  | 1.2   | 1.32  | 1.44  | 1.5   |
| diamètre              | 1.935 m |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| vitesse rotation      | t/s     | 0.12  | 0.14  | 0.16  | 0.18  | 0.19  | 0.19  | 0.20  | 0.22  | 0.24  | 0.26  |
|                       | t/min   | 7.35  | 8.57  | 9.80  | 11.02 | 11.33 | 11.64 | 12.25 | 13.47 | 14.70 | 15.31 |
| force sur la pale     | N       | 70.6  | 96.1  | 125.5 | 158.8 | 167.8 | 177.0 | 196.1 | 237.2 | 282.3 | 306.4 |
| nombre de pale        | 2.83    | 199.8 | 271.9 | 355.1 | 449.5 | 474.8 | 500.8 | 554.9 | 671.4 | 799.0 | 867.0 |
| Puissance             | W       | 69    | 110   | 164   | 233   | 253   | 274   | 320   | 425   | 552   | 624   |
| Puissance sur 2 roues | W       | 138   | 219   | 327   | 466   | 506   | 548   | 639   | 851   | 1105  | 1248  |

**Tableau 1** : puissance délivrée par les roues à aubes en fonction du courant du fleuve.

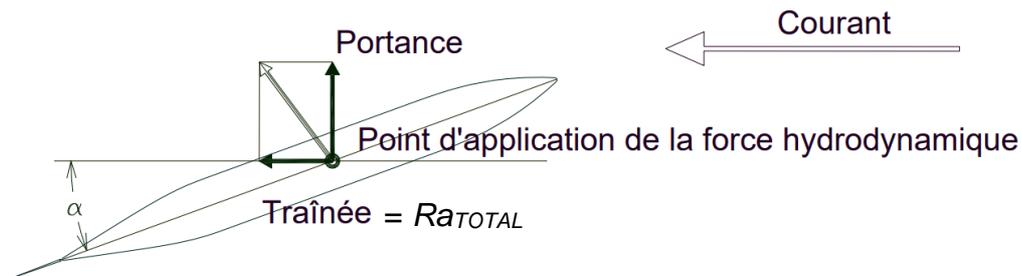
**DTR3 : coefficient de traînée ( $C_t$ ) en fonction de l'angle d'incidence du bateau par rapport au courant ( $\alpha$ ) et de la forme du bateau**



**Figure 8 :** abaque du coefficient de traînée ( $C_t$ )

**DTR4 : résistance à l'avancement au courant (effort de traînée)**

La résistance à l'avancement (force de traînée  $F_t$ ) doit être estimée afin de déterminer l'effort sur le câble de retenue.



**Figure 9 :** schéma d'application des forces

La force de traînée est générée par le courant.

Pour évaluer cette force, l'équation de base de la dynamique des fluides est utilisée :

$$F_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_t \cdot V^2$$

Avec  $F_t$  : traînée (N)

$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  : masse volumique de l'eau ;

$S$  : surface frontale de l'objet immergé ( $\text{m}^2$ ) ;

$C_t$  : coefficient de traînée ;

$V$  : vitesse du courant ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

## DTR5 : résistance à l'avancement dans le sens du courant

Une simulation multi-physique a permis d'obtenir les résultats du tableau ci-dessous.

Exemple : pour une vitesse de courant de  $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , la résistance à l'avancement totale du bac  $Ra_{TOTAL}$  est de 2312 N.

|                    |                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Vitesse du courant | vitesse (km/h)    | 0.925 | 1.85  | 2.775 | 3.7   | 4.625 | 5.55  | 6.475 | 7.4   | 8.325 | 9.25  | 10.175 | 11.1  |
|                    | vitesse (Kn)      | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   | 3.0   | 3.5   | 4.0   | 4.5   | 5.0   | 5.5    | 6.0   |
|                    | vitesse (ms-1)    | 0.3   | 0.5   | 0.8   | 1.0   | 1.3   | 1.5   | 1.8   | 2.1   | 2.3   | 2.6   | 2.8    | 3.1   |
|                    | Fn                | 0.02  | 0.03  | 0.05  | 0.07  | 0.09  | 0.10  | 0.12  | 0.14  | 0.15  | 0.17  | 0.19   | 0.21  |
|                    | R/D linéarisé     | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.004  | 0.005 |
|                    | Rr (N)            | 330   | 459   | 589   | 718   | 848   | 977   | 1107  | 1236  | 1236  | 1442  | 1648   | 1854  |
|                    | 1+k               | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1    | 1.1   |
|                    | Rr cor (N)        | 363   | 505   | 647   | 790   | 932   | 1075  | 1217  | 1360  | 1360  | 1586  | 1813   | 2039  |
|                    | Rn coque          | 5E+06 | 1E+07 | 2E+07 | 2E+07 | 3E+07 | 3E+07 | 4E+07 | 4E+07 | 5E+07 | 5E+07 | 6E+07  | 6E+07 |
|                    | Cf coque          | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 2E-03 | 2E-03 | 2E-03 | 2E-03 | 2E-03 | 2E-03  | 2E-03 |
|                    | 1+k qualité coque | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1    | 1.1   |
|                    | Rf coque (N)      | 22    | 77    | 162   | 289   | 451   | 649   | 884   | 1154  | 1461  | 1803  | 2182   | 2597  |
|                    | Rtotal coque      | 384   | 582   | 810   | 1078  | 1383  | 1724  | 2101  | 2514  | 2820  | 3390  | 3995   | 4637  |
|                    | Rn quille         | 2E+06 | 4E+06 | 6E+06 | 8E+06 | 1E+07 | 1E+07 | 1E+07 | 2E+07 | 2E+07 | 2E+07 | 2E+07  | 3E+07 |
|                    | Cf quille         | 4E-03 | 4E-03 | 3E-03  | 3E-03 |
|                    | 1+k quille        | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5    | 1.5   |
|                    | Rf quille (N)     | 0     | 1     | 1     | 3     | 4     | 5     | 7     | 9     | 11    | 14    | 16     | 19    |
|                    | Rn safran         | 8E+05 | 2E+06 | 2E+06 | 3E+06 | 4E+06 | 5E+06 | 6E+06 | 6E+06 | 7E+06 | 8E+06 | 9E+06  | 9E+06 |
|                    | Cf safran         | 5E-03 | 4E-03 | 4E-03 | 4E-03 | 4E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03 | 3E-03  | 3E-03 |
|                    | 1+k safran        | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5    | 2.5   |
|                    | Rf safran (N)     | 2     | 5     | 11    | 19    | 29    | 40    | 53    | 67    | 83    | 101   | 120    | 141   |
|                    | Ra (N)            | 3     | 12    | 28    | 50    | 77    | 111   | 152   | 198   | 251   | 310   | 375    | 446   |
|                    | $Ra_{TOTAL}$ (N)  | 389   | 600   | 851   | 1150  | 1493  | 1881  | 2312  | 2788  | 3166  | 3814  | 4506   | 5242  |

Tableau 2 : mesures expérimentales de résistance à l'avancement

## DTR6 : catalogue câbles WIRE-ROPES 7 torons

**CÂBLE Galva 7 torons de 19 fils (1 + 6 + 12 fils) - Âme métallique**

CE réf. 1022 AM

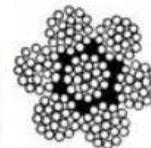
Galvanized steel wire-rope 7x19 - Steel core

Applications : câble pour chariots de grues, petits palans, treuils, skips, téléskis, élingues et usages divers.

Nuance de l'acier : GALVANISÉ / Ame : MÉTALLIQUE

Tolérance sur le diamètre : selon norme

ÂME MÉTALLIQUE



âme métal - 7 x 19 fils



| CODE                          | AGE200 | BGE200 | DGE200 | FGE200 | GGE200 | HGE180 | IGE200 | JGE200 | LGE180 | PGE180 | SGE180 | TGE180 | UGE200 | WGE200 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| diam câble mm                 | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 14     | 16     | 18     | 20     |
| résistance kg/mm <sup>2</sup> | 200    | 200    | 200    | 200    | 200    | 180    | 200    | 200    | 180    | 180    | 180    | 180    | 200    | 200    |

Tableau 3 : caractéristiques des câbles