

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—  
SESSION 2025  
—

**INGENIERIE, INNOVATION  
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**OPTION ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT**

(Classes de terminale série STI2D)

EPREUVE D'ADMISSIBILITE

Durée : 5 heures

—  
Aucun document autorisé

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.*

**Consignes aux candidats**

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Ne joindre aucun brouillon
- Ne pas composer dans la marge
- Numérotter chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

**Option Energies et environnement :**

Concours / Examen : CGL    Epreuve : admissibilité    Matière : ENEN    Session : 2025

Tournez la page S.V.P.

# SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

**Ingénierie, Innovation et Développement Durable**

## ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT

Durée de l'épreuve : **5 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 43 pages.

Constitution du sujet :

<b>Partie commune (durée indicative 3h00)</b>
<b>Partie spécifique (durée indicative 2h00)</b>

- ❖ La partie commune comporte 5 parties.
- ❖ La partie spécifique comporte 2 parties.

**Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.  
Vous devez traiter dans l'ordre la partie commune avant la partie spécifique.**





# Nouvelle attraction FJORD EXPLORER



## Partie commune

<b>Présentation de l'étude et questionnement .....</b>	<b>pages 3 à 10</b>
<b>Documents techniques DT1 à DT13 .....</b>	<b>pages 11 à 25</b>
<b>Documents réponses DR1 à DR4 .....</b>	<b>pages 26 à 29</b>

## Mise en situation

---

Le PAL (Parc Animalier et de Loisirs) est situé à Saint Pourçain sur Besbre dans l'Allier. Créé en 1973, il est original par ses triples facettes ; c'est le seul parc français à conjuguer attractions, animaux et hébergements atypiques. Il est aujourd'hui le 1<sup>er</sup> site de loisirs le plus fréquenté de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Le PAL propose 30 attractions, 1 000 animaux, des représentations animalières et de nombreuses animations pédagogiques sur 50ha de nature (**DT1 - Plan d'ensemble du Parc** et **DT3 - Principales étendues d'eau du parc**). Il est ouvert aux publics sur une période de 6 mois dans l'année, d'avril à septembre de 10h à 19h.

Soucieux de réduire l'impact de son activité sur l'environnement, le PAL est engagé dans une démarche de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE). Depuis 2007, il s'est lancé dans une démarche de développement durable pour obtenir la certification de tourisme durable, l'une des plus exigeantes au monde « GREEN GLOBE ». Actuellement il défend un nouveau label : le Label DIVERTISSEMENT DURABLE.

Il vise à initier une prise de conscience, dans le secteur des loisirs et de la culture, des problématiques environnementales et sociales et engager un mouvement des professionnels du divertissement pour répondre à ces enjeux.

En 2023, l'année de ses 50 ans, il a pu s'enorgueillir d'avoir fait le meilleur score depuis sa création : 730 000 visiteurs ont fréquenté le parc, soit environ 5% de plus qu'en 2022.

Une clé de sa réussite est d'investir chaque année 25% de son chiffre d'affaires dans des nouveautés (attractions, aménagements d'espaces animaliers, hébergement, restauration, accueil...) pour fidéliser sa clientèle.

En 2024, il propose une nouvelle attraction aquatique sur le thème de la Scandinavie : le FJORD EXPLORER.



Le FJORD EXPLORER associe des parties nautiques et une partie à sensations fortes qui culmine à 28 m de haut, avec une chute finale de 18 m, une vitesse maximale de  $79 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , pour un parcours de 600 m (**DT3 – Zones du FJORD EXPLORER**).

Avec cette nouvelle attraction le parc souhaite augmenter sa fréquentation de 5% par rapport à l'année 2023.

## **Travail demandé**

---

### **Partie 1. Cette nouvelle attraction est-elle économiquement viable ?**

---

*Objectif : dans cette partie du sujet, il s'agit de montrer que l'investissement lié à cette attraction est économiquement rentable.*

---

L'étude financière prévoit une fréquentation de 6 000 personnes par jour sur cette attraction.

Question 1. À partir du **DT1 - données techniques constructeur** et **DT2 – Diagramme d'exigences**, **calculer** le nombre maximum de personnes pouvant pratiquer cette attraction en une journée. **Comparer** votre résultat à celui attendu. **Préciser** si la prévision de l'étude financière est réaliste.

Tarif moyen d'une entrée par visiteur : 30 € ;

Nombre de visiteurs pour l'année 2023 : 730 000 ;

Coût de l'attraction : 12 M€.

Pour une entreprise la durée d'amortissement d'un investissement ne doit pas excéder 15 ans.

Une entreprise de loisir étant fortement soumise aux aléas météorologiques, l'investissement doit être en mesure de tenir compte de différents risques.

En 2024, la fréquentation du parc est estimée avec une progression de 5 %.

Question 2. **Calculer**, le nombre de visiteurs supplémentaires par jour nécessaire pour satisfaire cette estimation.

Question 3. **Déterminer** la recette potentielle supplémentaire attendue.

**En déduire** la durée de retour sur investissement du FJORD EXPLORER.

Question 4. **Conclure** sur l'intérêt d'investir dans une attraction de 12 M€.

## Partie 2. Comment optimiser le flux de visiteurs pour cette nouvelle attraction ?

---

*Objectif : le flux des visiteurs est lié au débit du canal d'emmenée à la rampe de montée. L'objectif de cette partie est de dimensionner la pompe de circulation de cette portion du circuit.*

---

Il y a 4 phases pour les visiteurs (**DT3 - Zones du FJORD EXPLORER**) :

- 1 - phase embarquement/débarquement
- 2 - navigation dans le canal d'emmenée
- 3 - montée de la rampe et descente
- 4 - navigation dans le canal de retour

Certaines phases autorisent plusieurs embarcations en simultané sans risque pour la sécurité des visiteurs. Pour optimiser le flux des bateaux et ainsi éviter des goulots d'étranglement dans une des portions, les temps passés dans chacune des phases doivent être en cohérence.

Question 5. **Déterminer** la durée maximale des phases 1 et 3 et la durée maximale des phases 2 et 4.

À l'aide des documents **DT3 - Zones du FJORD EXPLORER** et **DT4/2 - plan du canal d'emmenée**.

Question 6. **Calculer** la longueur du canal d'emmenée à la rampe d'élévation.

**Hypothèse** : Grâce à la rampe de descente, le bateau pénètre dans le canal d'emmenée avec une vitesse proche de celle de l'écoulement de l'eau (pas de glissement).

Question 7. **Déterminer** la vitesse d'un bateau pour parcourir la longueur du canal d'emmenée.

Le **DT4/2 - plan du canal d'emmenée** met en évidence que ce canal est constitué de deux niveaux :

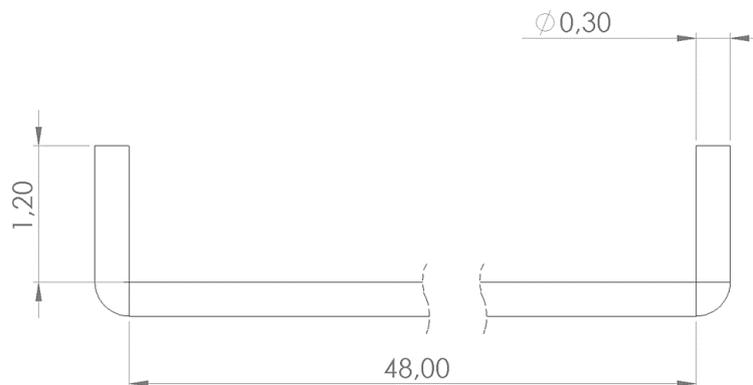
- le niveau supérieur dans lequel les bateaux circulent ;
- le niveau inférieur où l'eau est renvoyée au point de départ.

Question 8. **Calculer** la section d'eau du canal d'emmenée à la rampe et **en déduire** le débit que la pompe doit fournir.

### Partie 3. La solution technologique du canal d'emménée d'eau est-elle valide au regard du cahier des charges ?

*Objectif : la solution technologique utilisée pour constituer le canal d'emménée engendre des contraintes de génie civil. Dans cette partie il s'agit de valider ce choix technique du retour d'eau par rapport à une solution plus classique et des objectifs d'optimisation de flux des visiteurs.*

Le canal d'emménée est un circuit fermé. La première solution envisagée pour ramener le flux d'eau vers le point de départ était de placer une canalisation en PVC-hp (Haute pression) pouvant supporter une pression de 10 bar, DN300 (diamètre nominal de 300 mm). Cette canalisation aurait été enfouie à une hauteur de 1,2 m pour passer en dessous du bassin. Le débit de l'eau est considéré à  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , sachant que le débit minimum nécessaire est de  $1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



- Question 9. À partir des documents de perte de charge **DT5/1 à DT 5/3 Pertes de charge**, **déterminer** la perte de charge avec cette première solution (tube PVC-hp de  $\Phi 300 \text{ mm}$ ).
- Question 10. À partir des documents **DT4/2 - Plan du canal d'emménée** et **DT5/1 à DT 5/3 Pertes de charge**, **calculer** la perte de charge dans la configuration réelle (section rectangulaire). Les pertes de charges régulières sont calculées sur la longueur totale de la canalisation et se cumulent avec les pertes charges singulières.
- Question 11. La hauteur d'eau au-dessus de la pompe étant de 80 cm, à l'aide du document **DT6 – pompe**, **vérifier** que la pompe choisie par le constructeur répond à l'exigence de débit minimum.
- Question 12. La puissance hydraulique s'exprimant  $P = Q \cdot p$  ( $Q$  le débit en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et  $p$  en Pa), **déterminer** la puissance qui serait nécessaire (au rendement près) dans le système tube PVC-hp et **indiquer** les deux principales raisons pour lesquelles l'option canalisation PVC-hp a été abandonnée.
- Question 13. Avec le choix technologique fait, **en déduire** la vitesse maximale réelle d'écoulement de l'eau dans le canal d'emméné et donc du bateau.
- Question 14. En s'appuyant sur le **DT10 profil en long du Fjord Explorer**, **expliquer** l'utilité du convoyeur avant la montée sur l'élévateur au regard l'optimisation du flux.

## Partie 4. Comment sont gérés l'embarquement et le débarquement des passagers ?

---

Objectif : vérifier la gestion du débarquement/embarquement afin d'optimiser le flux des passagers.

---

L'étude porte sur la partie de zone de débarquement / embarquement pour mettre les visiteurs dans l'attraction. Voir documents **DT7 - Plan station d'embarquement**, **DT8 - Détails station d'embarquement** et **DT9 - Plan embarcations**.

Question 15. **Compléter** sur le document **DR1 - chaîne d'information et de puissance** les éléments manquants

Cycle sécurisé d'embarquement/débarquement des passagers sur un bateau :  
Avant de lancer le bateau sur le canal, le personnel doit vérifier que les barres de sécurité sont bien fermées et qu'aucun passager ne peut accéder au bateau.  
Les passagers ne peuvent embarquer qu'en présence d'un bateau et sur ordre du personnel du PAL.

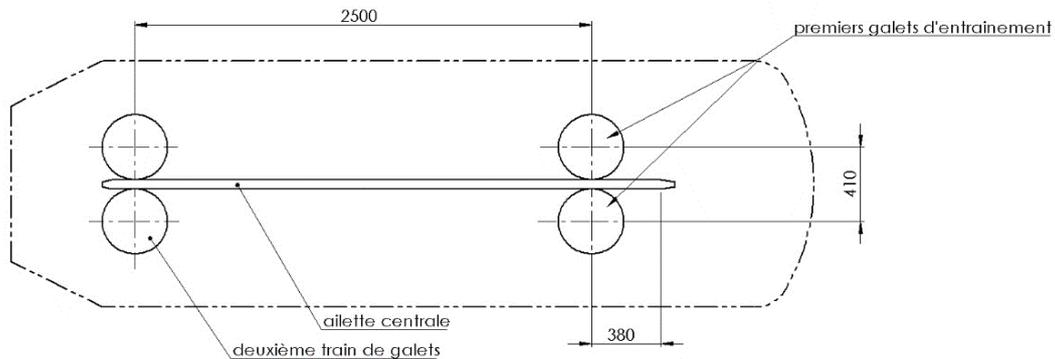
L'opérateur valide la fin du débarquement de l'attraction.  
Les différents états et transitions du débarquement/embarquement sont cités dans le tableau suivant :

Rampe à l'arrêt
Rampe en fonctionnement
Galets d'entraînement de la zone de débarquement à l'arrêt
Galets d'entraînement de la zone de débarquement en fonctionnement
Galets d'entraînement de la zone d'embarquement à l'arrêt
Galets d'entraînement de la zone d'embarquement en fonctionnement
Déverrouillage des barres de sécurité
Verrouillage des barres de sécurité
ATTENTE « débarquement »
ATTENTE « embarquement »
Ouverture portillon
Fermeture portillon
Présence bateau à la fin du canal retour
Présence bateau zone d'embarquement
Pas de bateau dans la zone d'embarquement
Présence bateau zone de débarquement
Pas de bateau dans la zone de débarquement
Barres de sécurité verrouillées
Barres de sécurité déverrouillées
Portillon ouvert
Portillon fermé
Débarquement validé (opérateur par bouton poussoir)
Embarquement validé (opérateur par bouton poussoir)

Question 16. **Compléter** le document **DR2 – Diagramme d'état** avec ces différents éléments du tableau précédent.

L'étude porte maintenant sur la propulsion du bateau vers le canal d'emmenée (Galets d'entraînement de la zone d'embarquement en fonctionnement). Le bateau doit atteindre une vitesse identique à la vitesse d'écoulement du canal d'emmenée considérée à :  $0,85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

schéma du système d'entraînement vue de dessus



En position embarquement l'ailette centrale dépasse de 380 mm le point de contact avec les premiers galets d'entraînement.

Question 17. **À partir du DT9 – Plan embarcations, déterminer** les grandeurs qui permettent de **tracer** le graphe des vitesses et l'accélération.

Question 18. Pour que les passagers ressentent une petite sensation, l'embarcation accélère sur une durée de 2 s. **Déterminer** la nouvelle accélération.

Question 19. **Tracer**, pour cette nouvelle accélération, la courbe de vitesse du bateau, **en déduire** le mode de commande du moteur électrique nécessaire pour répondre à cette contrainte d'accélération.

## Partie 5. Comment optimiser la gestion de l'eau des bassins ?

---

**Objectif :** *le nouveau bassin, de par son exposition et son utilisation va dissiper de l'eau dans la nature. Cette eau est toutefois nécessaire au bon fonctionnement de l'attraction. Le but de cette étude est d'évaluer au mieux les besoins en eau et de trouver des solutions qui auront un moindre impact environnemental.*

---

Question 20. Mis à part le projet du « futur bassin », **identifier** sur le document **DT11 – Gestion de l'eau** les ressources en eau pour alimenter les principaux bassins.

L'évaporation de l'eau d'un bassin peut être estimée par la formule de PENMAN-MONTEITH :

$$ET_0 = \frac{\Delta (R_n - G)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)} + \frac{\gamma \cdot \frac{900}{T_a + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)}$$

Avec :

- $\Delta$  : pente de la courbe de la pression de vapeur saturante en  $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$   
 $\Delta = (4098 \times e_s) / ((T_a + 237,3)^2)$
- $R_n$  : Rayonnement global en  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$  ; voir **DT13 – Données météo**
- $G$  : Flux de chaleur du sol en  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$  ,  $G = 0$  (pour un plan d'eau)
- $\gamma$  : constante psychométrique en  $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 
  - o  $\gamma = 0,0016286 \times P / \lambda$
  - o  $P$  (Pression atmosphérique) : 101,3 kPa
  - o  $\lambda$  = Chaleur latente de vaporisation ( $2,45 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
- $u_2$  : vitesse du vent à 2 m du sol en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $T_a$  : température moyenne journalière de l'air à 2 m du sol en  $^\circ\text{C}$  ; voir **DT13 – Données météo**
- $e_s$  : Pression de vapeur saturante en kPa
- $e_a$  : Pression de vapeur à la température  $T$  en kPa
- $ET_0$  : Évapotranspiration de référence en  $\text{mm} \cdot \text{jour}^{-1}$

Le premier terme prend en compte évaporation due aux rayonnements solaires et le deuxième terme prend en compte l'évaporation due aux mouvements de l'air au-dessus de l'eau.

**Exemple :** Soit un bassin en janvier-février avec une température moyenne extérieure de  $5,25 \text{ }^\circ\text{C}$  et une température de l'eau de  $2 \text{ }^\circ\text{C}$

Température de l'air ( $T_a$ ) :  $5,25 \text{ }^\circ\text{C}$

Température de l'eau ( $T_w$ ) :  $2 \text{ }^\circ\text{C}$

Humidité relative (HR) : 70 %

Rayonnement solaire moyen ( $R_s$ ) :  $6,5 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$

Vitesse du vent à 2 m ( $u_2$ ) :  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Pression atmosphérique ( $P$ ) : 101,3 kPa

Sur le diagramme de l'air humide ; voir **DT12 – Aide à l'utilisation du diagramme de l'air humide**

- $e_s = 0,71$  kPa
- $e_a = 0,5$  kPa
- $\Delta = (4098 \times 0,71) / ((5,25 + 237,3)^2) = 2909,58/58830,5 = 0,0495$  kPa·°C<sup>-1</sup>
- $R_n = 6,5$  MJ·m<sup>-2</sup>·jour<sup>-1</sup>
- $\gamma = 0,0016286 \cdot P / \lambda = 0,0016286 \cdot 101,3 / 2,45 = 0,067337624$  kPa·°C<sup>-1</sup>

Donc :

$$ET_0 = \frac{0,0495 \cdot (6,5 - 0)}{0,0495 + 0,06734 \cdot (1 + 0,34 \cdot 2)} + \frac{0,06734 \cdot \frac{900}{5,25 + 273} \cdot 2 \cdot (0,71 - 0,5)}{0,0495 + 0,06734 \cdot (1 + 0,34 \cdot 2)}$$

$$= 1,978451228 + 0,562498292 = 2,54 \text{ mm} \cdot \text{jour}^{-1}$$

Le bassin perd pendant cette période 2,54 mm d'eau par m<sup>2</sup> par jour (sans tenir compte des précipitations).

**Données** : Vitesse du vent 2 m·s<sup>-1</sup>, température de l'eau 2°C et taux d'humidité de l'air à 50%.

Question 21. **Calculer** les pertes du bassin pendant la période d'exploitation (sans tenir compte des précipitations). Les tracés se feront sur le **DR3 – diagramme de l'air humide**.

Question 22. **Estimer** si la cuve de stockage disposée sous les piliers centraux est suffisante pour pallier cette évaporation sur la saison.

Le parc envisage de creuser un bassin supplémentaire sur une autre partie du site, afin de pallier les pertes du FJORD EXPLORER. Pour des raisons économiques et de sécurité, la pente latérale devra être de 45° et la profondeur comprise entre 1 m et 3 m et l'ensemble sera clôturé.

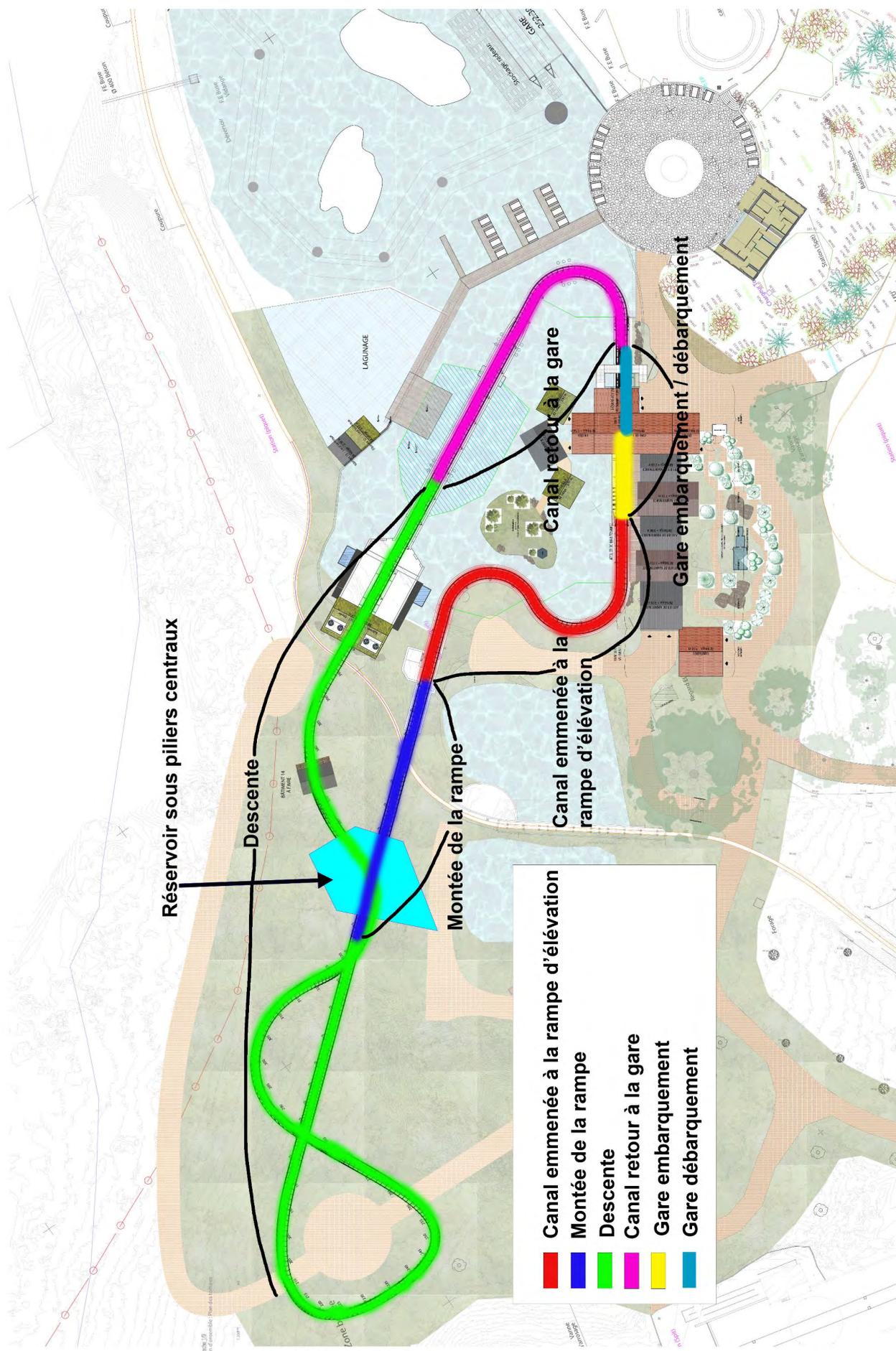
Question 23. Sur le document **DR4 – bassin supplémentaire**, **indiquer** les dimensions de ce futur bassin. **Justifier** votre choix.

Question 24. **Déterminer** le volume et donc les dimensions de ce futur bassin pour pallier toutes les pertes des huit principaux bassins (voir **DT4 – Principales étendues d'eau du parc**). **Conclure** sur la faisabilité de ce dernier bassin.

## Document technique DT1 - Données techniques constructeur

Données générales	
Longueur totale de la voie :	Approx. 512 m
Capacité théorique (THRC) :	Approx. 811 livres/h
Durée totale du cycle du manège :	Approx. 213 s (incluant le chargement et le déchargement)
Manège en service (jours/an) :	Approx. 154 (tel qu'indiqué par le contrôleur)
Manège en service (heures/jour) :	Approx. 8 (tel qu'indiqué par le contrôleur)
Cycles par jour :	Approx. 810
Restrictions sur la taille des passagers :	110 cm/44"
Puissance raccordée :	360 kW
Tension d'exploitation :	400 V CA/50 Hz
Volume d'air comprimé requis pour le fonctionnement du manège :	4,5 m <sup>3</sup> /h/8 bar
Paramètres du manège	
Hauteur maximale :	Approx. 25,7 m
Vitesse maximale :	Approx. 21,8 m/s
Accélération maximale (verticale) :	Approx. 3,3g
Véhicules	
Type de véhicule :	Bateau
Nombre de bateaux dans le manège :	6
Passagers par bateau :	8
Poids (moyen) du passager :	77 kg
Poids du bateau :	Approx. 1 370 kg
Gare	
Procédure de chargement/déchargement :	Arrêt et départ
Positions de chargement/déchargement :	2
Système de chargement/déchargement :	Barrières d'entrée
Durée de chargement/déchargement :	Approx. 15 s pour le déchargement, 20 s pour le chargement
Délai de démarrage :	Approx. 35,5 s
Système de levage	
Système de levage	Élévateur à chaîne
Nombre d'élévateurs	1
Vitesse de levage :	Approx. 2 m/s
Gradient de portance	30°
Système de freinage	
Types de frein :	Freins hydrauliques/Freins de sécurité pneumatiques
Aiguillage de voie	
Type d'aiguillage :	Aiguillage de voie horizontal
Zone de maintenance	
Capacité de stockage :	4 véhicule(s)

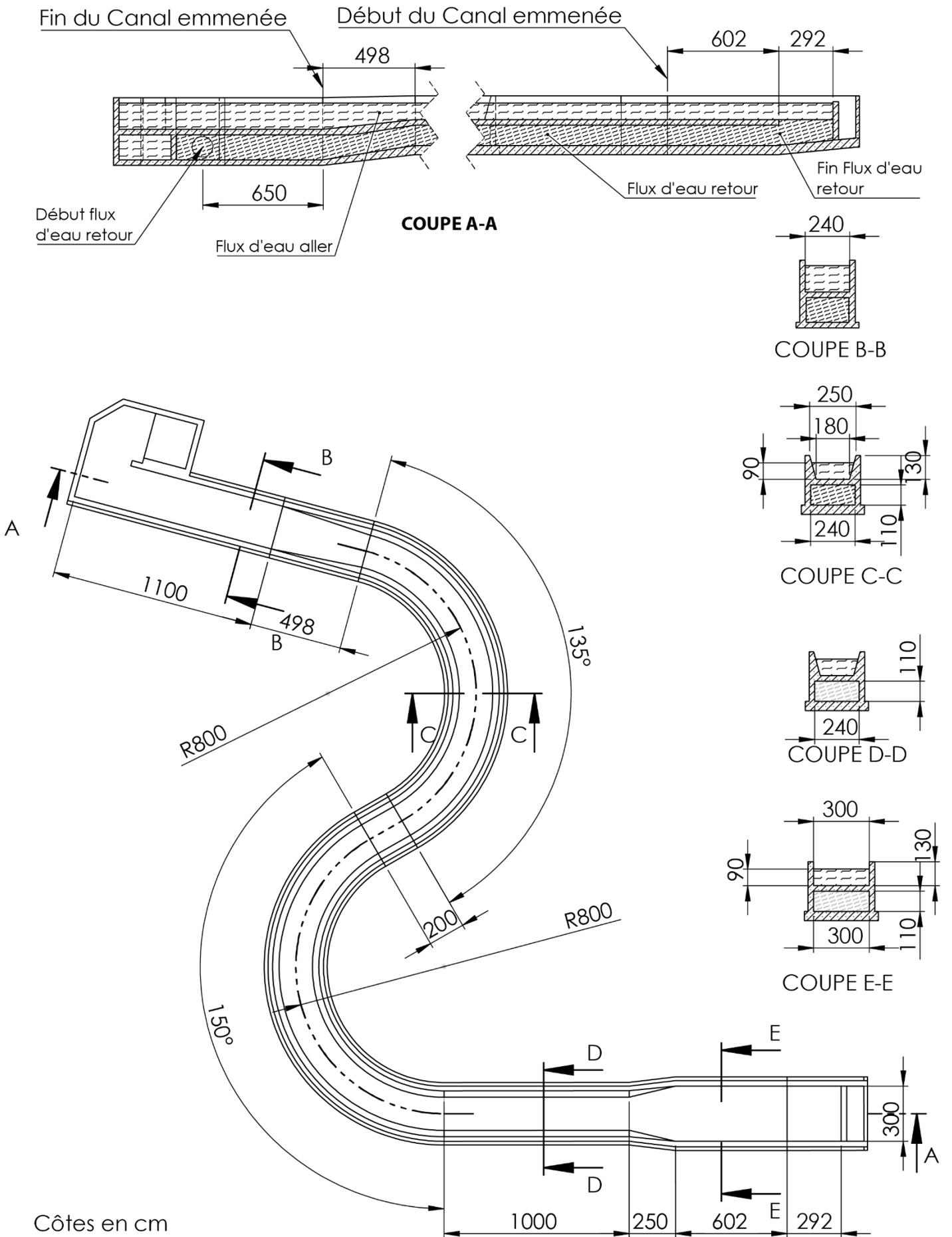






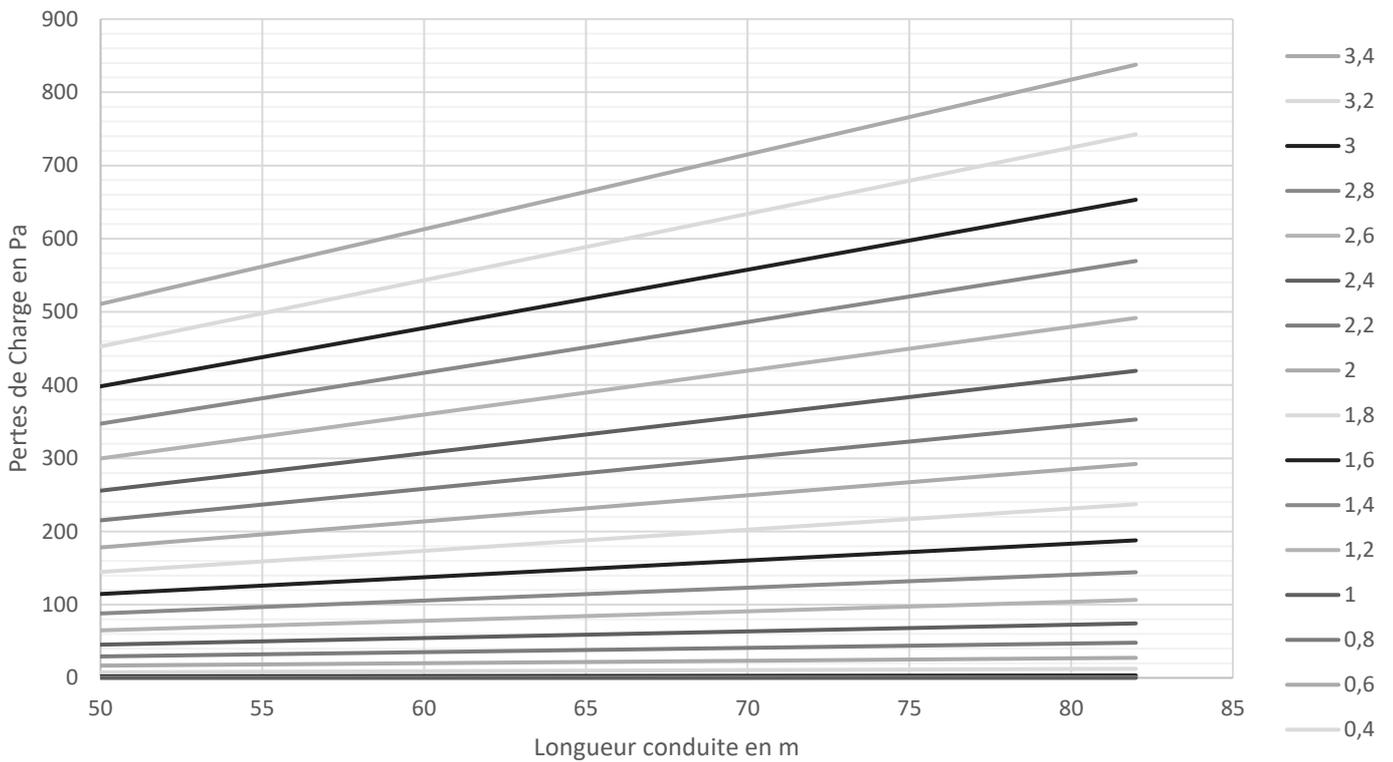
Nom	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Hippopotame	10500	10500
Pélican	2600	2080
Archipel	4000	4800
<b>FIORD EXPLORER</b>	<b>3000</b>	<b>2400</b>
Gibbons	8500	12750
Éléphants	1700	3060
Chimpanzé	1800	3240
Savannah	1500	2250
Rivière du grand nord	1000	2000
Gelada	1500	1500
Bassin Otariiland	480	1200
Tapir	1600	1120
Rafting	1200	960
AUTRES	5675	5690

**Document technique DT4/2 - Plan du canal d'emménée**



Section rectangulaire :

Pertes de charge Linéaires suivant débit en  $m^3 \cdot s^{-1}$



Coude progressif à section rectangulaire :

HydrauCalc 2023b - [Coude progressif à section rectangulaire - IDELCHIK (3ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

Capturer la fenêtre  
 Fluide : Eau douce à 1 atm [HC]  
 Réf. : IAPWS IF97

Température : 20 °C  
 Pression : 101300 Pa

Masse volumique : 998,2061  $kg/m^3$   
 Viscosité dynamique : 0,00100159  $N \cdot s/m^2$   
 Viscosité cinématique : 1,00340E-06  $m^2/s$

Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Masse volumique ( $kg/m^3$ ) vs Température (°C) graph showing a decrease in density from 1000 to 950  $kg/m^3$  as temperature increases from 10 to 100 °C.

Caractéristiques géométriques

Aide Info

Diagram showing a rectangular elbow with dimensions: radius 8 m, width 2.4 m, height 1.1 m, and a 135° angle. Flow rate is 1996.4  $kg/s$  (2  $m^3/s$ ) and velocity is 0.758 m/s (Turbulent). Roughness is 0.001 m.

Perte de pression : 208,7837 Pa  
 0,0213 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	1,508572	m
Section de passage	F0	2,64	$m^2$
Rapport des cotés	b0/a0	0,4583333	
Rayon de courbure relatif	R0/b0	7,272727	
Rugosité relative	$\Delta$	0,0006628788	
Nombre de Reynolds	Re	1138988	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction (Diagram 6-2)	$\lambda_{ei}$	0,03655609	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau rugueux)	$\lambda_r$	0,01817449	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau hydrauliquement lisse)	$\lambda_s$	0,01138945	
Coefficient de correction de la rugosité	CF	1,59573	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	$\zeta$	0,7288771	
Perte de puissance hydraulique	Wh	417,5674	W
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	58,58717	m

Divers HC

**Coude progressif à section rectangulaire :**

HydrauCalc 2023b - [Coude progressif à section rectangulaire - IDELCHIK (3ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

Capturer la fenêtre  
 Fluide : Eau douce à 1 atm [HC]  
 Réf. : IAPWS IF97

Température : 20 °C  
 Pression : 101300 Pa

Masse volumique : 998,2061 kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosité dynamique : 0,00100159 N.s/m<sup>2</sup>  
 Viscosité cinématique : 1,00340E-06 m<sup>2</sup>/s

Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Divers HC

Caractéristiques géométriques

Aide Info Calculer

Perte de pression  
 231,9819 Pa  
 0,0237 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	1,508572	m
Section de passage	F0	2,64	m <sup>2</sup>
Rapport des cotés	b0/b0	0,4583333	
Rayon de courbure relatif	R0/b0	7,272727	
Rugosité relative	Δ	0,0006628788	
Nombre de Reynolds	Re	1138988	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction (Diagram 6-2)	λ <sub>el</sub>	0,03655609	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau rugueux)	λ <sub>r</sub>	0,01817449	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau hydrauliquement lisse)	λ <sub>s</sub>	0,01138945	
Coefficient de correction de la rugosité	Cf	1,59573	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	ζ	0,8098634	
Perte de puissance hydraulique	Wh	463,9638	W
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	65,09686	m

**Section circulaire Elargissement brusque :**

HydrauCalc 2023b - [Elargissement brusque - IDELCHIK (3ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

Capturer la fenêtre  
 Fluide : Eau douce à 1 atm [HC]  
 Réf. : IAPWS IF97

Température : 20 °C  
 Pression : 101300 Pa

Masse volumique : 998,2061 kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosité dynamique : 0,00100159 N.s/m<sup>2</sup>  
 Viscosité cinématique : 1,00340E-06 m<sup>2</sup>/s

Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Divers HC

Caractéristiques géométriques

Aide Info Calculer

Perte de pression  
 370684,5 Pa  
 37,8672 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Rapport diamètres	D0/D2	0,1263458	
Section petit diamètre	F0	0,07221612	m <sup>2</sup>
Section grand diamètre	F2	4,523894	m <sup>2</sup>
Rapport sections	F0/F2	0,01596327	
Nombre de Reynolds rapporté au petit diamètre	Re0	8369417	
Nombre de Reynolds rapporté au grand diamètre	Re2	1057441	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de résistance locale (Diagram 4-1) (Re0 >= 3300)	ζ <sub>loc</sub>	0,9683283	
Coefficient perte pression (basé sur vitesse petit diamètre)	ζ	0,9683283	
Perte de puissance hydraulique	Wh	741369,1	W

**Coude brusque à section circulaire :**

HydrauCalc 2023b - [Coude brusque à section circulaire - IDELCHIK (3ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

Caractéristiques du fluide  
 Capturer la fenêtre [HC]  
 Réf. : IAPWS IF97  
 Température : 20 °C  
 Pression : 101300 Pa  
 Masse volumique : 998,2061 kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosité dynamique : 0,00100159 N.s/m<sup>2</sup>  
 Viscosité cinématique : 1,00340E-06 m<sup>2</sup>/s  
 Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Caractéristiques géométriques  
 Aide Info Calculer  
  
 0,30323 m  
 0,001 m  
 1996,4 kg/s  
 2 m<sup>3</sup>/s  
 27,695 m/s (Turbulent)  
 90 °

Perte de pression  
 682165,2 Pa  
 69,6865 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	0,30323	m
Section de passage	F0	0,07221612	m <sup>2</sup>
Nombre de Reynolds	Re	8369417	
Coefficient d'effet d'allongement relatif de la section (Diagrama...)	C1	1	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de résistance locale	C <sub>loc</sub>	0,99	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient d'effet de l'angle	A	1,2	
Coefficient de correction de la rugosité (Diagram 6-6)	k <sub>s</sub>	1,5	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction du nombre de Reynolds (Diagram 6-6)	k <sub>Re</sub>	1	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	ξ	1,782	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1364330	W
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy	λ	0,02689065	
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	20,09456	m

**Tuyau rectiligne circulaire et parois à rugosité hétérogène :**

HydrauCalc 2023b - [Tuyau rectiligne section circulaire et parois à rugosité hétérogène - IDELCHIK (3ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

Caractéristiques du fluide  
 Capturer la fenêtre [HC]  
 Réf. : IAPWS IF97  
 Température : 20 °C  
 Pression : 101300 Pa  
 Masse volumique : 998,2061 kg/m<sup>3</sup>  
 Viscosité dynamique : 0,00100159 N.s/m<sup>2</sup>  
 Viscosité cinématique : 1,00340E-06 m<sup>2</sup>/s  
 Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Caractéristiques géométriques  
 Aide Info Diagramme de Moody Calculer  
  
 1996,4 kg/s  
 2 m<sup>3</sup>/s  
 27,695 m/s (Turbulent)  
 1,0E-03 m  
 50 m  
 0,30323 m

Perte de pression  
 1697388 Pa  
 173,3964 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	0,30323	m
Section intérieure tuyau	F0	0,07221612	m <sup>2</sup>
Volume intérieur du tuyau	V	3,610806	m <sup>3</sup>
Masse de fluide dans le tuyau	M	3604,329	kg
Rapport 'Longueur / Diamètre'	l/D0	164,8913	
Rugosité relative	Δ	0,003297827	
Nombre de Reynolds	Re	8369417	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy	λ	0,02689065	
Perte de pression linéique	ξ	33947,75	Pa/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	ξ	4,434036	
Perte de puissance hydraulique	Wh	3394775	W

## 1.1 Description du produit



La pompe PP est utilisée essentiellement dans les stations de traitement, pendant le processus biologique de filtration des nutriments. Autres domaines d'application :

- Vidange des réservoirs d'eau de pluie :
- Création de cours d'eau, notamment pour des promenades en bateau
- Pompage d'eau de mer pour la pisciculture, la pénéculture ou l'ostréculture
- Pompage d'eau dans des canaux d'irrigation
- Pompage d'eau de refroidissement de centrales énergétiques

## 1.2 Puissances moteurs et courbes de performances

### Puissances moteurs

Tableau 1 : 400 V, 50 Hz, triphasé

Produit	Tours par minute, tr/min	Pôles	Puissance nominale, kW	Puissance chevaux nominale	Intensité nominale, A	Intensité au démarrage, A	Facteur de puissance cos φ
4 630	710	8	1,5	2,0	4,2	14	0,7
4 640	705	8	2,5	3,4	7,0	22	0,7
4650	485	12	3,7	5,0	15	49	0,50
4650	475	12	5,5	7,4	18	49	0,62
4660	480	12	7,5	10,1	25	84	0,55
4660	475	12	10	13,4	30	84	0,63
4670	365	16	13	17,4	44	117	0,55
4680	365	16	18,5	24,8	69	225	0,48
4680	365	16	25	34	80	225	0,56

### Courbes de performances

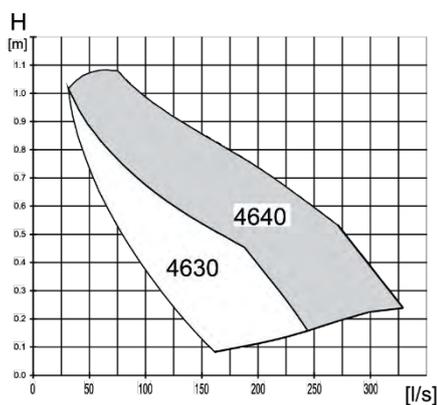


Schéma 1 : 4630, 4640

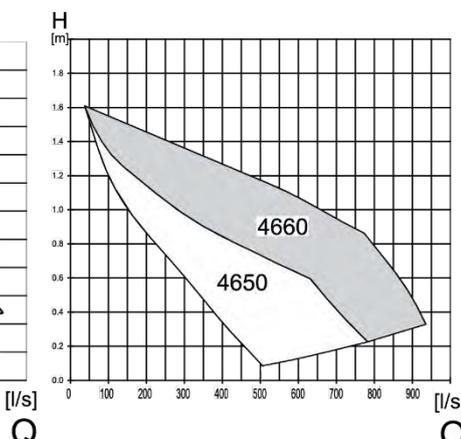


Schéma 2 : 4 650, 4 660

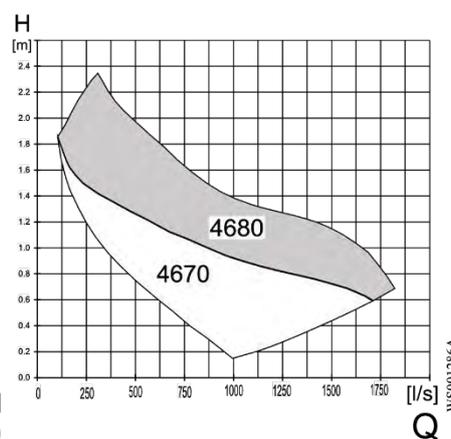
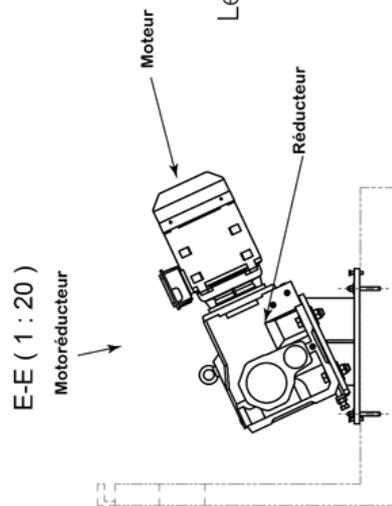


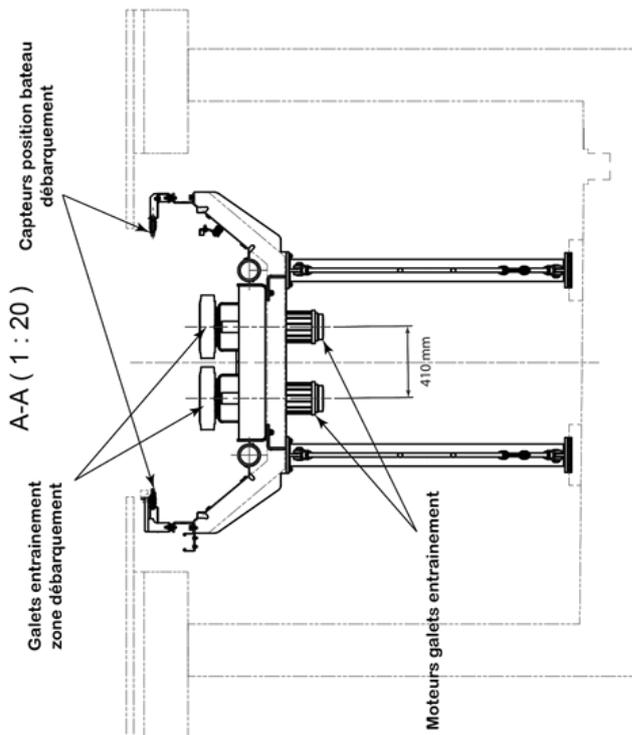
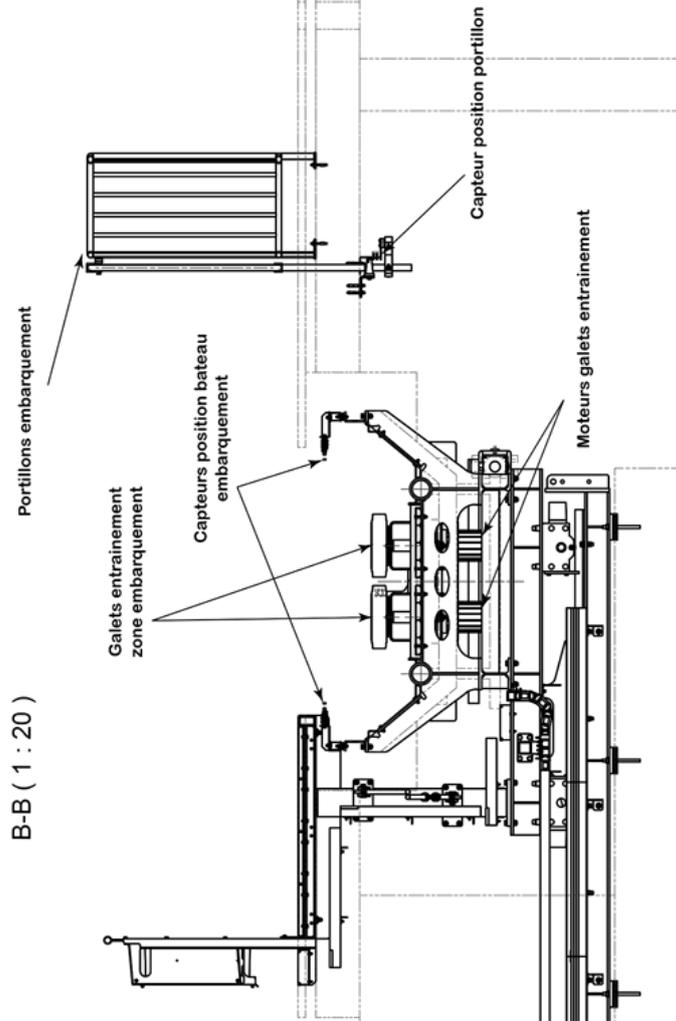
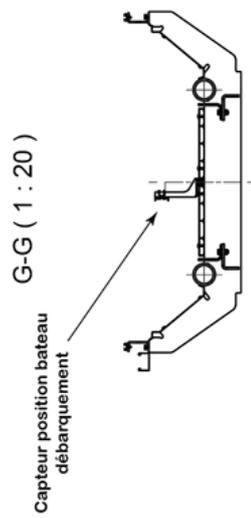
Schéma 3 : 4 670, 4 680

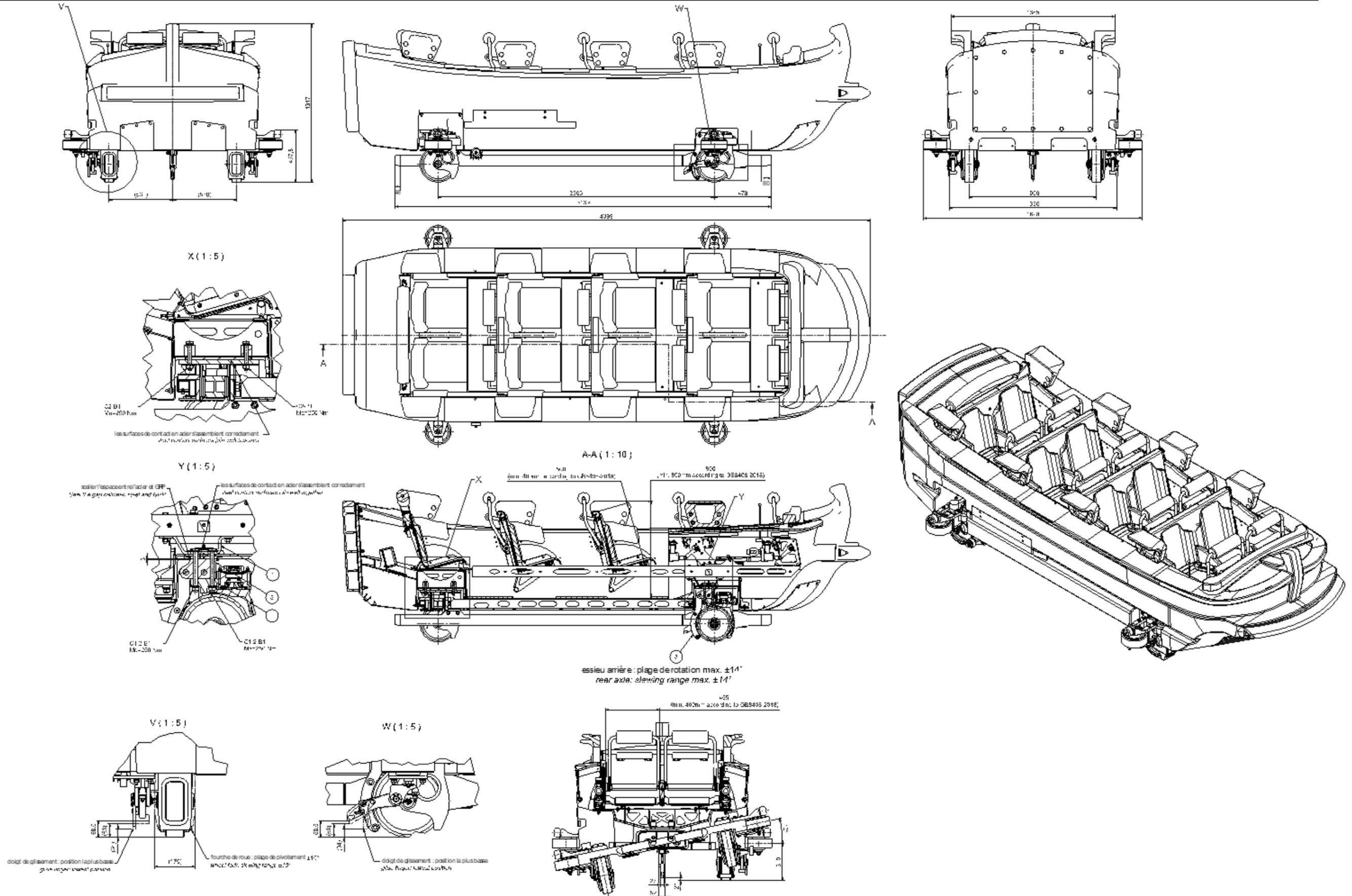
WS001286A



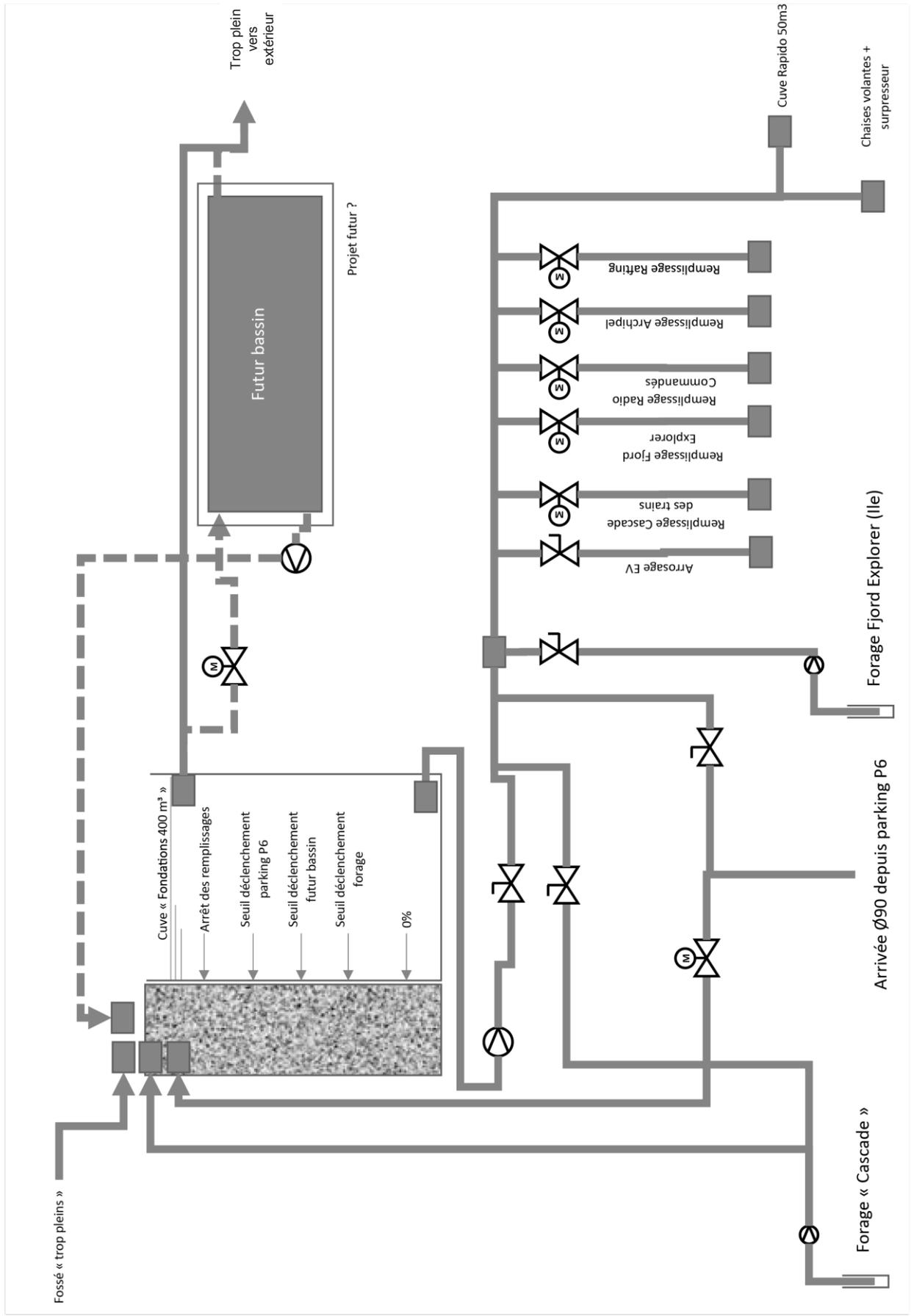


Les galets d'entraînement fonctionnent par paire de pneumatiques diamètre 400mm excentrés de 410mm

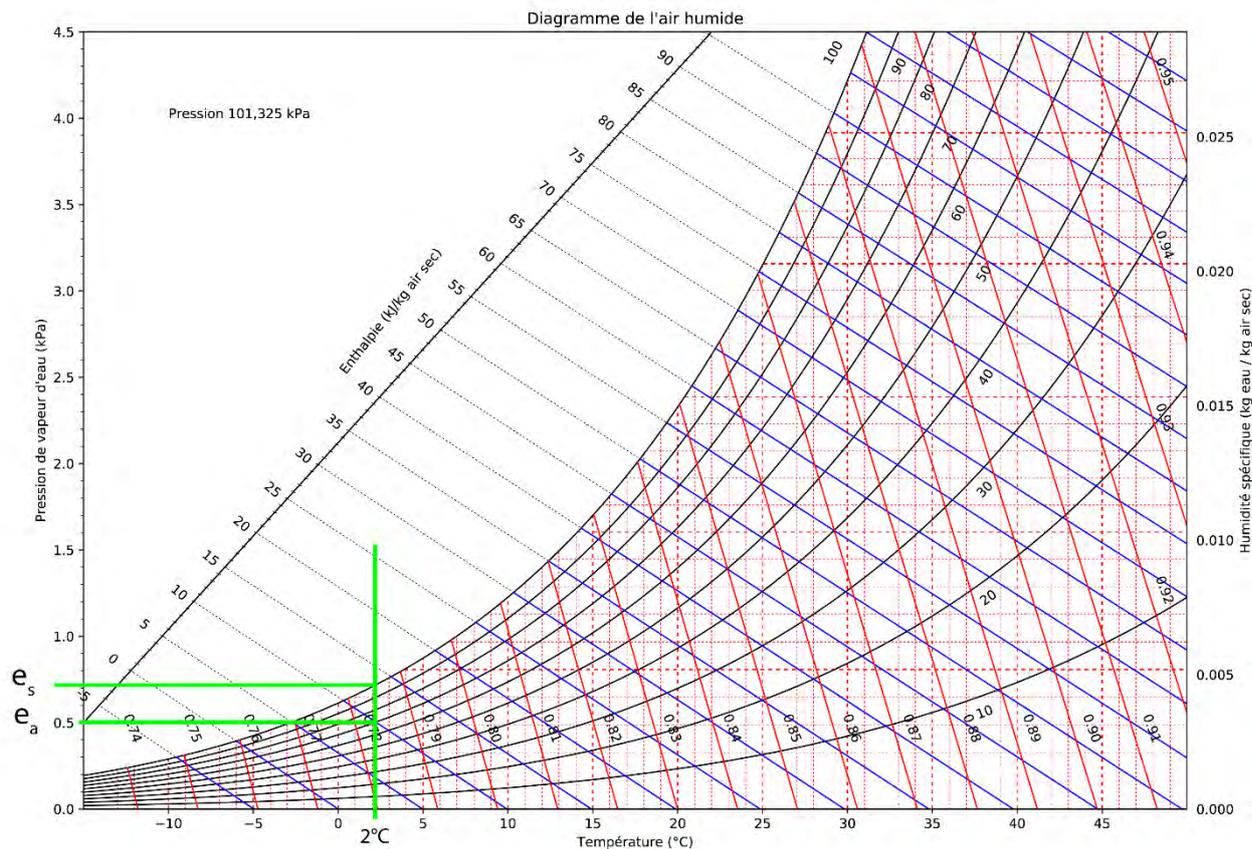








## DT12 - Aide à l'utilisation du diagramme de l'air humide

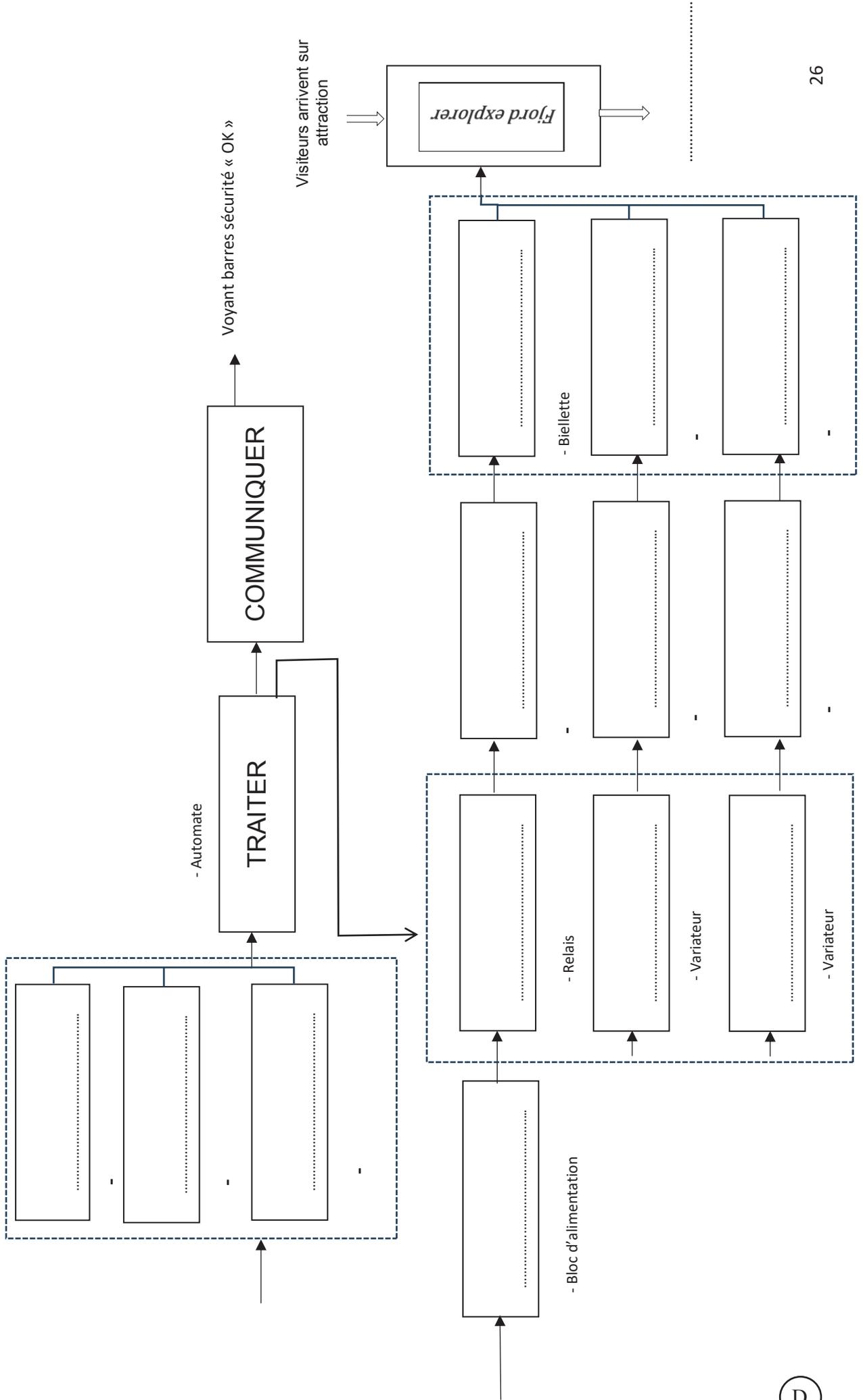


## DT13 – Données météo

Tableau avec les moyennes mensuelles du rayonnement global en MJ/m<sup>2</sup>/jour pour le site du PAL :

Mois	Rayonnement global (MJ·m <sup>-2</sup> ·jour <sup>-1</sup> )
Janvier	5,0
Février	8,0
Mars	12,0
Avril	15,0
Mai	18,0
Juin	20,0
Juillet	22,0
Août	20,0
Septembre	15,0
Octobre	10,0
Novembre	6,0
Décembre	4,0

Mois et année	Moyennes températures °C
janvier - 23	5,0
février - 23	5,5
mars - 23	9,0
avril - 23	10,4
mai - 23	15,1
juin - 23	20,8
juillet - 23	21,1
août - 23	21,8
septembre - 23	21,1
octobre - 23	15,4
novembre - 23	8,7
décembre - 23	6,5
janvier - 24	4,7
février - 24	8,3
mars - 24	9,8
avril - 24	11,4
mai - 24	14,5
juin - 24	18,2
juillet - 24	18,0

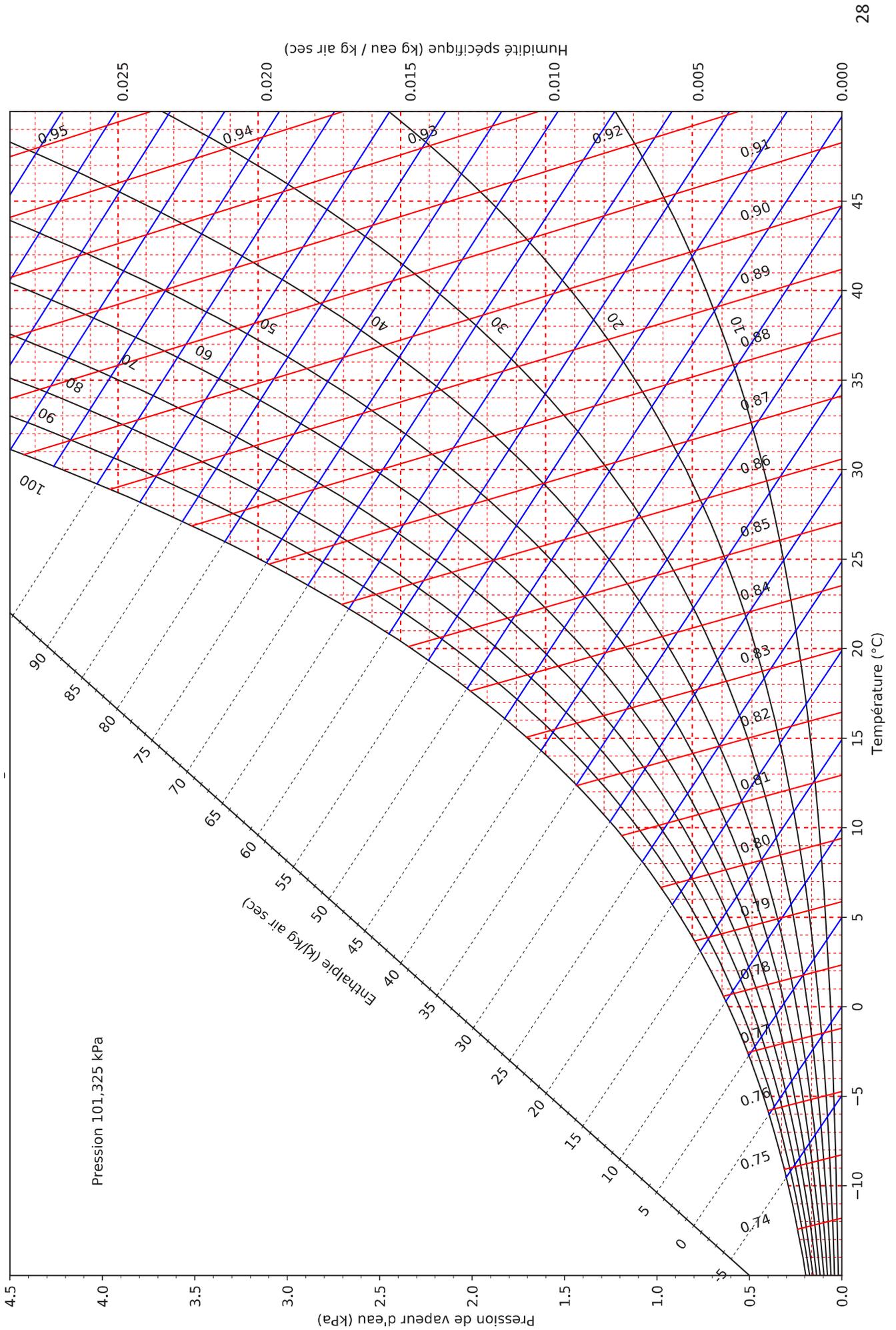




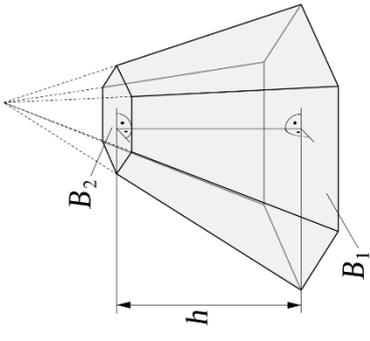




**DR3 - Diagramme de l'air humide (pour une pression et altitude correspondant au PAL)**

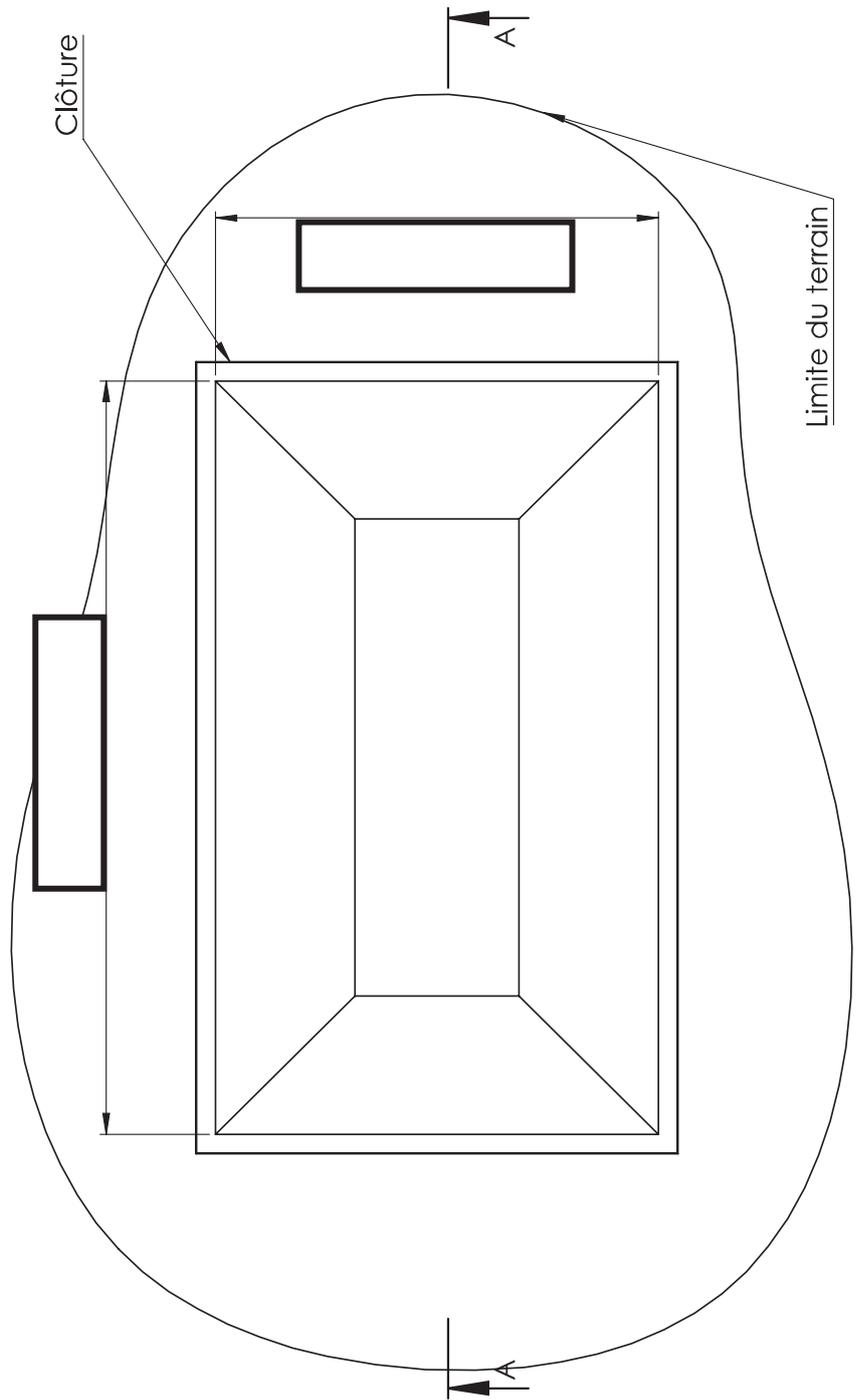
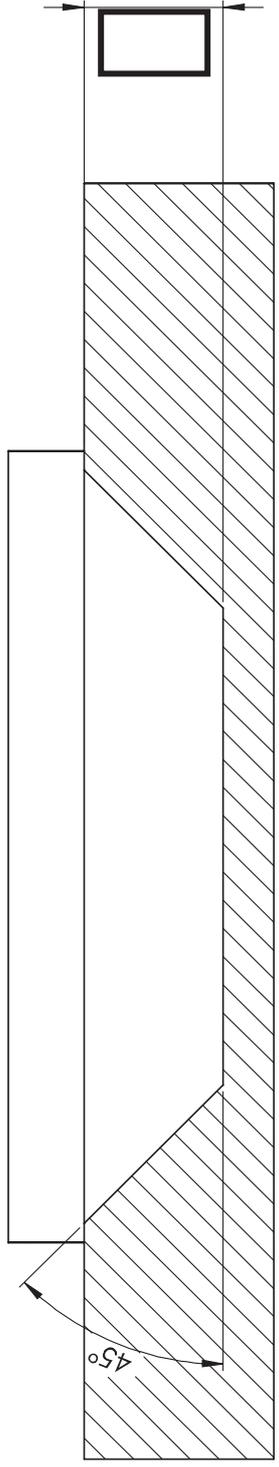






Rappel volume tronc de cône :  
 $V = \frac{h}{3} \times (B_1 + \sqrt{B_1 \times B_2} + B_2)$

Justification :





## Énergie et Environnement



**Présentation de l'étude et questionnement**

pages 31 à 33

**Documents techniques DTS1 à DTS10**

pages 34 à 43

### ***Mise en situation***

---

La nouvelle attraction FJORD EXPLORER va engendrer de nouveaux besoins énergétiques.

Pour répondre en partie à ces besoins, il a été installé des ombrières sur un des parkings du parc.

A travers cette étude, nous allons vérifier les performances du système d'élévation des bateaux puis réaliser une étude énergétique afin de limiter l'impact environnemental de l'attraction.

Ce sujet aborde différents aspects relatifs à la phase de conception et à la réalisation :

- **partie A** - Valider les performances de l'élévateur
- **partie B** - Limiter l'impact énergétique de l'attraction

## Travail demandé

---

### Partie A. Vérifier les performances de l'élévateur (voir DTS1 à DTS4)

---

*Objectif :* Dans cette partie il s'agit de valider les performances de la motorisation de l'élévateur.

---



Figure 1 : Moteur de l'élévateur

Le poids d'un bateau est de 1 370 kg, il peut transporter jusqu'à 8 personnes. Le poids moyen d'une personne est de 77 kg.

Lors des essais, le temps d'élévation a été de 35 s.

À partir du document **DTS2**

Question 25. **Calculer** la hauteur d'élévation  $H_e$ . **Déterminer** la distance à parcourir pour le bateau lors de l'élévation. **En déduire** la vitesse de montée ( $V$ ) en  $m \cdot s^{-1}$ .

Question 26. **Calculer** l'action mécanique  $F_T$  nécessaire pour élever un bateau avec 8 personnes. **En déduire** la puissance mécanique ( $P$ ) nécessaire pour élever le bateau jusqu'au sommet.

Question 27. **Calculer** la vitesse angulaire de rotation de la roue dentée entraînant la chaîne d'élévation. **Déterminer** la vitesse angulaire  $\Omega_m$  du moteur. **En déduire** la fréquence de rotation de l'arbre moteur.

Question 28. **Calculer** le couple utile en sortie de moto réducteur ( $C_r$ ). **Calculer** la puissance mécanique utile du moteur ( $P_{um}$ ).

Question 29. À l'aide du dossier technique **DTS3**, **Choisir** le motoréducteur et **préciser** les critères de choix.

La prédétermination du moteur est faite de manière empirique. La réalisation d'un modèle permet de tenir compte de davantage de paramètres et de simuler d'autres cas d'utilisation.

Question 30. À partir du résultat de la simulation **DTS4**, **Déterminer** le rendement global de l'attraction.

Question 31. Afin de connaître la puissance mécanique nécessaire en sortie du motoréducteur de manière plus précise, **identifier** les variables internes du système qu'il serait nécessaire de rajouter afin de se rapprocher de la réalité.

Question 32. **Identifier** les paramètres externes pouvant influencer sur le résultat de la simulation (**DTS4**).

### **Partie B. Comment limiter l'impact de la nouvelle attraction sur la consommation d'énergie du parc ?**

---

*Objectif : étudier la production d'énergie solaire pour minimiser l'impact sur la consommation énergétique du parc.*

---



Afin de couvrir une partie de ses besoins en électricité qui ont beaucoup augmenté, suite à la création de nombreuses attractions, des panneaux photovoltaïques ont été installés sur 1 hectare. Pour cela, il a été construit des ombrières supportant des panneaux photovoltaïques qui sont implantées sur le parking N°7 (**DTS5**).

La puissance installée de l'attraction est de 360 kW sous 400 V triphasé. L'attraction fonctionne 8 heures par jour et 154 jours par an.

Question 33. **Calculer** le besoin maximum d'énergie en une journée puis en une année pour cette attraction.

Question 34. À l'aide du **DTS9**, **calculer** la surface de panneaux qu'il serait nécessaire pour compenser entièrement la consommation de l'attraction. **Préciser** si une ombrière de longueur de 150 m et de largeur de 13 m serait suffisante.

Question 35. Les panneaux solaires ayant un rendement maximum de 15 %, **déterminer** le nombre de panneaux solaires qu'il serait réellement nécessaire à la compensation totale de la consommation de l'attraction.

Question 36. **Calculer** l'inclinaison optimale pour l'installation sachant que la latitude est de  $46^\circ$  (**DTS8**). **Comparer** à l'inclinaison des panneaux installés sur les ombrières.

Afin d'éviter qu'une ombrière ne fasse de l'ombre à celle située près d'elle, il est nécessaire de respecter une distance minimale entre deux rangées. (**DTS7 et DTS8**)

Question 37. **Calculer** la distance optimale  $x$  entre deux ombrières en se plaçant dans le cas le plus défavorable (solstice d'hiver). **Comparer** à la distance actuelle.

Question 38. **Calculer** la hauteur angulaire HA du soleil en degré à partir de laquelle une ombrière fait de l'ombre à la suivante.

Question 39. À l'aide du diagramme du **DTS10**, **conclure** sur l'espace entre les ombrières.

Question 40. **Calculer** la production annuelle avec le nombre de panneaux installés. (**DTS9**) **En déduire** la production de  $\text{CO}_2$  évitée ( $360 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$ ). Dans une démarche de développement durable, **conclure** sur l'intérêt d'installer des panneaux photovoltaïques dans le cadre du parc animalier.

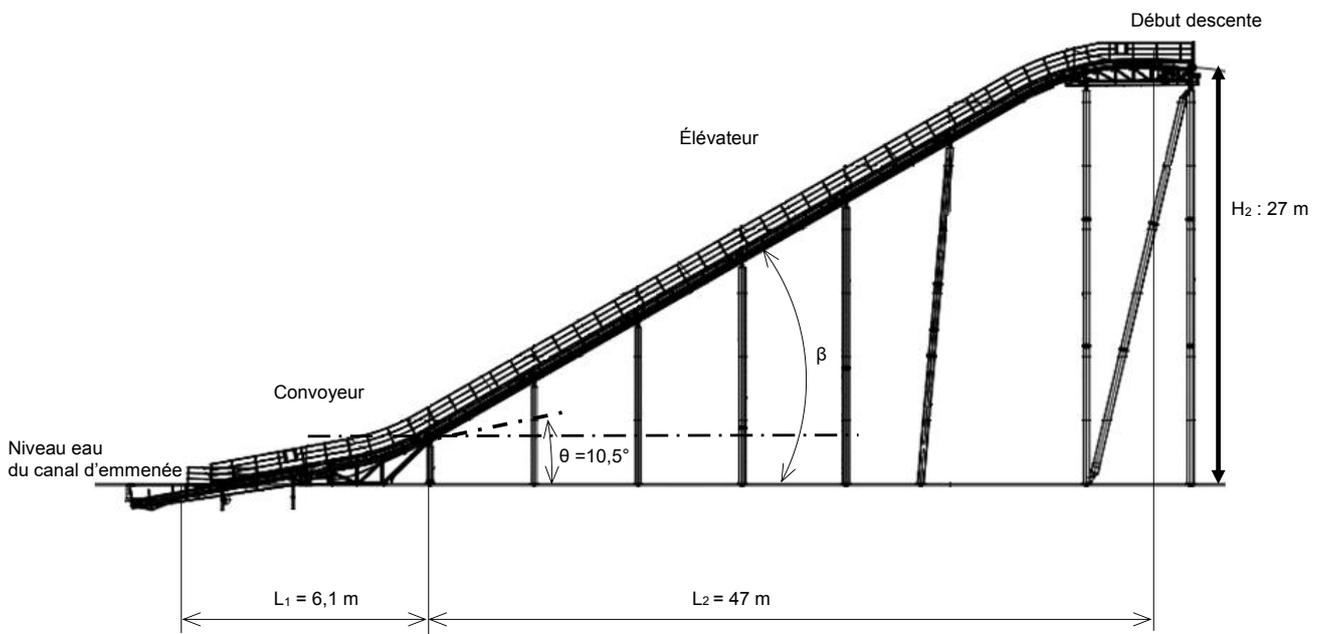
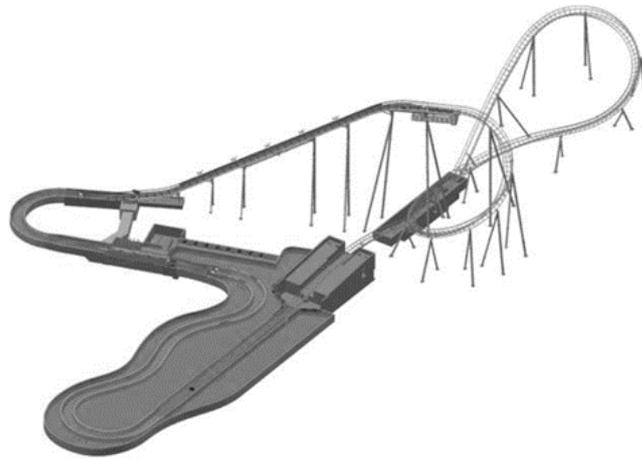
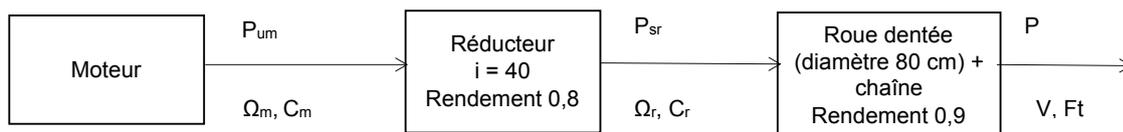


Schéma de la partie motoréducteur d'entraînement de l'élévateur :





22,0 kW  
30,0 kW

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [r/min]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	F <sub>R</sub> [kN]	F <sub>A</sub>	F <sub>R VL</sub> [kN]	F <sub>A VL</sub>	Type	kg	mm E																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
22,0	10	20630	0,9	144,60	73,8	65	120,0	65	SK 9086.1/52 - 180 LP/4	1061	E134																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	8,6	24526	0,8	171,89	56,1	65	116,1	65				34	6221	4,5	43,68	103,2	70	160	70	SK 9092.1 - 180 LP/4	1555	E130	32	6554	4,9	46,02	103,0	70	160	70	31	6827	4,7	47,93	102,5	70	160	70	30	7086	4,5	49,75	101,8	70	160	70	25	8362	3,8	58,66	99,6	70	160	70	21	9832	3,3	68,87	97,4	70	160	70	18	11392	2,8	80,00	94,5	70	160	70	16	13065	2,4	91,60	91,3	70	158,6	70	14	14580	2,2	102,28	88,3	70	154,9	70	12	17126	1,9	120,23	83,0	70	148,5	70	9,6	21808	1,5	152,96	72,2	70	136,1	70	7,7	27316	1,2	191,28	57,7	70	120,2	70	SK 9092.1/52 - 180 LP/4	1631	E134	6,6	31784	1,0	222,14	44,1	70	106,3	70	21	10028	5,0	70,41	167,0	100			SK 9096.1 - 180 LP/4	1890	E132	18	11599	4,3	81,43	165,3	100			16	12762	3,9	89,60	163,9	100			14	14553	3,4	102,18	161,5	100			12	16832	3,0	118,18	158,8	100			11	18999	2,6	133,53	155,8	100			9,6	21975	2,3	154,29	151,9	100			8,5	24699	2,0	173,41	147,9	100			7,4	28567	1,8	200,57	142,4	100			7,1	29761	1,7	208,95	140,3	100			SK 9096.1/62 - 180 LP/4	2021	E135	6,3	33259	1,5	233,51	134,8	100			5,5	38469	1,3	270,09	126,6	100			5,0	42326	1,2	297,17	119,9	100			4,6	45680	1,1	320,72	113,3	100			4,0	52834	0,9	370,95	99,8	100			3,4	61388	0,8	431,00	81,2	100			30,0	183	1568	1,7	8,10	29,6	45	38	24,4	SK 9052.1 - 225 RP/4	495	E120	157	1824	1,4	9,40	29,2	45	38	25,1	150	1915	1,5	9,93	29,0	45	38	25,3	139	2066	1,4	10,71	28,7	45	38	25,6	125	2300	1,7	11,88	28,2	45	38	26,0	110	2605	1,7	13,45	27,4	45	38	26,5	91	3157	1,4	16,33	25,7	45	38	27,0	83	3456	1,2	17,94	24,6	45	38	28,0	74	3847	1,1	19,91	22,8	45	37,3	28,3	66	4356	1,0	22,53	20,0	45	35,6	28,5	64	4509	1,0	23,33	19,0	45	35,0	28,4	54	5280	0,9	27,35	11,9	45	31,8	28,7	162	1765	2,7	9,16	37,5	50	59,1	21,0	SK 9072.1 - 225 RP/4	635	E124	145	1972	2,4	10,19	38,3	50	60,2	21,4	130	2210	2,3	11,48	39,1	50	61,3	21,8	123	2326	2,1	12,06	39,5	50	61,8	22,0	119	2414	2,1	12,51	39,7	50	62,1	22,1	106	2709	1,9	14,06	40,4	50	63,1	22,4	96	2987	2,5	15,40	41,7	50	65,1	23,2	90	3171	2,4	16,44	42,3
	34	6221	4,5	43,68	103,2	70	160	70	SK 9092.1 - 180 LP/4	1555	E130																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		32	6554	4,9	46,02	103,0	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		31	6827	4,7	47,93	102,5	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		30	7086	4,5	49,75	101,8	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		25	8362	3,8	58,66	99,6	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		21	9832	3,3	68,87	97,4	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		18	11392	2,8	80,00	94,5	70	160					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		16	13065	2,4	91,60	91,3	70	158,6					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		14	14580	2,2	102,28	88,3	70	154,9					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		12	17126	1,9	120,23	83,0	70	148,5					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		9,6	21808	1,5	152,96	72,2	70	136,1					70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		7,7	27316	1,2	191,28	57,7	70	120,2				70	SK 9092.1/52 - 180 LP/4	1631	E134																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	6,6		31784	1,0	222,14	44,1	70	106,3	70	21	10028	5,0				70,41	167,0	100			SK 9096.1 - 180 LP/4	1890	E132	18	11599	4,3	81,43	165,3	100			16	12762	3,9	89,60	163,9	100			14	14553	3,4	102,18	161,5	100			12	16832	3,0	118,18	158,8	100			11	18999	2,6	133,53	155,8	100			9,6	21975	2,3	154,29	151,9	100			8,5	24699	2,0	173,41	147,9	100			7,4	28567	1,8	200,57	142,4	100			7,1	29761	1,7	208,95	140,3	100			SK 9096.1/62 - 180 LP/4	2021	E135	6,3	33259	1,5	233,51	134,8	100			5,5	38469	1,3	270,09	126,6	100			5,0	42326	1,2	297,17	119,9	100			4,6	45680	1,1	320,72	113,3	100			4,0	52834	0,9	370,95	99,8	100			3,4	61388	0,8	431,00	81,2	100			30,0	183	1568	1,7	8,10	29,6	45	38	24,4	SK 9052.1 - 225 RP/4	495	E120	157	1824	1,4	9,40	29,2	45	38	25,1	150	1915	1,5	9,93	29,0	45	38	25,3	139	2066	1,4	10,71	28,7	45	38	25,6	125	2300	1,7	11,88	28,2	45	38	26,0	110	2605	1,7	13,45	27,4	45	38	26,5	91	3157	1,4	16,33	25,7	45	38	27,0	83	3456	1,2	17,94	24,6	45	38	28,0	74	3847	1,1	19,91	22,8	45	37,3	28,3	66	4356	1,0	22,53	20,0	45	35,6	28,5	64	4509	1,0	23,33	19,0	45	35,0	28,4	54	5280	0,9	27,35	11,9	45	31,8	28,7	162	1765	2,7	9,16	37,5	50	59,1	21,0	SK 9072.1 - 225 RP/4		635	E124	145	1972	2,4	10,19	38,3	50				60,2	21,4	130	2210	2,3	11,48	39,1	50	61,3	21,8	123	2326	2,1	12,06	39,5	50	61,8	22,0	119	2414	2,1	12,51	39,7	50	62,1	22,1	106	2709	1,9	14,06	40,4	50	63,1	22,4	96	2987	2,5	15,40	41,7	50	65,1	23,2	90	3171	2,4	16,44	42,3	50	66,0	23,5																																																																																																						
	21	10028	5,0	70,41	167,0	100			SK 9096.1 - 180 LP/4		1890	E132																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		18	11599	4,3	81,43	165,3	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		16	12762	3,9	89,60	163,9	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		14	14553	3,4	102,18	161,5	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		12	16832	3,0	118,18	158,8	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
11		18999	2,6	133,53	155,8	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
9,6		21975	2,3	154,29	151,9	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
8,5		24699	2,0	173,41	147,9	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
7,4		28567	1,8	200,57	142,4	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
7,1		29761	1,7	208,95	140,3	100				SK 9096.1/62 - 180 LP/4			2021	E135																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	6,3	33259	1,5	233,51	134,8	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	5,5	38469	1,3	270,09	126,6	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	5,0	42326	1,2	297,17	119,9	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	4,6	45680	1,1	320,72	113,3	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	4,0	52834	0,9	370,95	99,8	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	3,4	61388	0,8	431,00	81,2	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	30,0	183	1568	1,7	8,10	29,6	45	38	24,4		SK 9052.1 - 225 RP/4	495			E120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
157		1824	1,4	9,40	29,2	45	38	25,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
150		1915	1,5	9,93	29,0	45	38	25,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
139		2066	1,4	10,71	28,7	45	38	25,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
125		2300	1,7	11,88	28,2	45	38	26,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
110		2605	1,7	13,45	27,4	45	38	26,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
91		3157	1,4	16,33	25,7	45	38	27,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
83		3456	1,2	17,94	24,6	45	38	28,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
74		3847	1,1	19,91	22,8	45	37,3	28,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
66		4356	1,0	22,53	20,0	45	35,6	28,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
64		4509	1,0	23,33	19,0	45	35,0	28,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
54		5280	0,9	27,35	11,9	45	31,8	28,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
162		1765	2,7	9,16	37,5	50	59,1	21,0	SK 9072.1 - 225 RP/4	635			E124																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		145	1972	2,4	10,19	38,3	50	60,2						21,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		130	2210	2,3	11,48	39,1	50	61,3						21,8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		123	2326	2,1	12,06	39,5	50	61,8						22,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		119	2414	2,1	12,51	39,7	50	62,1						22,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		106	2709	1,9	14,06	40,4	50	63,1						22,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	96	2987	2,5	15,40	41,7	50	65,1	23,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	90	3171	2,4	16,44	42,3	50	66,0	23,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Helical-bevel gear units

P<sub>1</sub> = puissance utile    n<sub>2</sub> = vitesse nominale    M<sub>2</sub> = couple nominal    F<sub>b</sub> = facteur de marche    i<sub>ges</sub> = rapport de réduction  
F<sub>R</sub> = effort radial    F<sub>A</sub> = effort axial

30,0 kW

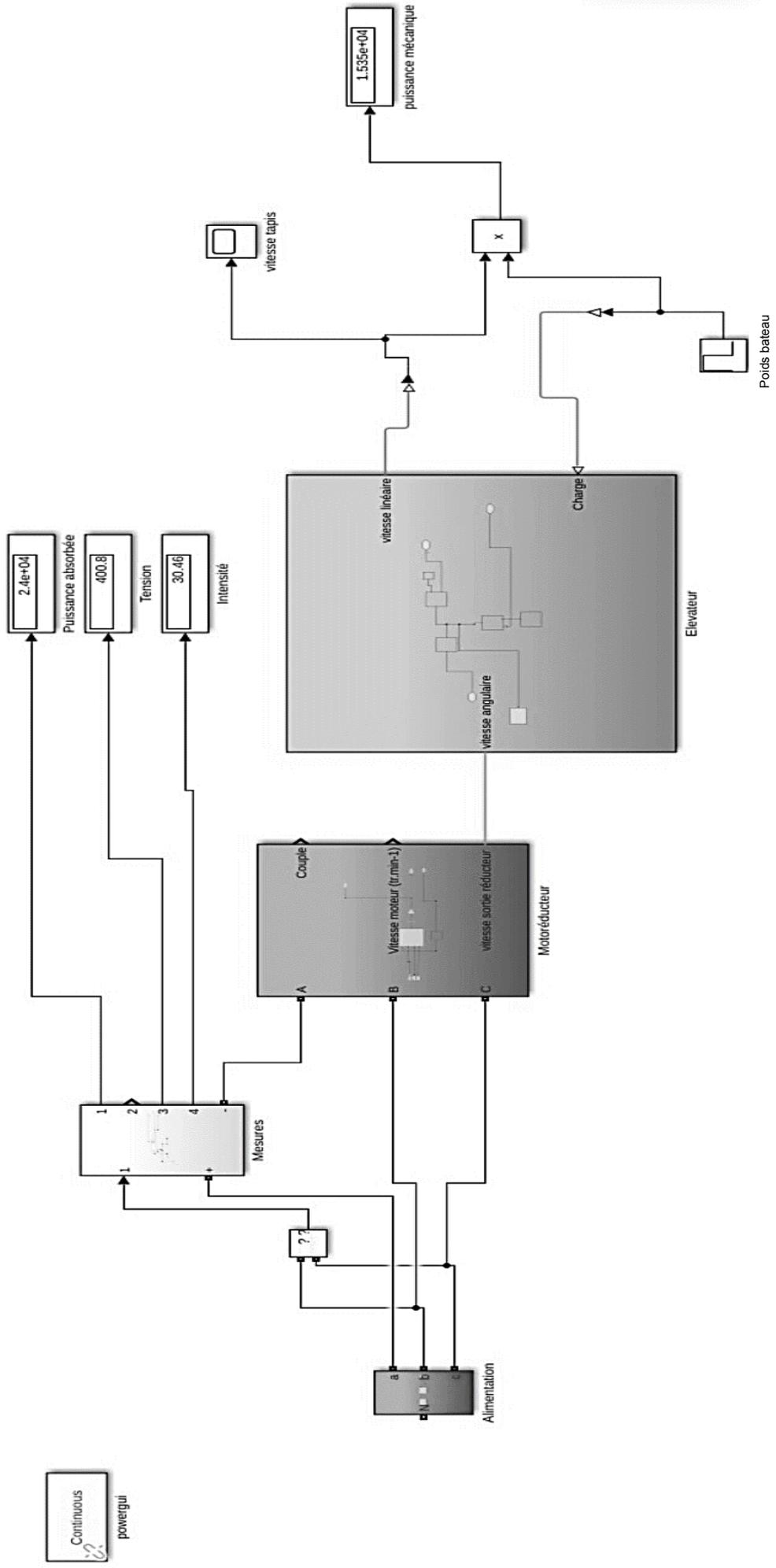


Helical-bevel gear units

P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [r/min]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	F <sub>R</sub> [kN]	F <sub>A</sub>	F <sub>R VL</sub> [kN]	F <sub>A VL</sub>	Type	kg	mm			
30,0	81	3544	2,2	18,29	43,0	50	66	23,8	SK 9072.1 - 225 RP/4	635	E124			
	72	3972	2,1	20,61	43,6	50	66	24						
	66	4337	2,0	22,46	44,1	50	66	24,2						
	59	4868	1,7	25,24	44,6	50	66	24,3						
	51	5656	1,5	29,29	45,0	50	66	24,3						
	42	6783	1,3	35,19	45,3	50	66	24,2						
	36	7917	1,0	41,11	43,2	50	66	23,8						
	33	8645	0,9	44,81	40,3	50	66	23,4						
	30	9702	0,8	50,35	35,0	50	64,7	22,8						
	184	1554	4,6	8,04	55,5	60	95	45,6				SK 9082.1 - 225 RP/4	895	E126
	156	1840	4,7	9,54	57,9	60	95	47,6						
	120	2382	3,5	12,31	61,6	60	95	50,7						
	101	2823	4,6	14,61	64,6	60	95	53,3						
	86	3344	3,9	17,35	66,5	60	95	55,5						
66	4329	3,0	22,37	65,1	60	95	58,8							
55	5167	2,5	26,71	63,8	60	95	60							
47	6042	2,2	31,27	62,4	60	95	60							
41	6926	1,9	35,83	60,8	60	95	60							
36	8028	1,6	41,54	58,7	60	95	60							
33	8628	1,5	44,63	57,5	60	95	60							
28	10300	1,3	53,28	53,9	60	95	60							
24	12044	1,1	62,39	49,7	60	95	60							
21	13805	0,9	71,50	44,9	60	95	60							
18	16001	0,8	82,88	38,1	60	95	60							
70	4088	4,9	21,12	93,8	65	120	65	SK 9086.1 - 225 RP/4	1145	E128				
59	4880	4,1	25,21	97,8	65	120	65							
50	5707	3,5	29,52	101,2	65	120	65							
42	6855	2,6	35,44	102,0	65	120	65							
35	8149	2,5	42,13	100,8	65	120	65							
29	9728	2,1	50,30	98,9	65	120	65							
25	11375	1,8	58,90	96,6	65	120	65							
22	13038	1,5	67,50	93,4	65	120	65							
19	15112	1,3	78,24	89,1	65	120	65							
16	17483	1,1	90,50	83,7	65	120	65							
44	6584	4,9	34,15	102,6	70	160	70	SK 9092.1 - 225 RP/4	1715	E130				
38	7550	4,2	39,10	101,0	70	160	70							
36	7864	4,1	40,65	100,4	70	160	70							
34	8426	3,3	43,68	99,4	70	160	70							
32	8878	3,6	46,02	99,0	70	160	70							
31	9247	3,5	47,93	98,4	70	160	70							
30	9597	3,3	49,75	97,4	70	160	70							
25	11325	2,8	58,66	94,1	70	160	70							
22	13317	2,4	68,87	90,9	70	158	70							
19	15430	2,1	80,00	86,6	70	152,8	70							
16	17695	1,8	91,60	81,8	70	147,1	70							
15	19748	1,6	102,28	77,1	70	141,7	70							
12	23196	1,4	120,23	68,7	70	132,2	70							
28	10407	4,3	53,95	166,6	100						SK 9096.1 - 225 RP/4	2050	E132	
24	12037	4,2	62,39	164,8	100									
21	13583	3,7	70,41	162,7	100									
18	15710	3,2	81,43	160,2	100									
17	17285	2,9	89,60	158,2	100									

P1= puissance utile    n<sub>2</sub> = vitesse nominale    M<sub>2</sub> = couple nominal    f<sub>B</sub> = facteur de marche    i<sub>ges</sub> = rapport de réduction  
 F<sub>R</sub> = effort radial    F<sub>A</sub> = effort axial

**Document technique DTS4 – Modèle de simulation**

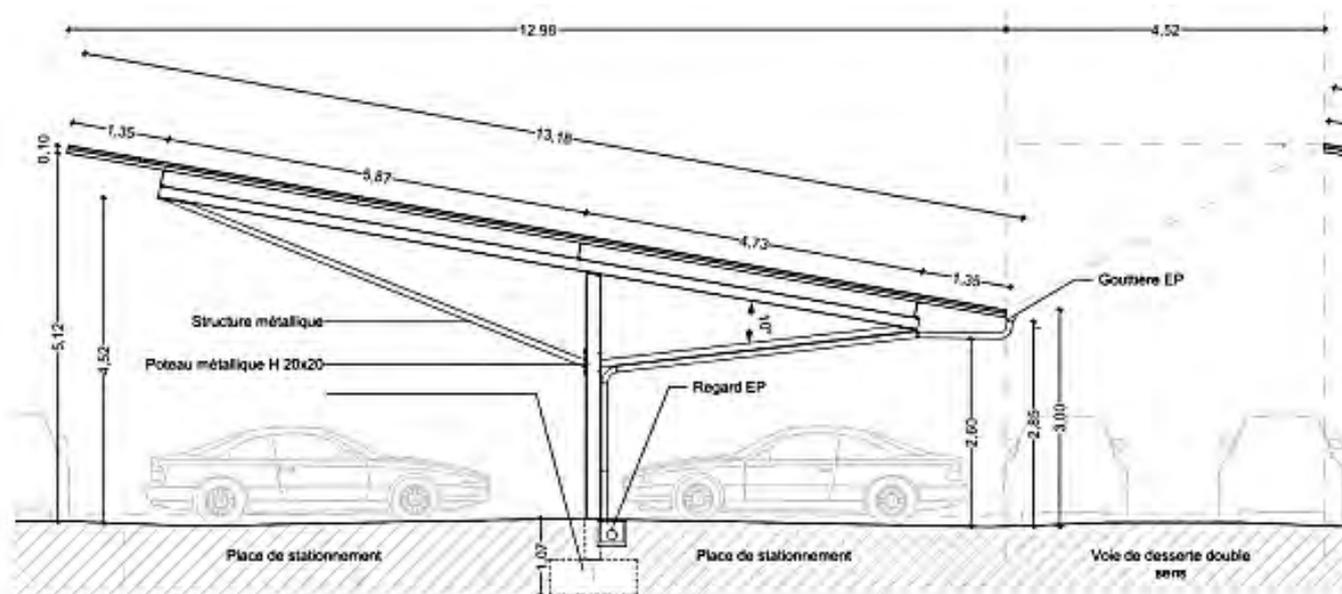


## Document technique DTS5 – Implantation des ombrières



Le projet se compose :

- de 14 rangées d'ombrières photovoltaïques orientées ouest/est (en bleu) ;
- d'un poste de transformation intégrant onduleur et transformateur (en vert) ;
- d'un poste de livraison (en rouge) ;
- de réseaux secs enfouis.



*Vue en coupe d'une ombrière photovoltaïque*

### 3.1.1.2. Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques mis en place sur les ombrières sont de puissance unitaire 395 Wc, ils font 1,00 m par 2,015 m. L'inclinaison des ombrières, et donc des modules, est de 10°.

Chaque ombrière compte 13 rangées de modules photovoltaïques.

En tout, ce sont 15 571 panneaux photovoltaïques qui seront implantés sur le parking n°7 du PAL.

La superficie de modules photovoltaïques est d'environ 2,53 ha pour une surface équipée de 4,2 ha.

### 3.1.1.3. Réseau électrique

#### Réseau interne

Tous les câbles issus d'un groupe de panneaux sont connectés en parallèle et regroupés dans les boîtiers de connexion fixés à l'arrière des tables à partir desquelles l'électricité reçue continuera son chemin vers les onduleurs. Les câbles sont fixés sur les châssis des structures.

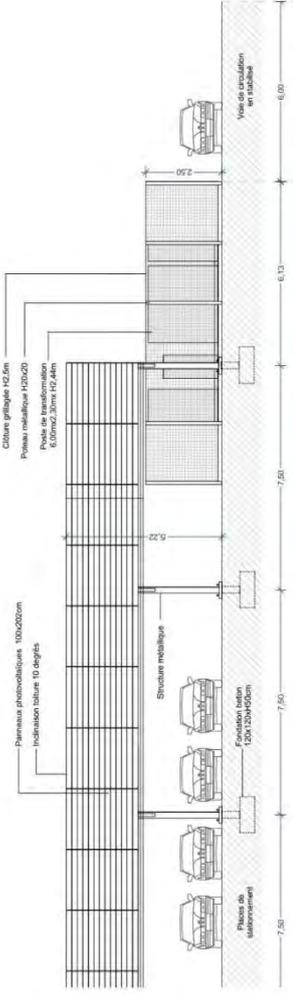
Le poste onduleurs/transformateurs est quant à lui connecté au poste de livraison par des câbles enterrés. Les boîtes de raccordement intègrent les protections (fusibles, parafoudres, diodes anti-retour) et abritent des systèmes de monitoring, qui permettent de suivre la production des panneaux, en liaison avec l'onduleur.

L'ensemble des masses métalliques des équipements du parc (y compris les bâtiments, structure de support...) est connecté à un réseau de terre unique.

#### Raccordement

Le raccordement au réseau électrique national sera réalisé sous une tension de 20 000 Volts depuis le poste de livraison qui est l'interface entre le réseau public et le réseau propre aux installations.

Cet ouvrage de raccordement qui sera intégré au Réseau de Distribution fera l'objet d'une demande d'autorisation selon la procédure définie par l'Article 50 du Décret n°75/781 du 14 août 1975 modifiant le Décret du 29 juillet 1927 pris pour application de la Loi du 15 juin 1906 sur la distribution d'énergie.



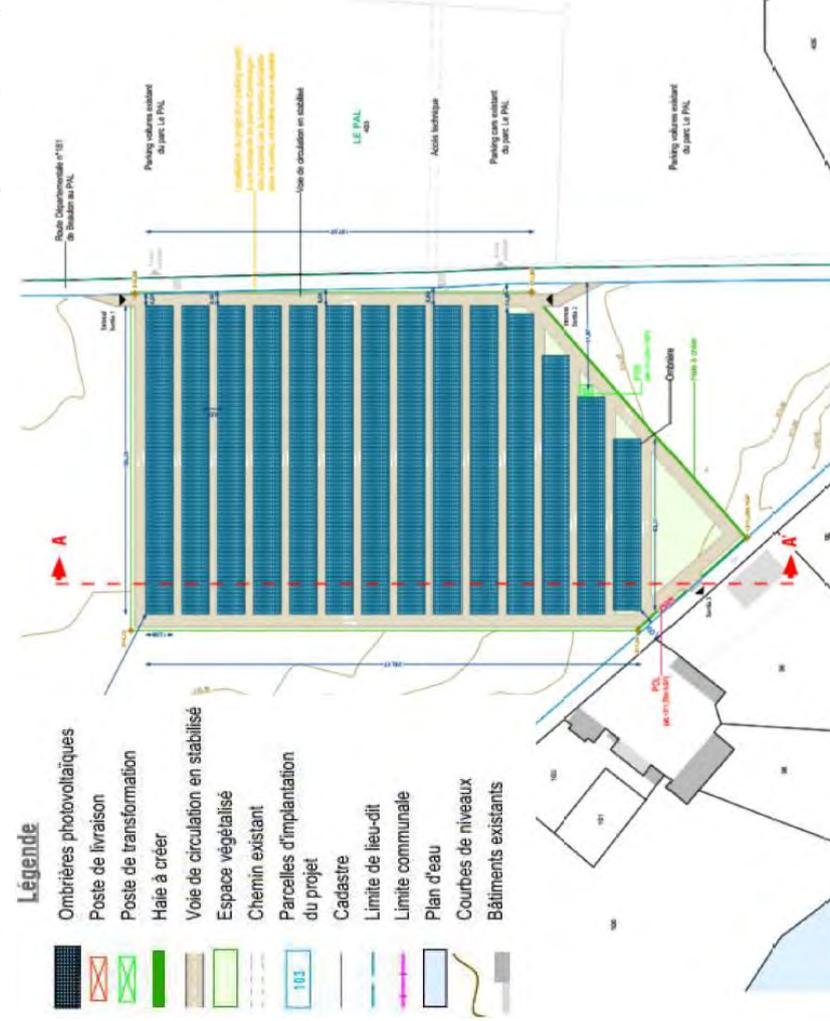
**Ombrières photovoltaïques – structures porteuses**

Le projet se compose en tout de 14 lignes d'ombrières photovoltaïques de longueurs 93,21 m à 150,20 m. Les ombrières sont supportées par des poteaux en acier galvanisé, espacés chacun de 7,5 m, permettant ainsi le stationnement de 3 véhicules légers entre deux poteaux.

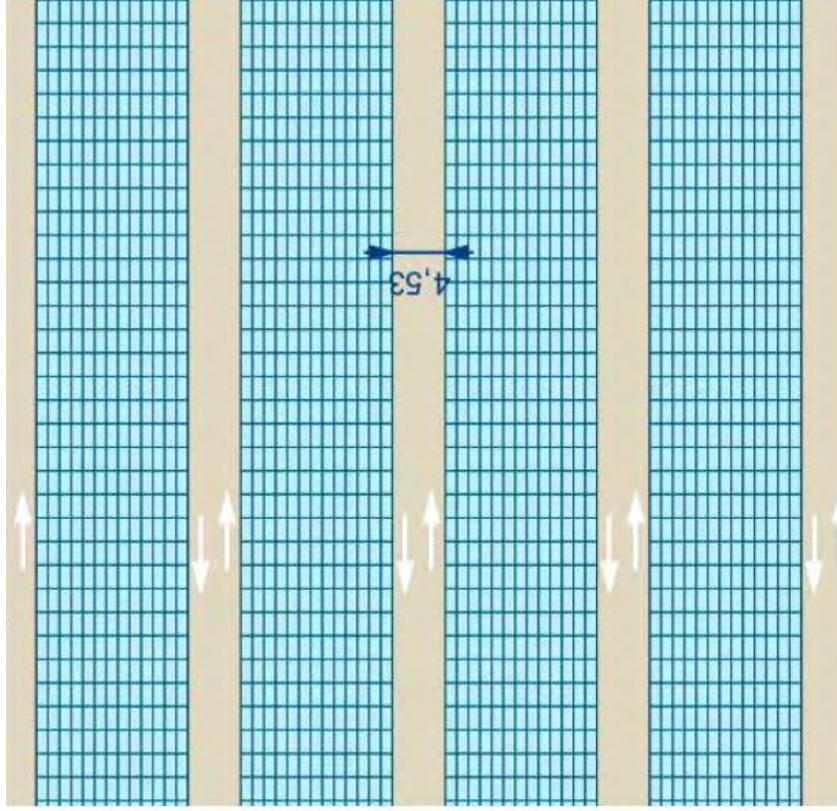
Selon la longueur des ombrières, 11 à 9 poteaux sont nécessaires.

Les lignes d'ombrières sont espacées de 4,53 m.

Le point bas de l'ombrière se situe à 2,85 m du sol tandis que sa hauteur maximum est de 5,22 m par rapport au sol.



Plan de masse



Espacement des ombrières

**Document technique DTS8 – Inclinaison de la terre**



L'axe de rotation de la Terre est incliné à 23,46 ° par rapport au plan de l'écliptique : c'est le plan dans lequel les planètes orbitent autour du soleil.

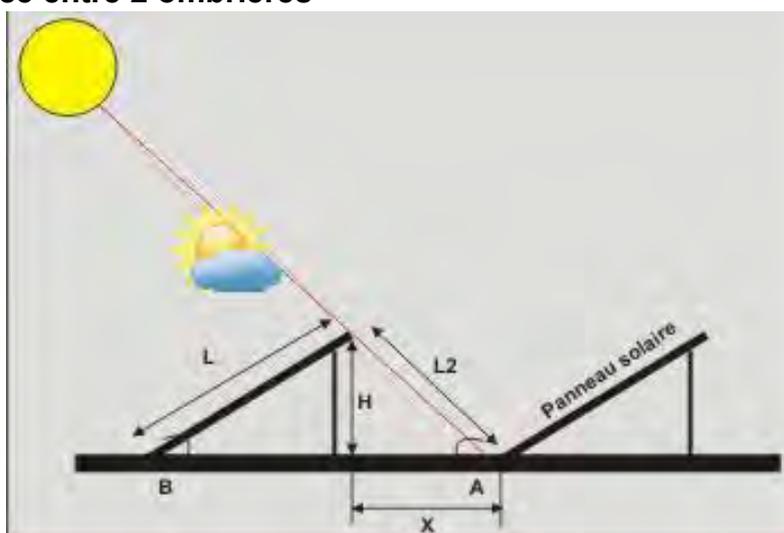
Au solstice d'été (21 juin), l'hémisphère nord est plus proche du plan et les rayons solaires sont perpendiculaires. Il fait chaud.

Au solstice d'hiver (21 décembre), l'hémisphère nord est plus haut et les rayons solaires arrivent de façon tangentielle. Il fait froid.

L'inclinaison optimale des panneaux solaires au 21 mars est obtenue à l'aide de la formule suivante où N est le nombre de jours séparant le 21 mars au 21 décembre et considéré comme négatif.

$$\text{Inclinaison} = \text{Latitude du lieu} - \arcsin \left( 0,4 \cdot \sin \left( \frac{N \cdot 360}{365} \right) \right)$$

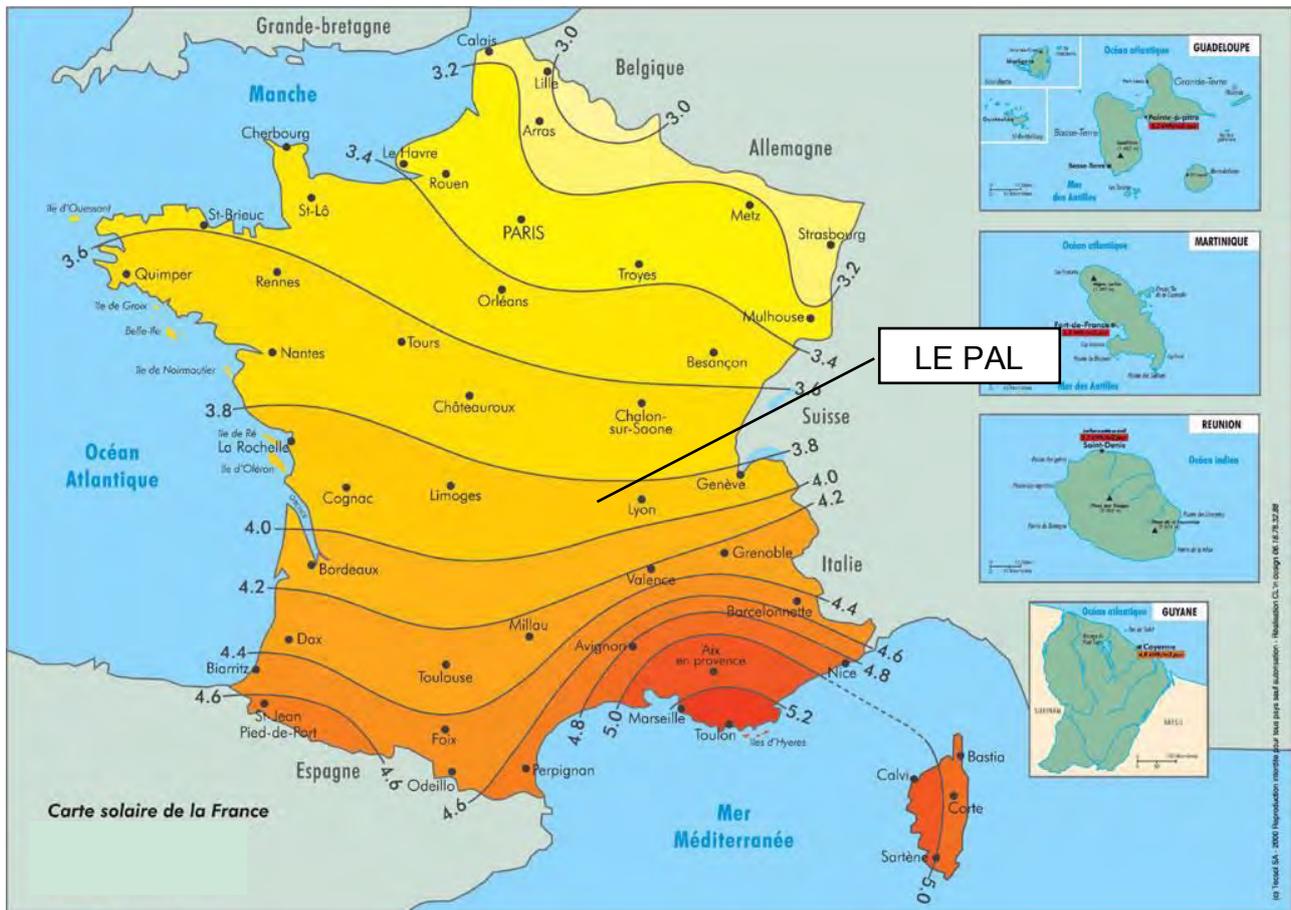
**Calcul de l'espace entre 2 ombrières**



Au **solstice d'hiver** (le 21 ou 22 décembre), à midi (heure solaire) les rayons solaires sont perpendiculaires au **tropique du Capricorne**. La hauteur du Soleil (angle en A) à midi dans l'hémisphère nord s'obtient :

$$HA = 90 - LT - 23,26 \quad (LT = \text{Latitude}).$$

## Document technique DTS9 – Carte de rayonnement solaire



Moyennes annuelles de l'énergie reçue sur une surface orientée au sud et inclinée d'un angle égal à la latitude ( $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$ ).

# Document technique DTS10 – Trajectoire du soleil

## TRAJECTOIRES DU SOLEIL (Latitude = 46 °N)

