Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

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 collège » 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
- Numéroter 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 collège » est autorisé.

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

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 3h00)
Partie spécifique (durée indicative 2h00)

- **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.

IMPRIMERIE NATIONALE – 25 0430 – D'après documents fournis

Nouvelle attraction FJORD EXPLORER



Partie commune

Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 3 à 10

Documents techniques DT1 à DT13 ..... pages 11 à 25

Documents réponses DR1 à DR4 ..... pages 26 à 29

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 1er 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 $km \cdot h^{-1}$, 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 du 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'emmenée d'eau est-elle valide au regard du cahier des charges ?

Objectif : *la solution technologique utilisée pour constituer le canal d'emmenée 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'emmenée 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 $m^3 \cdot s^{-1,}$ sachant que le débit minimum nécessaire est de 1,7 $m^3 \cdot s^{-1}$.



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 Φ300 mm).

Question 10. À partir des documents **DT4/2 - Plan du canal d'emmenée** 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 · p (Q le débit en $m^3 \cdot s^{-1}$ 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'emmené 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

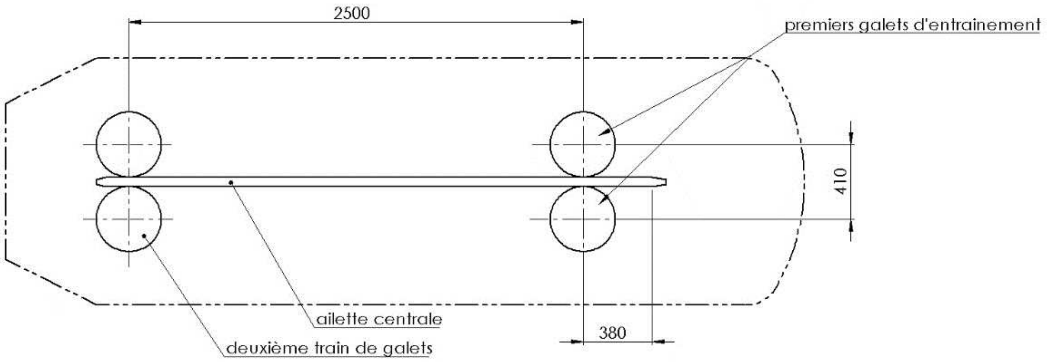
Cycle sécurisé d'embarquement/débarquement des passagers sur un bateau :
Avant de lancer le bateau sur le canal, le personnel doit vérifier que les barres de sécurité sont bien fermées et qu'aucun passager ne peut accéder au bateau.
Les passagers ne peuvent embarquer qu'en présence d'un bateau et sur 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 $m \cdot s^{-1}$.

schéma du système d'entrainement vue de dessous



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

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 :

- Δ : pente de la courbe de la pression de vapeur saturante en kPa·°C^{-1}
  $\Delta = (4098 \times e_s) / ((T_a + 237{,}3)^2)$
- R_n : Rayonnement global en MJ·m^{-2}·jour^{-1} ; voir **DT13 – Données météo**
- G : Flux de chaleur du sol en MJ·m^{-2}·jour^{-1} , G = 0 (pour un plan d'eau)
- γ : constante psychométrique en kPa·°C^{-1}
  - γ = 0,0016286 × P / λ
  - P (Pression atmosphérique) : 101,3 kPa
  - λ = Chaleur latente de vaporisation (2,45 MJ·kg^{-1})
- u_2 : vitesse du vent à 2 m du sol en m·s^{-1}
- T_a: température moyenne journalière de l'air à 2 m du sol en °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 mm·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 °C et une température de l'eau de 2 °C
Température de l'air (T_a) : 5,25 °C
Température de l'eau (T_w) : 2 °C
Humidité relative (HR) : 70 %
Rayonnement solaire moyen (R_s) : 6,5 MJ·m^{-2}·jour^{-1}
Vitesse du vent à 2 m (u_2) : 2 m·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
- Δ = (4098 × 0,71) / ((5,25 + 237,3)²) = 2909,58/58830,5 = 0,0495 kPa·°C^{-1}
- R_n = 6,5 MJ·m^{-2}·jour^{-1}
- γ = 0,0016286 · P / λ = 0,0016286 · 101,3 / 2,45 = 0,067337624 kPa·°C^{-1}

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 mm·jour^{-1}

Le bassin perd pendant cette période 2,54 mm d'eau par m² par jour (sans tenir compte des précipitations).

Données : Vitesse du vent 2 m·s^{-1}, 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.**

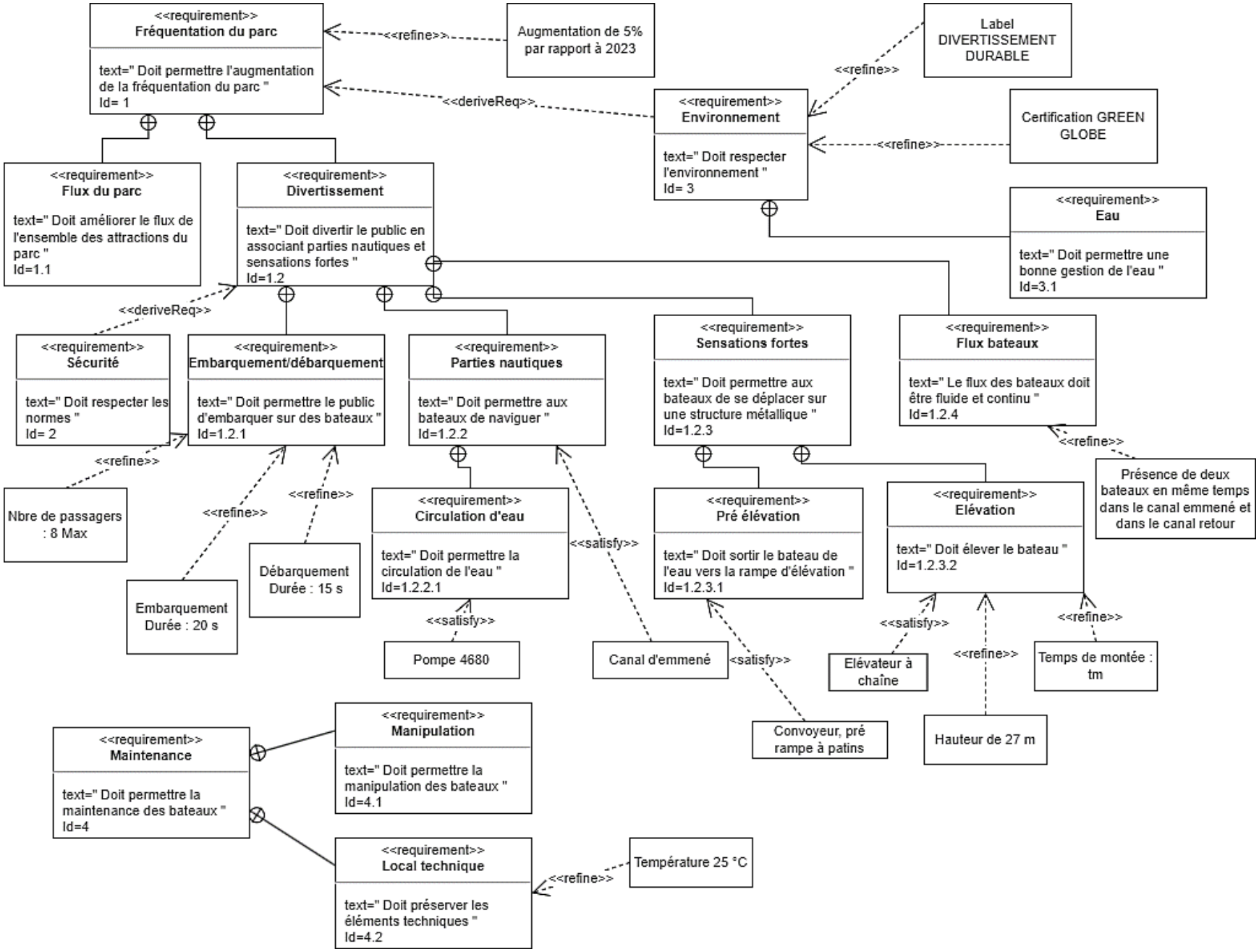
Question 22. **Estimer** si la cuve de stockage disposée sous les piliers centraux est suffisante pour pallier cette évaporation sur la saison.

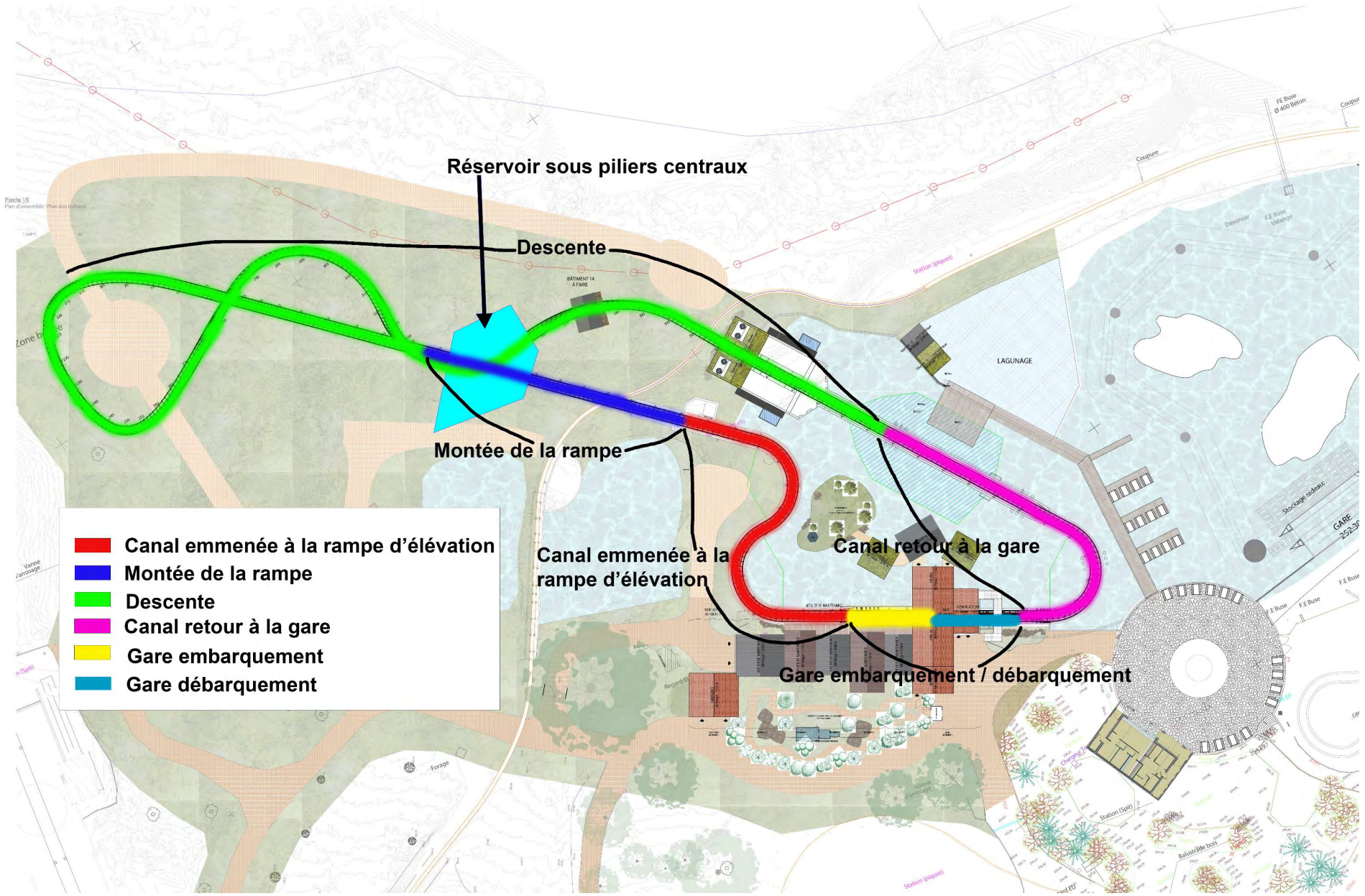
Le parc envisage de creuser un bassin supplémentaire sur une autre partie du site, afin de pallier les pertes du FJORD EXPLORER. Pour des raisons économiques et de sécurité, la pente latérale devra être de 45° et la profondeur comprise entre 1 m et 3 m et l'ensemble sera clôturé.

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

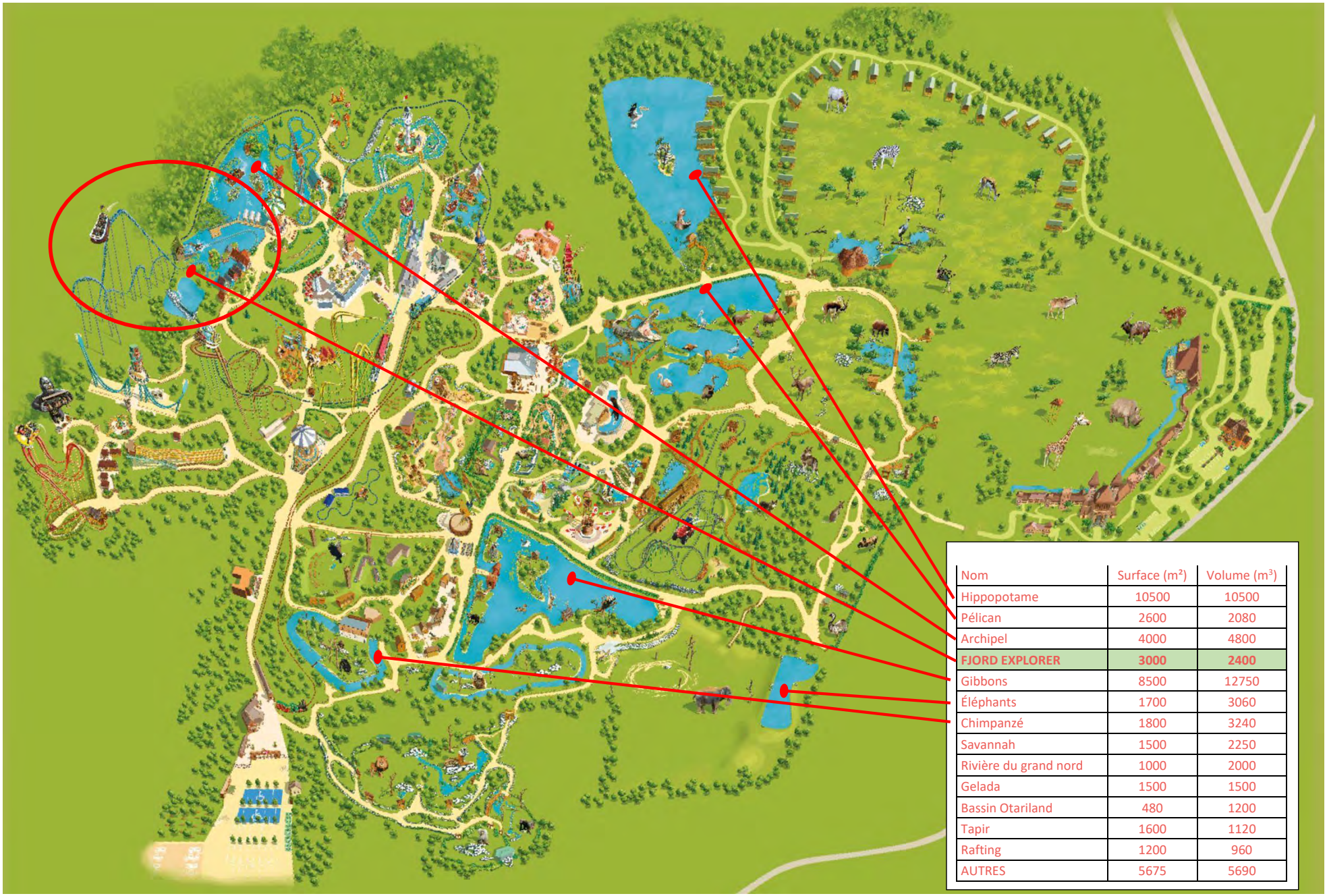
Question 24. **Déterminer** le volume et donc les dimensions de ce futur bassin pour pallier toutes les pertes des huit principaux bassins (voir **DT4 – Principales étendues d'eau du parc**). **Conclure** sur la faisabilité de ce dernier bassin.

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 m³/h/8 bar
Paramètres du manège	
Hauteur maximale :	Approx. 25,7 m
Vitesse maximale :	Approx. 21,8 m/s
Accélération maximale (verticale) :	Approx. 3,3.g
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)


<<requirement>>
Fréquentation du parc
text=" Doit permettre l'augmentation de la fréquentation du parc "
Id= 1
<<refine>>
Augmentation de 5% par rapport à 2023
<<deriveReq>>
<<requirement>>
Environnement
text=" Doit respecter l'environnement "
Id= 3
<<refine>>
Label DIVERTISSEMENT DURABLE
<<refine>>
Certification GREEN GLOBE
<<requirement>>
Flux du parc
text=" Doit améliorer le flux de l'ensemble des attractions du parc "
Id=1.1
<<requirement>>
Divertissement
text=" Doit divertir le public en associant parties nautiques et sensations fortes "
Id=1.2
<<requirement>>
Eau
text=" Doit permettre une bonne gestion de l'eau "
Id=3.1
<<deriveReq>>
<<requirement>>
Sécurité
text=" Doit respecter les normes "
Id= 2
<<requirement>>
Embarquement/débarquement
text=" Doit permettre le public d'embarquer sur des bateaux "
Id=1.2.1
<<requirement>>
Parties nautiques
text=" Doit permettre aux bateaux de naviguer "
Id=1.2.2
<<requirement>>
Sensations fortes
text=" Doit permettre aux bateaux de se déplacer sur une structure métallique "
Id=1.2.3
<<requirement>>
Flux bateaux
text=" Le flux des bateaux doit être fluide et continu "
Id=1.2.4
<<refine>>
Présence de deux bateaux en même temps dans le canal emmené et dans le canal retour
<<refine>>
Nbre de passagers : 8 Max
<<refine>>
Embarquement Durée : 20 s
<<refine>>
Débarquement Durée : 15 s
<<requirement>>
Circulation d'eau
text=" Doit permettre la circulation de l'eau "
Id=1.2.2.1
<<satisfy>>
<<requirement>>
Pré élévation
text=" Doit sortir le bateau de l'eau vers la rampe d'élévation "
Id=1.2.3.1
<<requirement>>
Elévation
text=" Doit élever le bateau "
Id=1.2.3.2
<<satisfy>>
Pompe 4680
<<satisfy>>
Canal d'emmené
<<satisfy>>
Convoyeur, pré rampe à patins
<<satisfy>>
Elévateur à chaîne
<<refine>>
Hauteur de 27 m
<<refine>>
Temps de montée : tm
<<requirement>>
Maintenance
text=" Doit permettre la maintenance des bateaux "
Id=4
<<requirement>>
Manipulation
text=" Doit permettre la manipulation des bateaux "
Id=4.1
<<requirement>>
Local technique
text=" Doit préserver les éléments techniques "
Id=4.2
<<refine>>
Température 25 °C

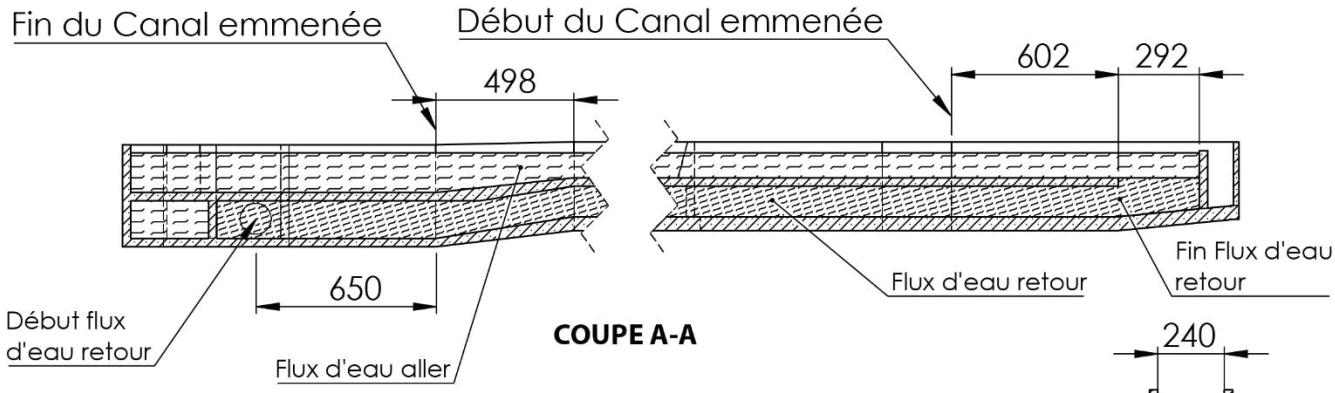

Réservoir sous piliers centraux
Descente
Montée de la rampe
Canal emmenée à la rampe d'élévation
Canal retour à la gare
Gare embarquement / débarquement
Canal emmenée à la rampe d'élévation
Montée de la rampe
Descente
Canal retour à la gare
Gare embarquement
Gare débarquement
LAGUNAGE

Document technique DT4/1 - Principales étendues d'eau du parc

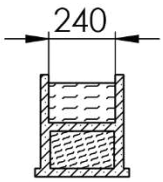


Nom	Surface (m^2)	Volume (m^3)
Hippopotame	10500	10500
Pélican	2600	2080
Archipel	4000	4800
FJORD EXPLORER	**3000**	**2400**
Gibbons	8500	12750
Éléphants	1700	3060
Chimpanzé	1800	3240
Savannah	1500	2250
Rivière du grand nord	1000	2000
Gelada	1500	1500
Bassin Otariland	480	1200
Tapir	1600	1120
Rafting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

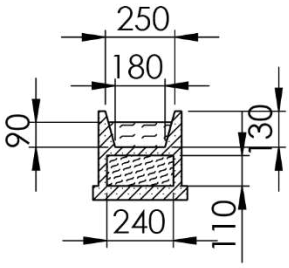
Document technique DT4/2 - Plan du canal d'emmenée



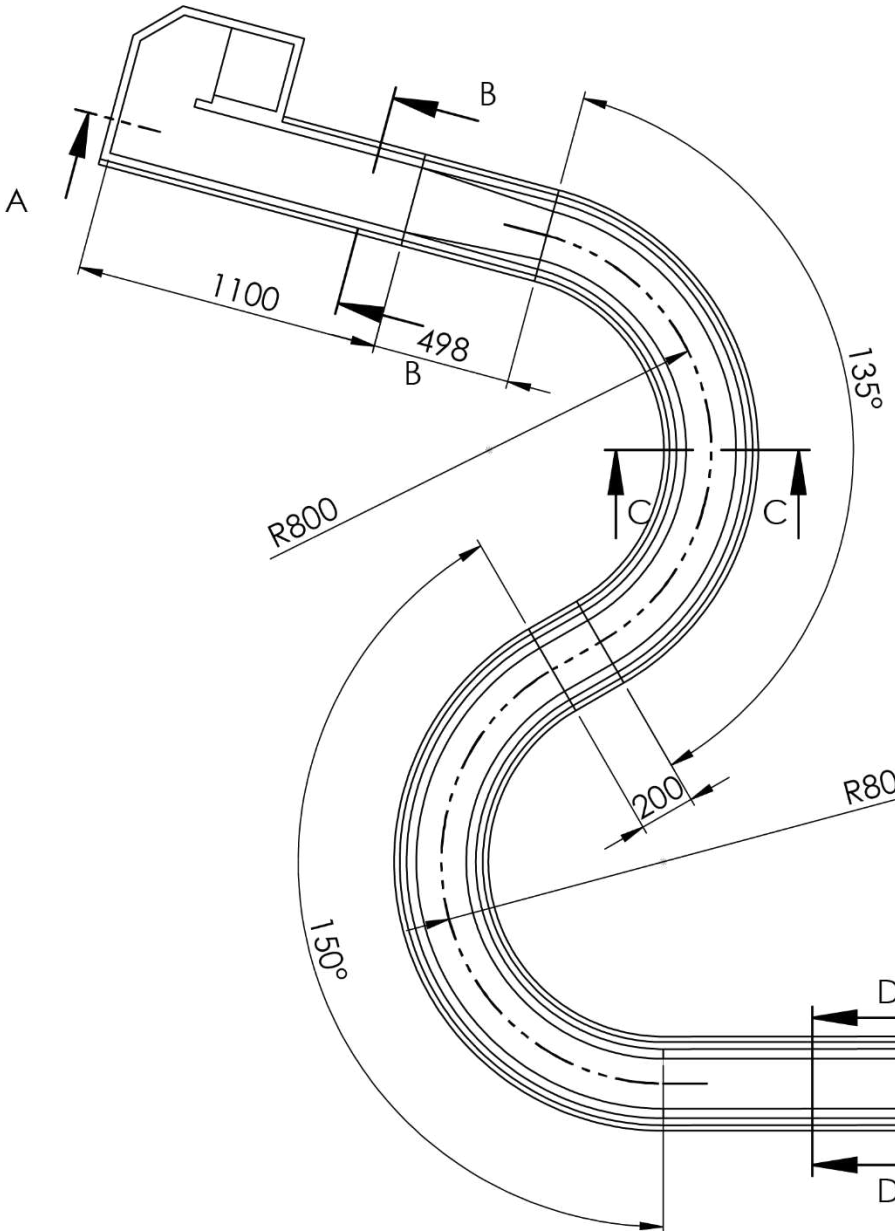
COUPE A-A

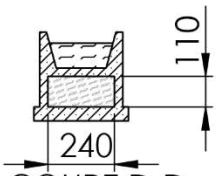


COUPE B-B

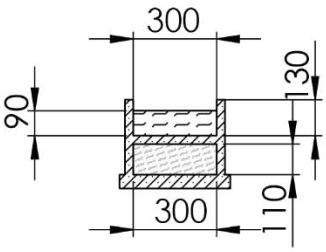


COUPE C-C





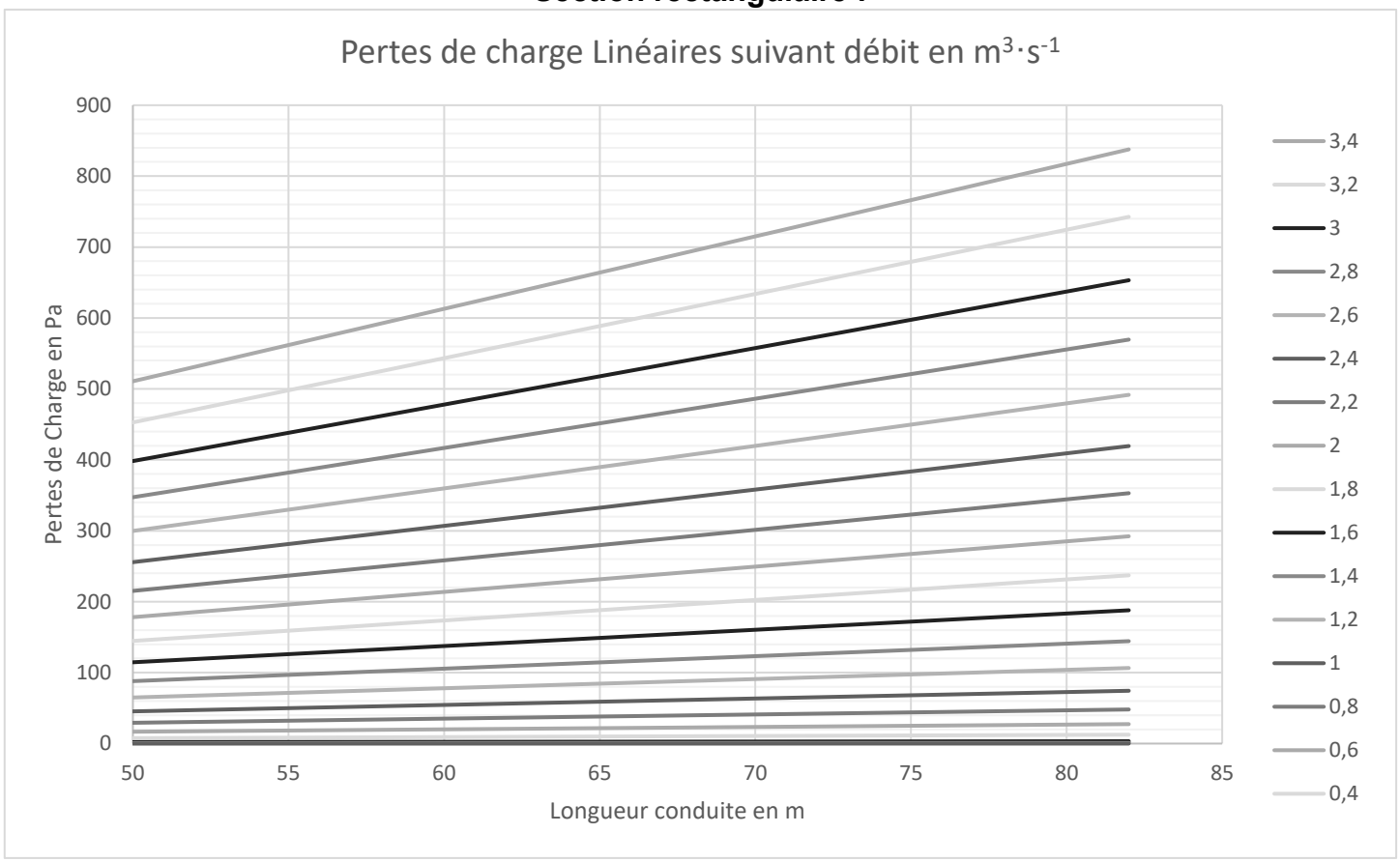
COUPE D-D



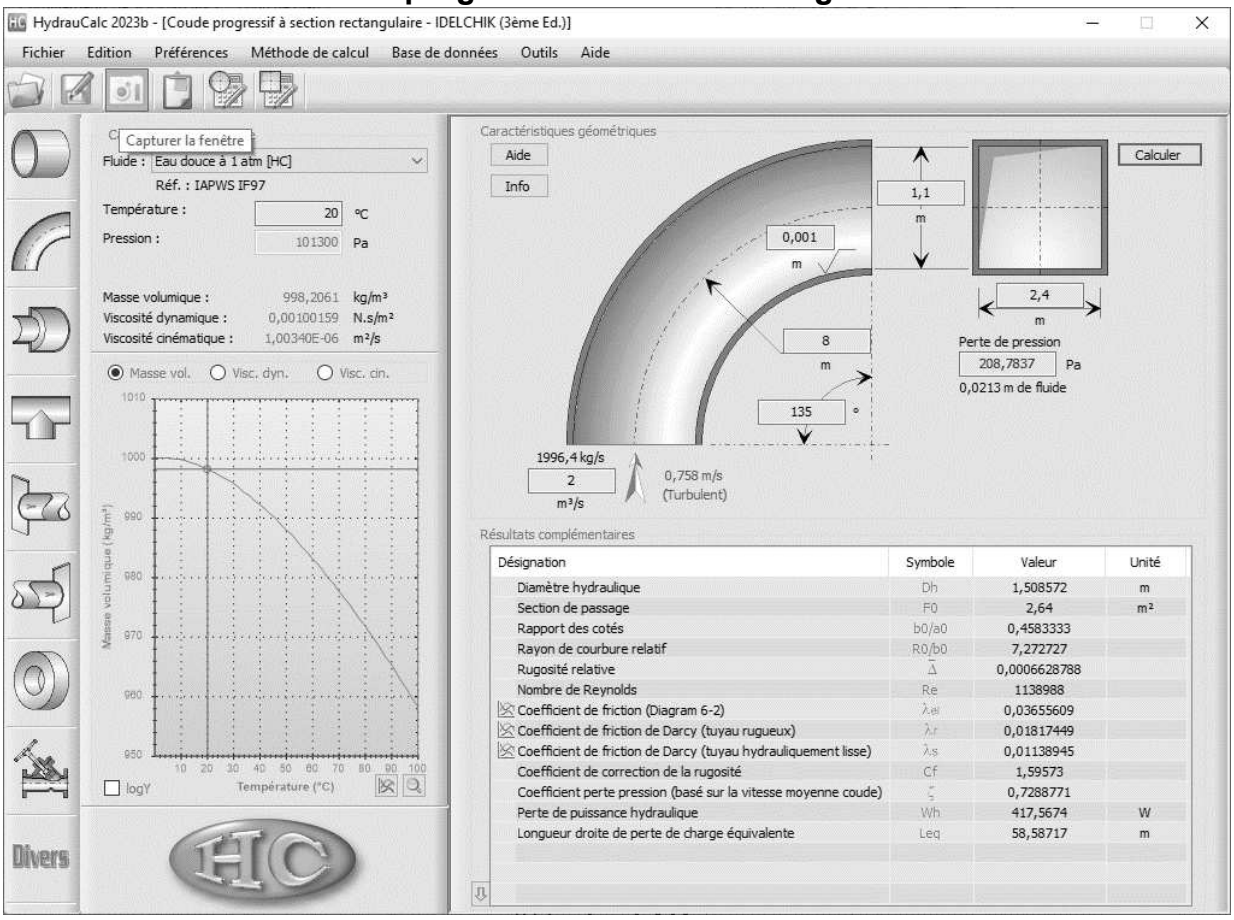
COUPE E-E

Côtes en cm

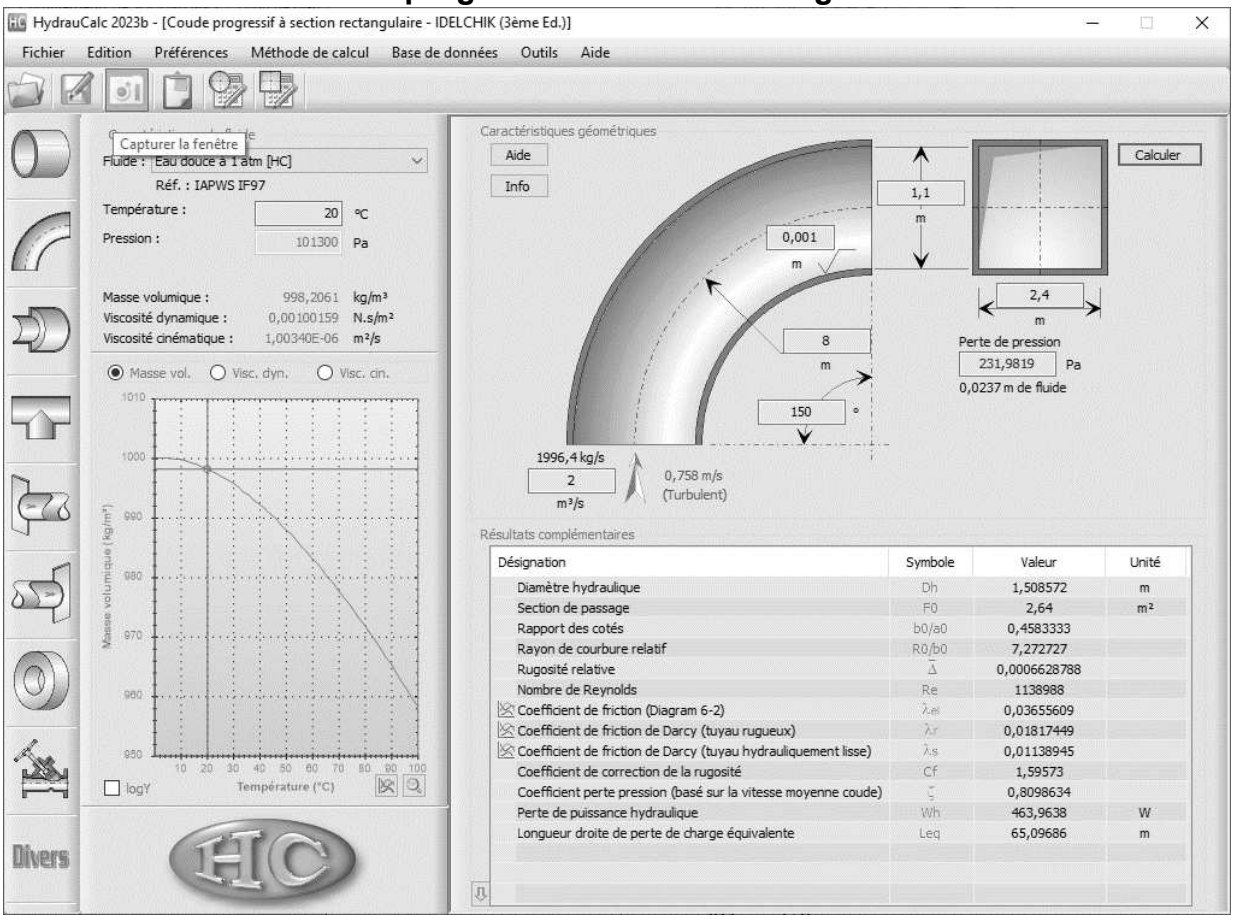
Section rectangulaire :



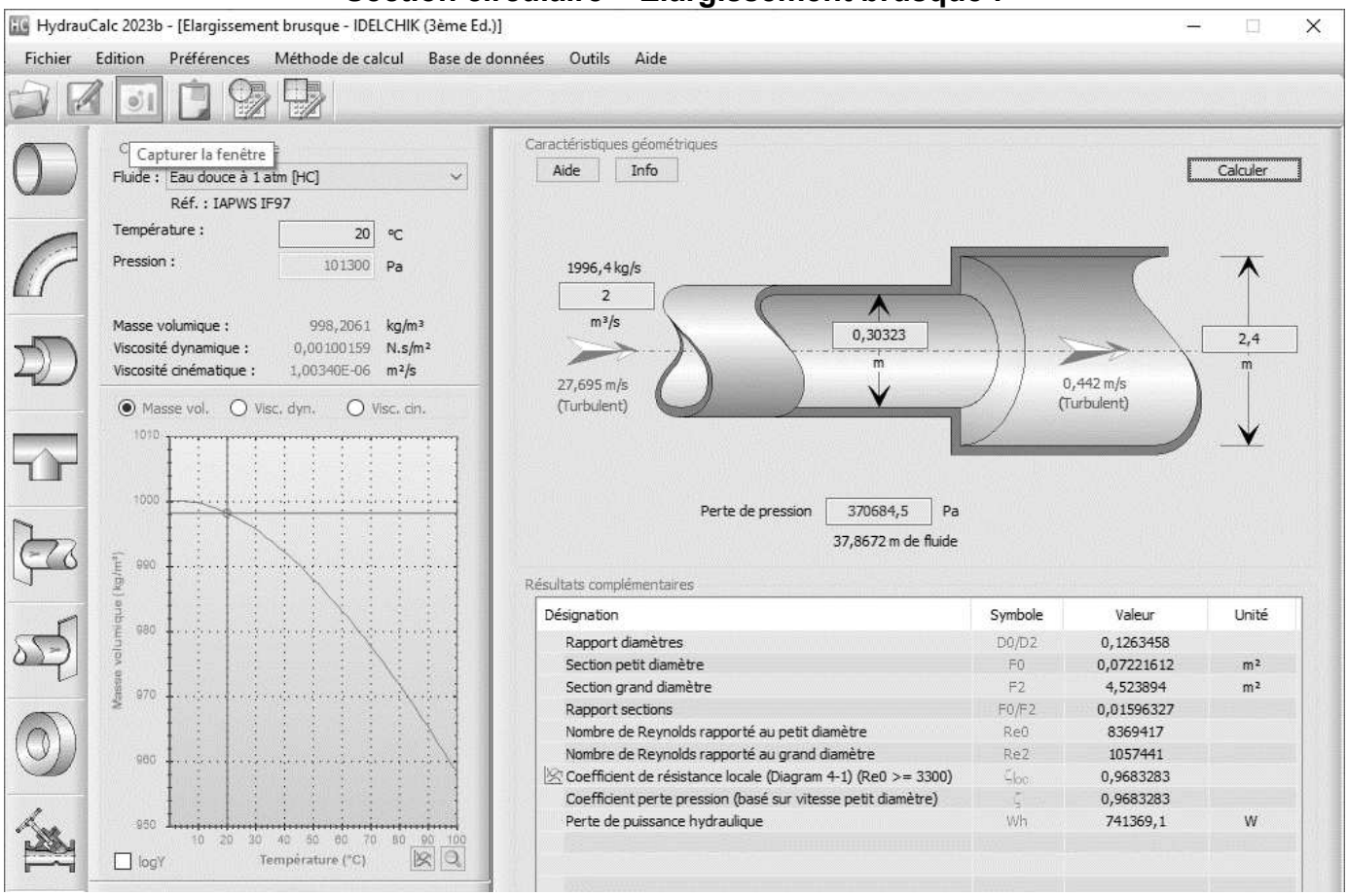
Coude progressif à section rectangulaire :



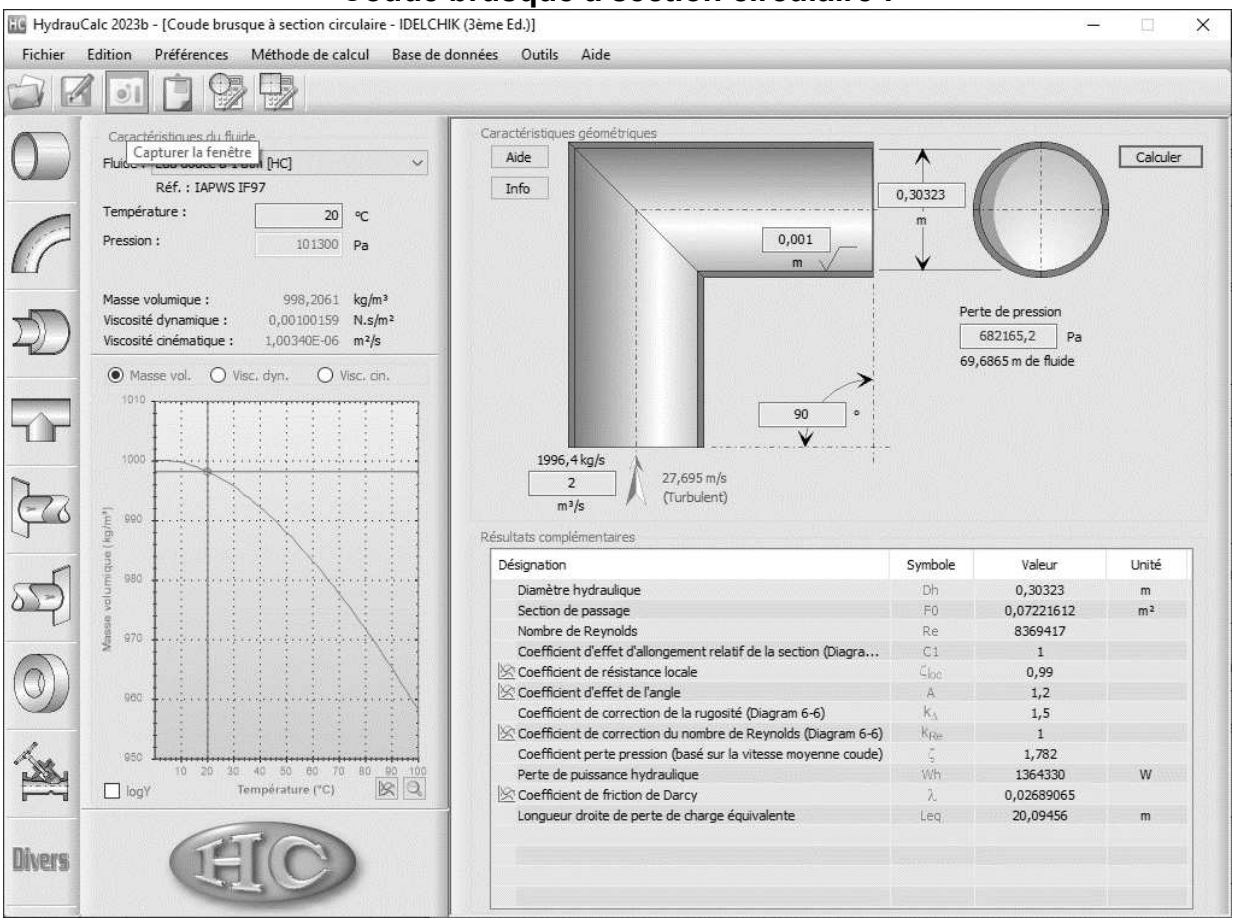
Coude progressif à section rectangulaire :



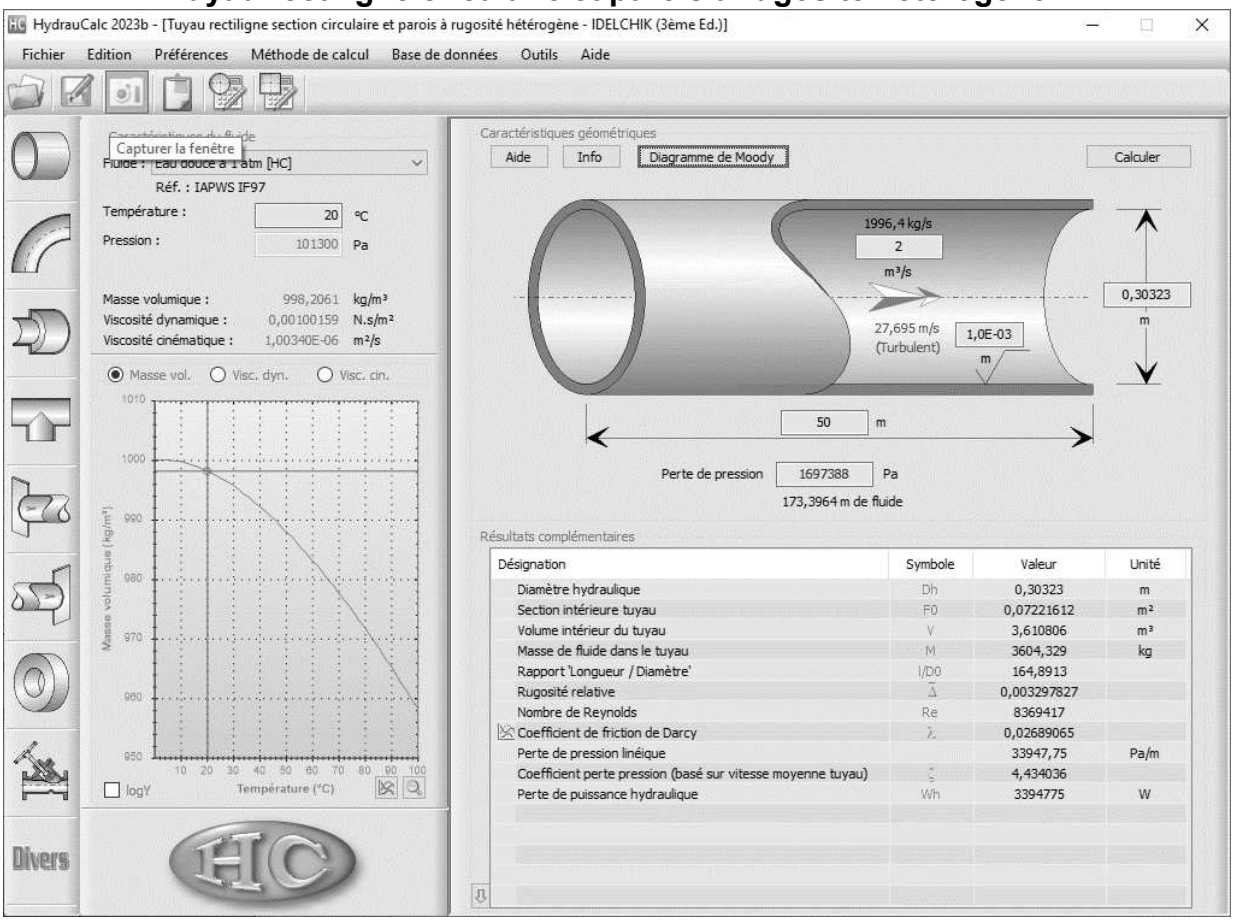
Section circulaire Elargissement brusque :



Coude brusque à section circulaire :



Tuyau rectiligne circulaire et parois à rugosité hétérogène :



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 pénéiculture ou l'ostréiculture
- 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

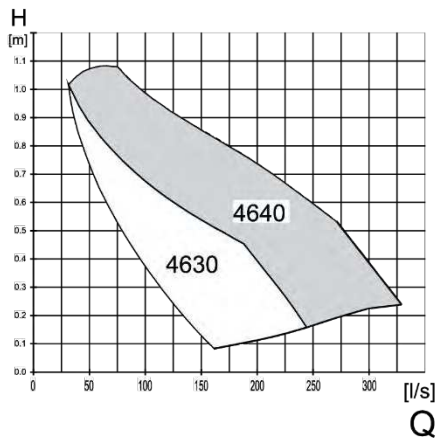


Schéma 1 : 4630, 4640

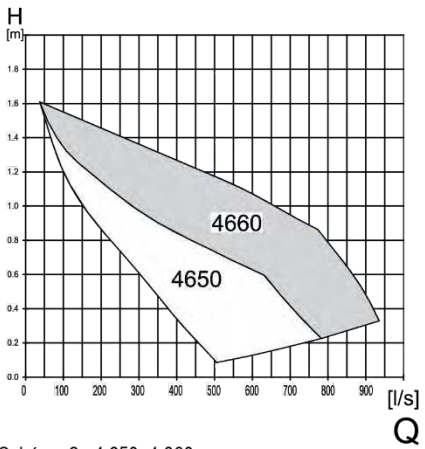


Schéma 2 : 4 650, 4 660

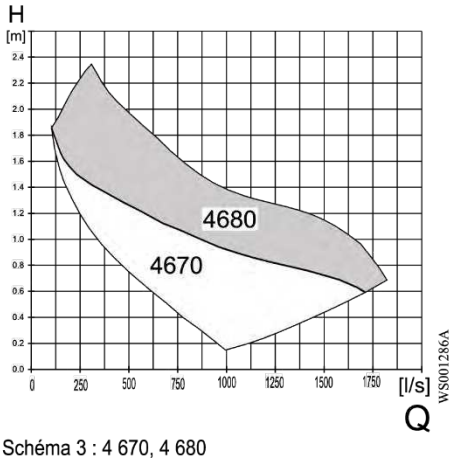
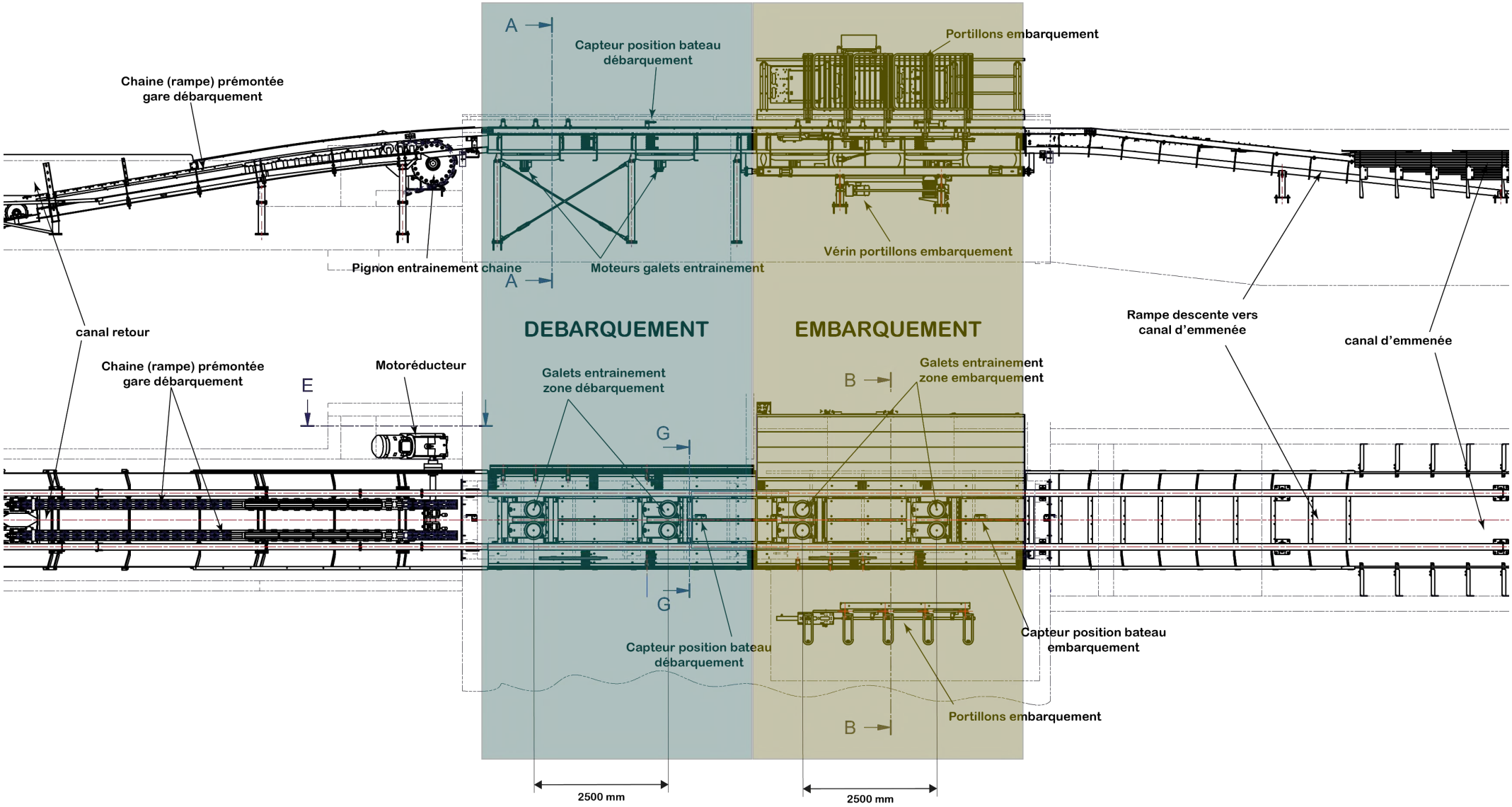
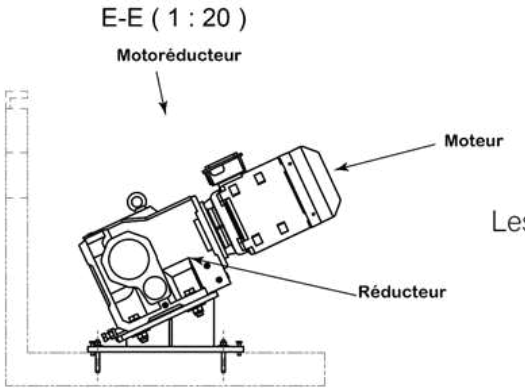


Schéma 3 : 4 670, 4 680

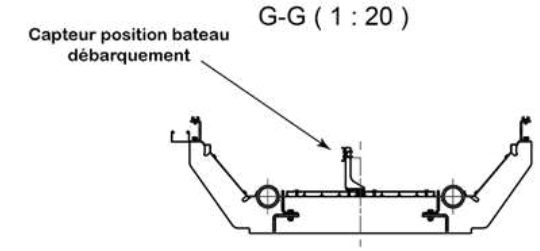

A
Capteur position bateau débarquement
Portillons embarquement
Chaine (rampe) prémontée gare débarquement
Pignon entrainement chaine
Moteurs galets entrainement
Vérin portillons embarquement
A
DEBARQUEMENT
EMBARQUEMENT
canal retour
Chaine (rampe) prémontée gare débarquement
Motoréducteur
E
Galets entrainement zone débarquement
B
Galets entrainement zone embarquement
Rampe descente vers canal d'emmenée
canal d'emmenée
G
G
Capteur position bateau débarquement
Capteur position bateau embarquement
Portillons embarquement
B
2500 mm
2500 mm

E-E (1 : 20)

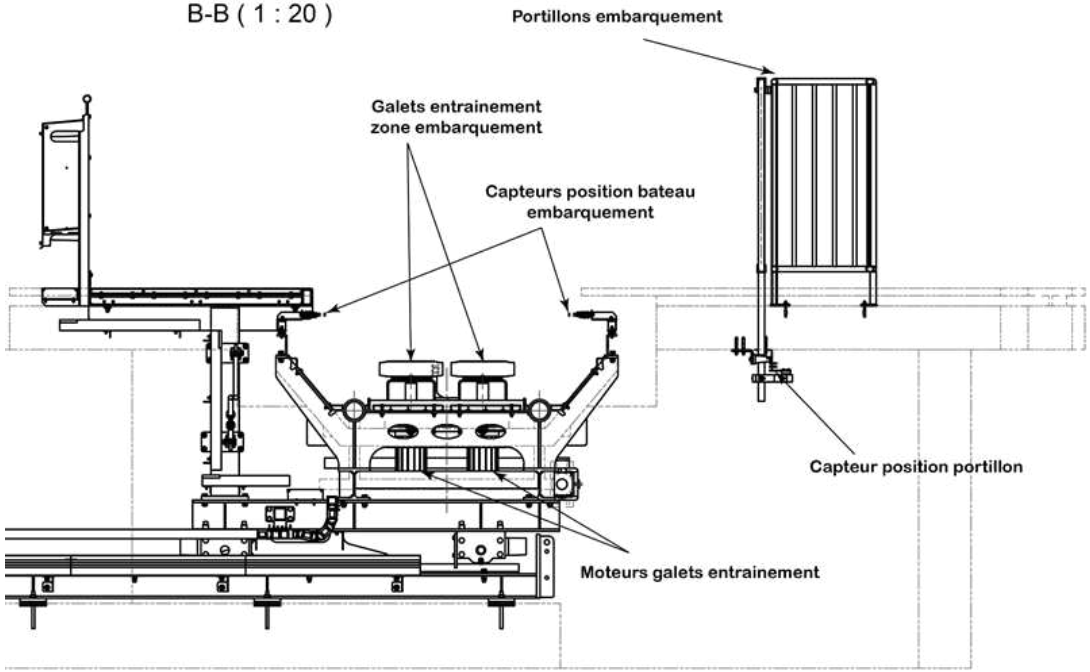


Les galets d'entrainement fonctionnement par paire de pneumatiques diamètre 400mm excentrés de 410mm

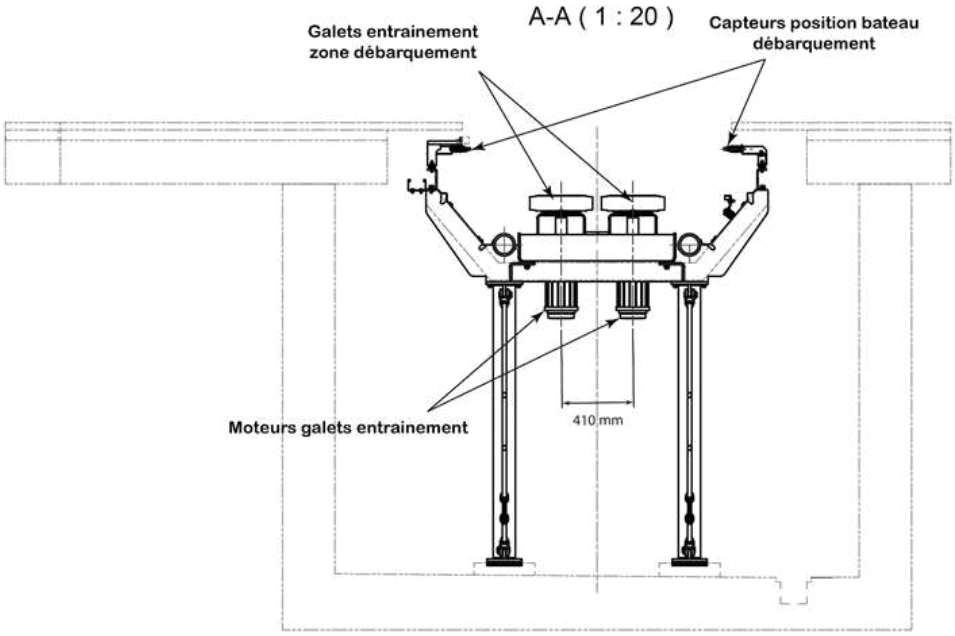
G-G (1 : 20)

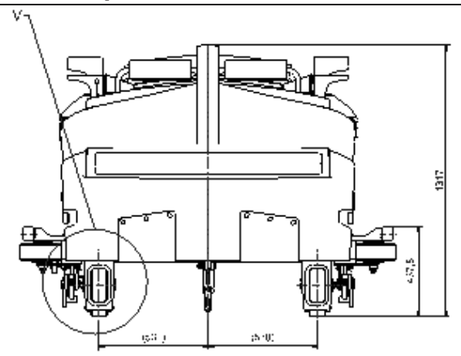


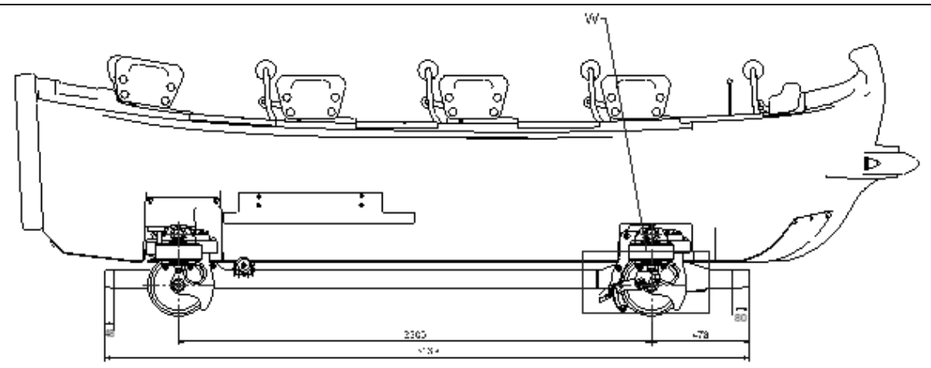
B-B (1 : 20)

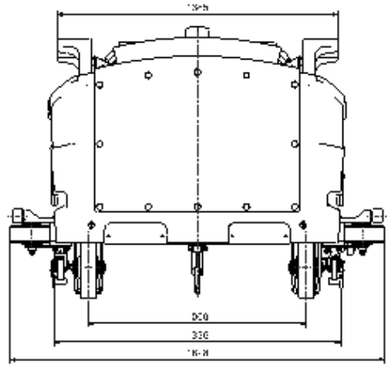


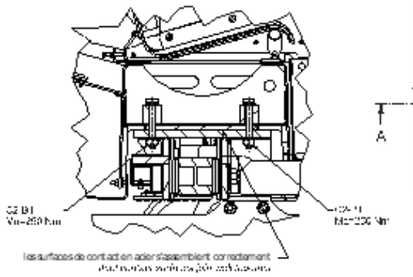
A-A (1 : 20)

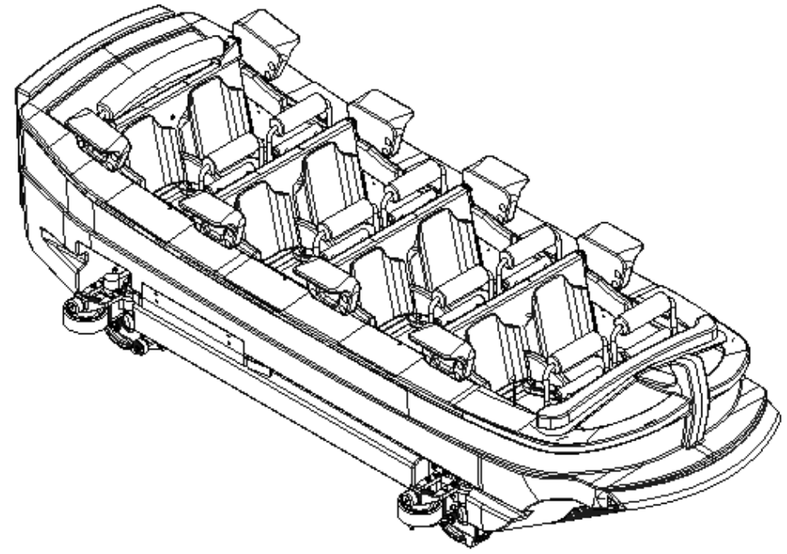


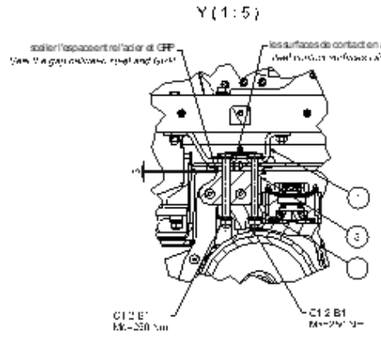

V
1317
X (1 : 5)

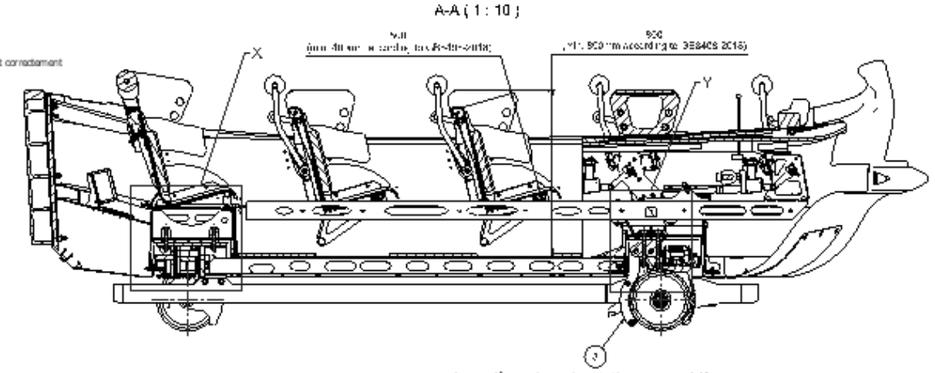

W
2360
478
4096
A
A
A-A (1 : 10)

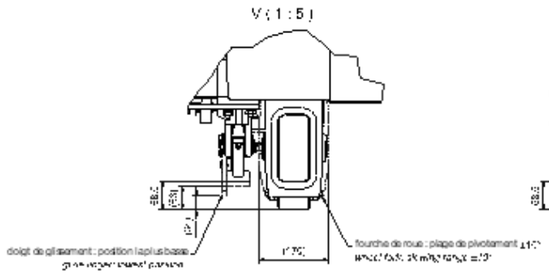

900
936

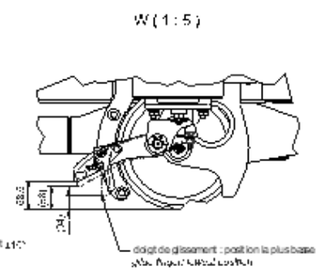

les surfaces de contact en acier s'assemblent correctement
Y (1 : 5)

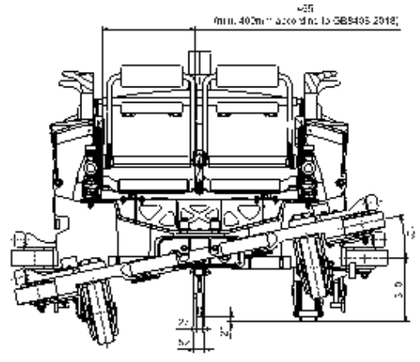



les surfaces de contact en acier s'assemblent correctement
C12 B1
C12 B1


X
Y
essieu arrière : plage de rotation max. ±14°
rear axle: slewing range max. ±14°

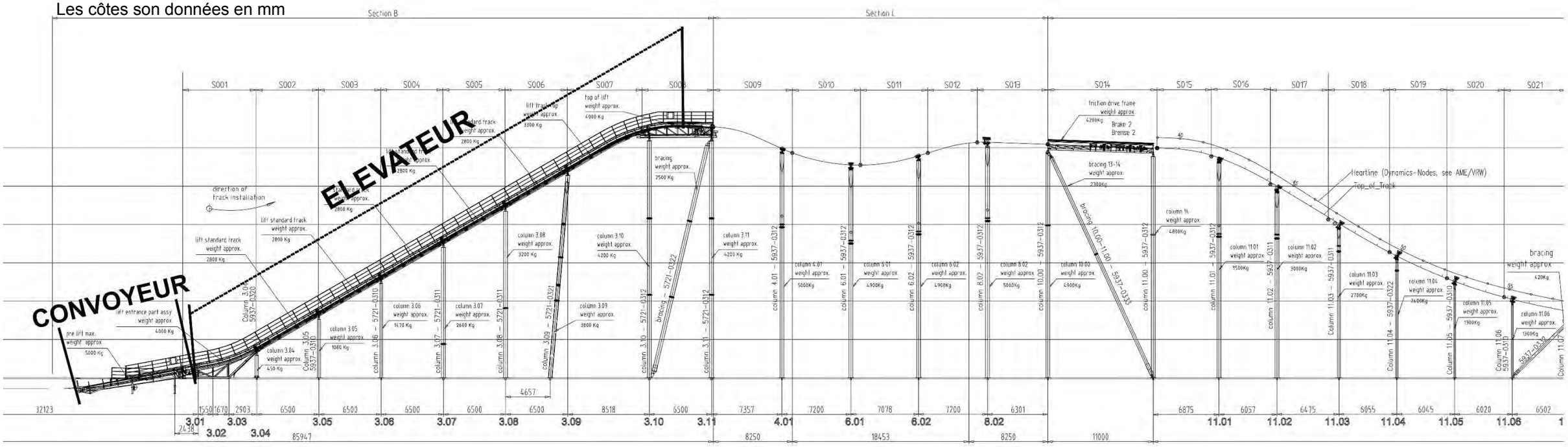

V (1 : 5)
doigt de glissement : position la plus basse
fourche de roue : plage de pivotement ±14°

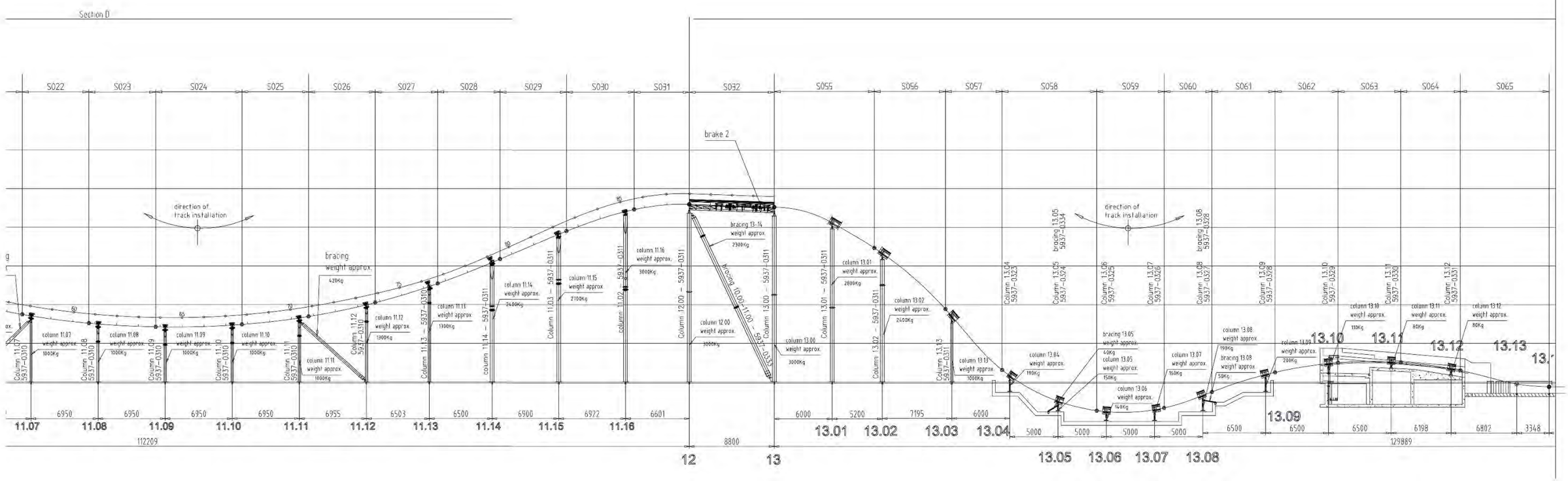

W (1 : 5)
doigt de glissement : position la plus basse

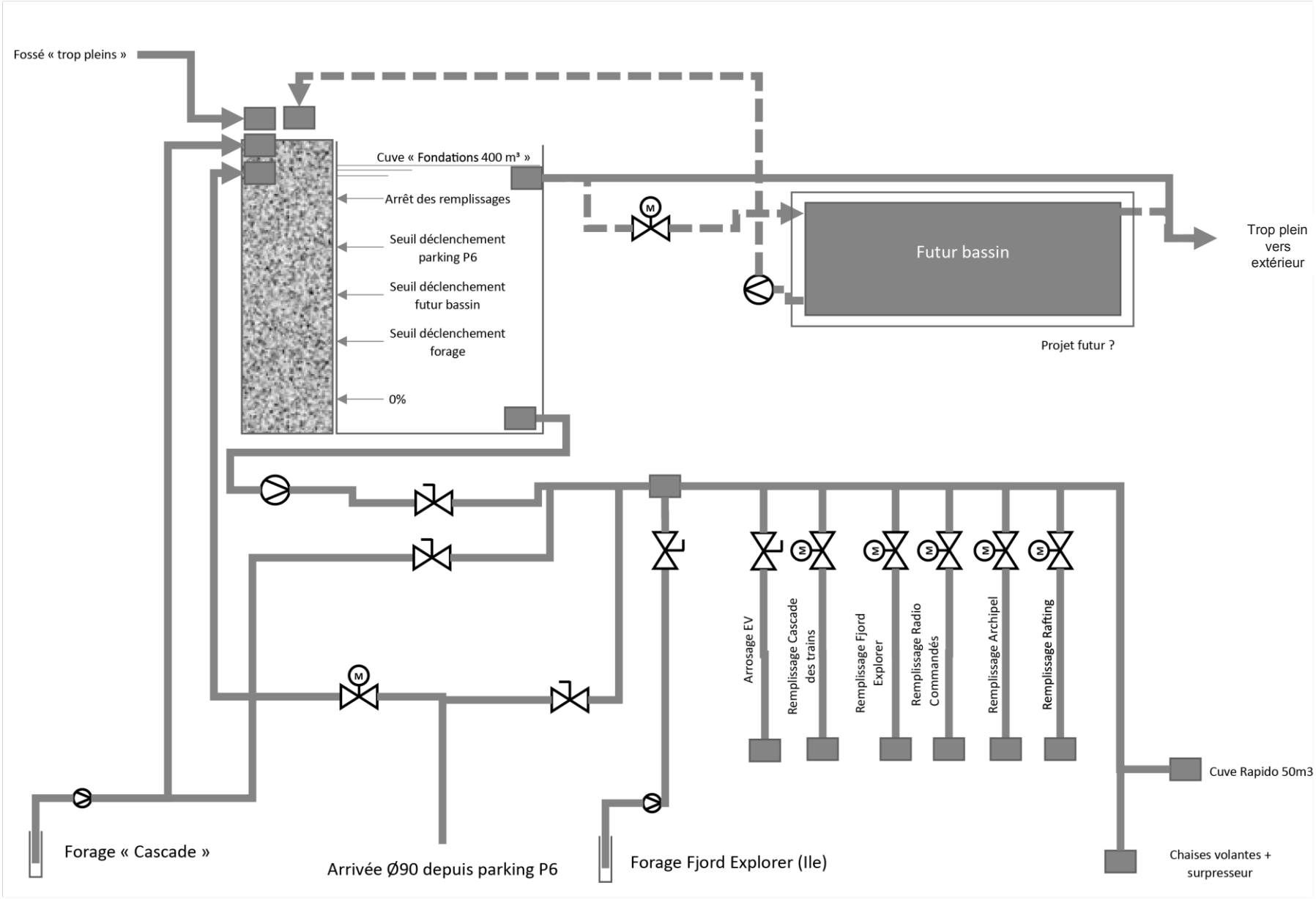


Document technique DT10 - Profil en long du FJORD EXPLORER

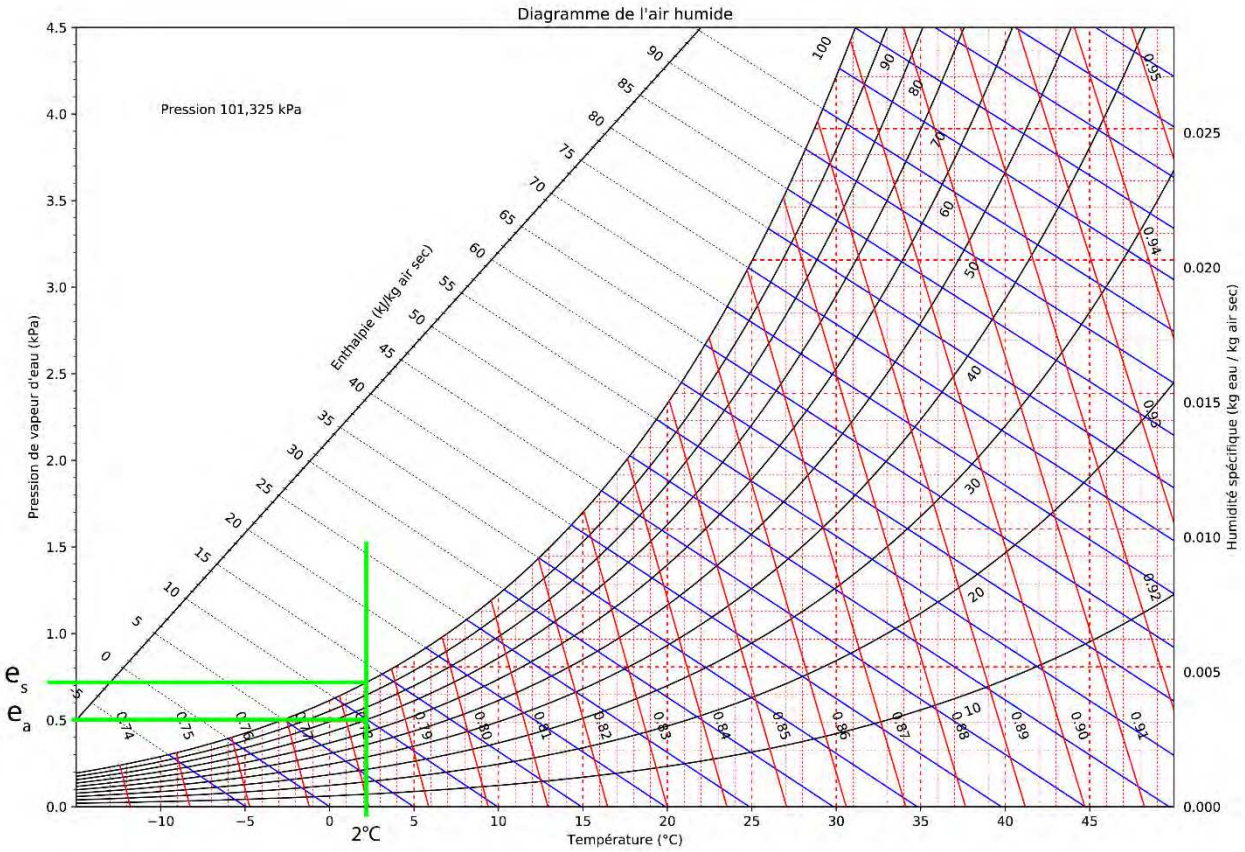
Les côtes son données en mm






Fossé « trop pleins »
Cuve « Fondations 400 m³ »
Arrêt des remplissages
Seuil déclenchement parking P6
Seuil déclenchement futur bassin
Seuil déclenchement forage
0%
Futur bassin
Projet futur ?
Trop plein vers extérieur
Arrosage EV
Remplissage Cascade des trains
Remplissage Fjord Explorer
Remplissage Radio Commandés
Remplissage Archipel
Remplissage Rafting
Cuve Rapido 50m3
Chaises volantes + surpresseur
Forage « Cascade »
Arrivée Ø90 depuis parking P6
Forage Fjord Explorer (Ile)

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



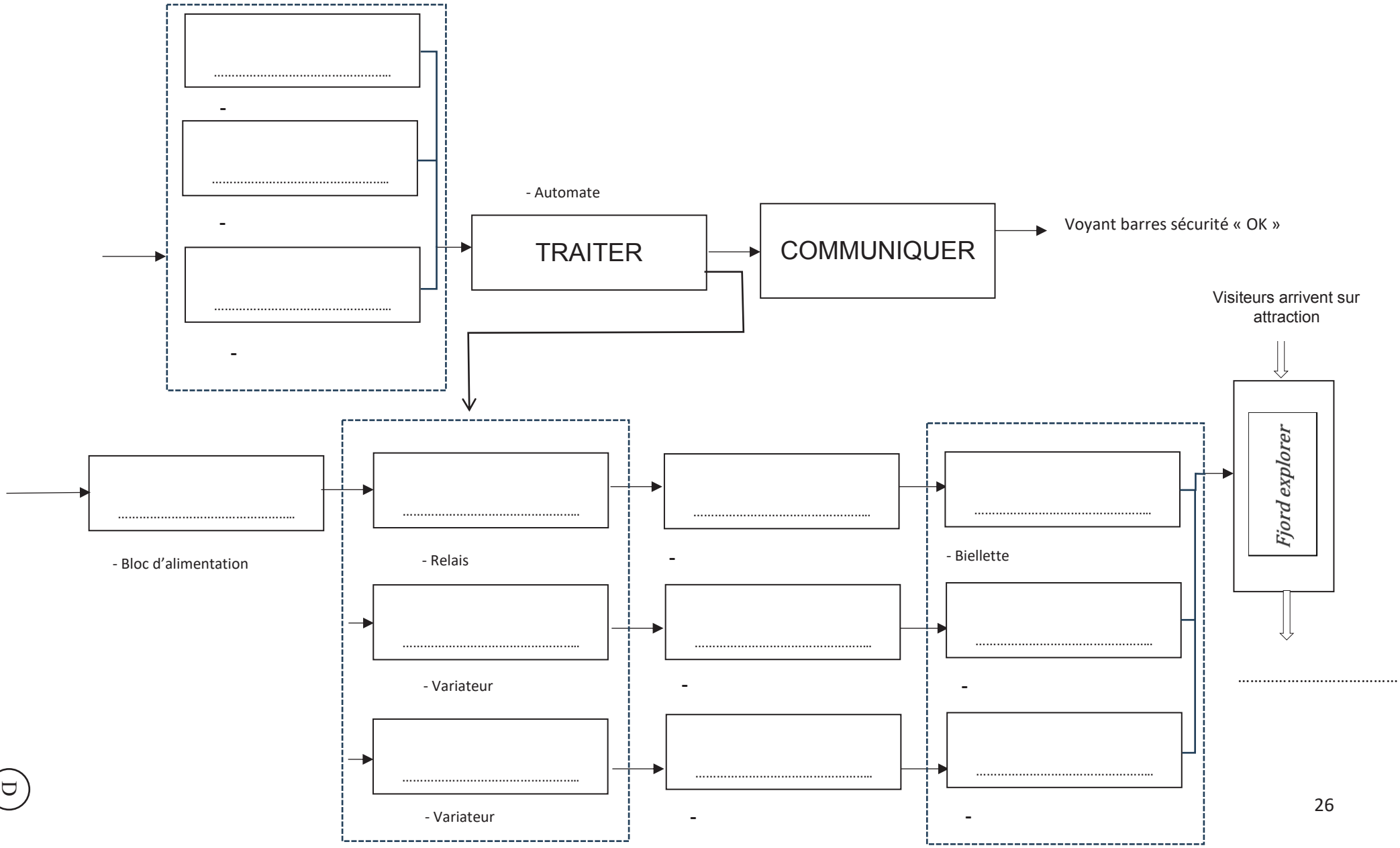
DT13 – Données météo

Tableau avec les moyennes mensuelles du rayonnement global en MJ/m²/jour pour le site du PAL :

Mois	**Rayonnement global (MJ·m⁻²·jour⁻¹)**
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

DR1 – Chaîne d'information et de puissance



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

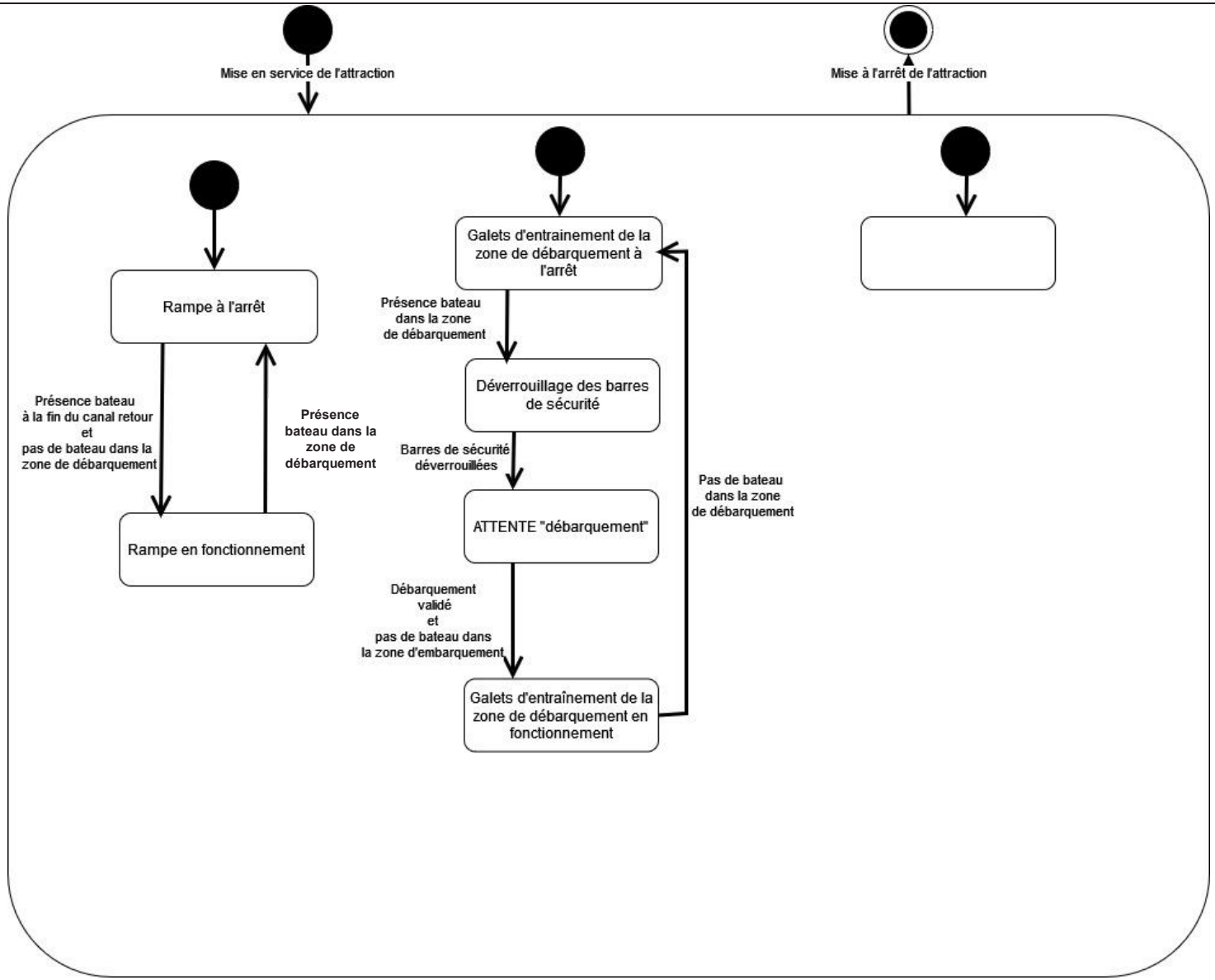
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR2 – Diagramme d'état



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

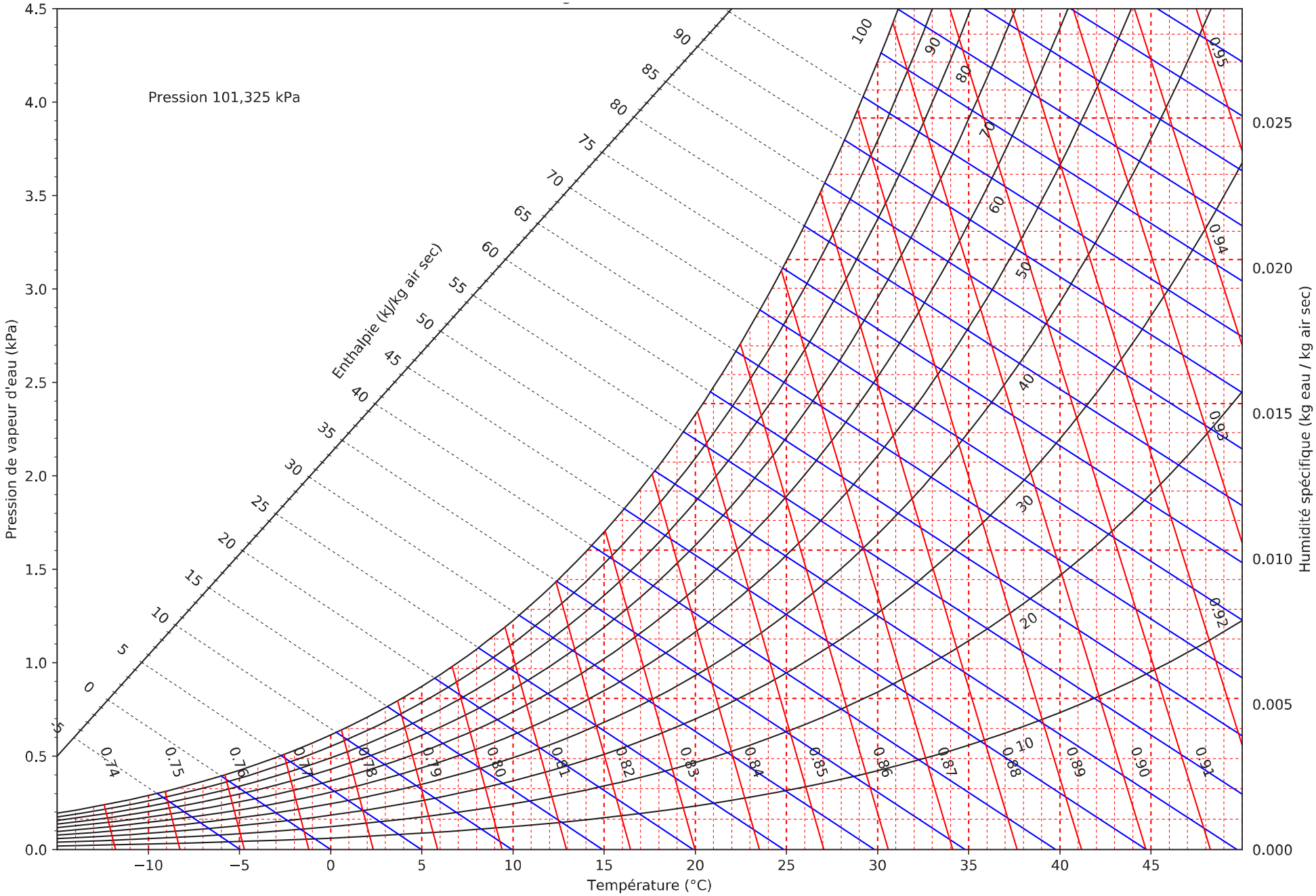
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

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



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

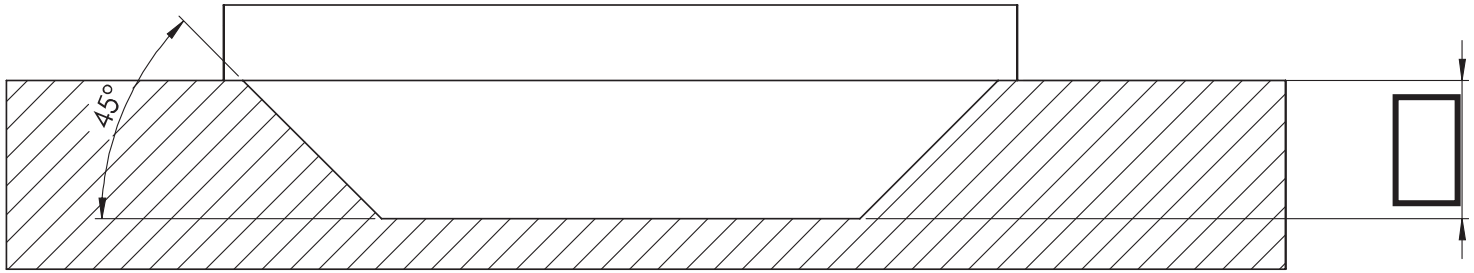
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

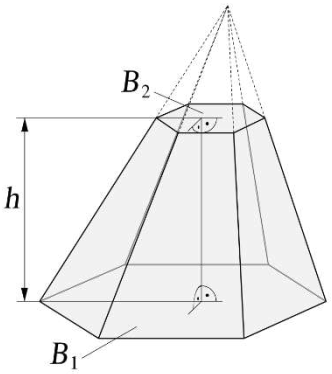
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

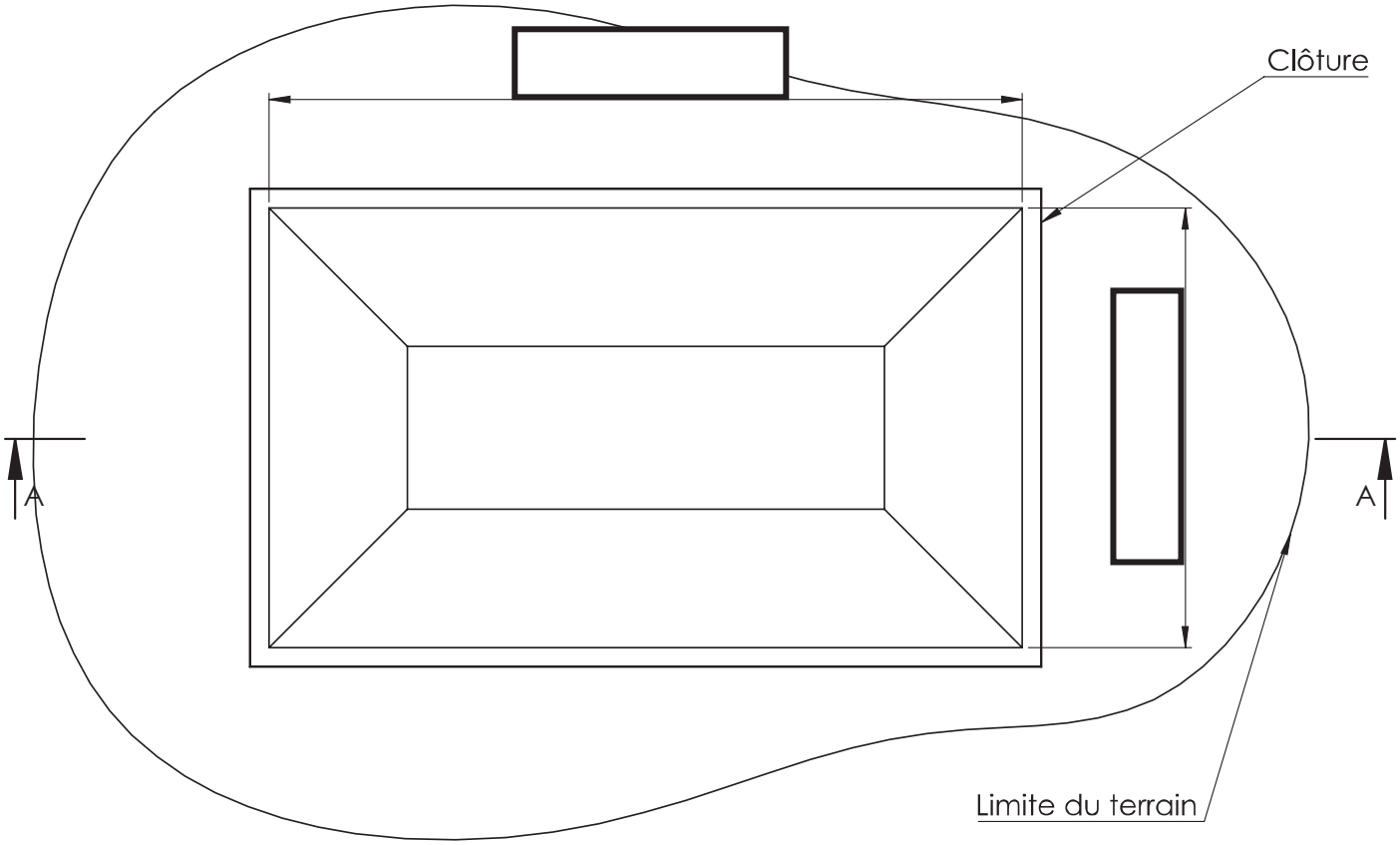
Né(e) le : / /

1.2

DR4 – Bassin supplémentaire







Rappel volume tronc de cône :

$V = h/3 \times (B_1 + \sqrt{B_1 \times B_2} + B_2)$

Justification :

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

PARTIE enseignement spécifique (2h)

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.*

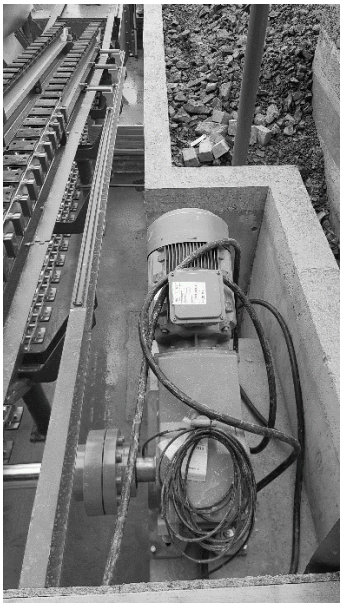


Figure 1 : Moteur de l'élévateur

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 He. **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 entrainant la chaîne d'élévation. **Déterminer** la vitesse angulaire Ω_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 connaitre 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 influer 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° (**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**)

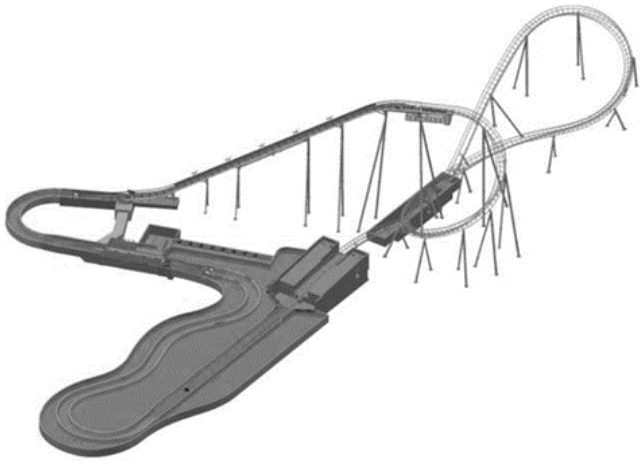
Question 37. **Calculer** la distance optimale x entre deux ombrières en se plaçant dans le cas le plus défavorable (solstice d'hiver). **Comparer** à la distance actuelle.

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 CO_2 évitée (360 $g \cdot kWh^{-1}$). Dans une démarche de développement durable, **conclure** sur l'intérêt d'installer des panneaux photovoltaïques dans le cadre du parc animalier.

Document technique DTS1 – Water coaster - Vue d'ensemble



Document technique DTS2 – Rampe de montée

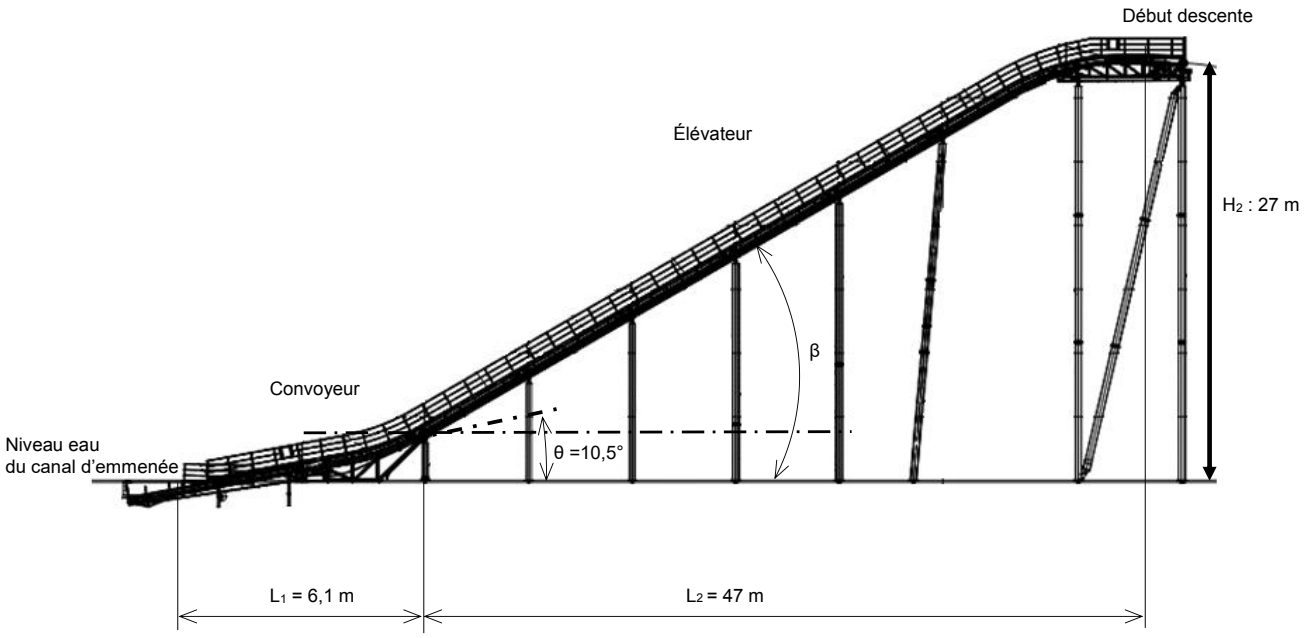
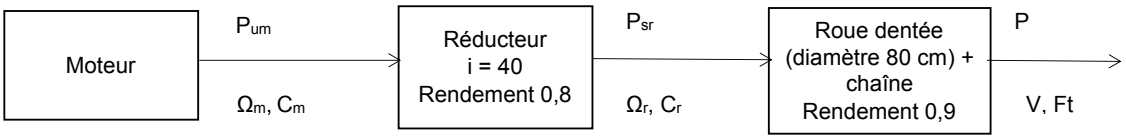


Schéma de la partie motoréducteur d'entraînement de l'élévateur :



NORD DRIVESYSTEMS



22,0 kW
30,0 kW

P_1 [kW]	n_2 [r/min]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	F_R [kN]	F_A	$F_{R\,VL}$ [kN]	$F_{A\,VL}$	Type	kg	mm
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	50	66,0	23,5			

P1= puissance utile n_2 = vitesse nominale M_2 = couple nominal F_b = facteur de marche i_{ges} = rapport de réduction
F_R = effort radial F_A = effort axial

30,0 kW

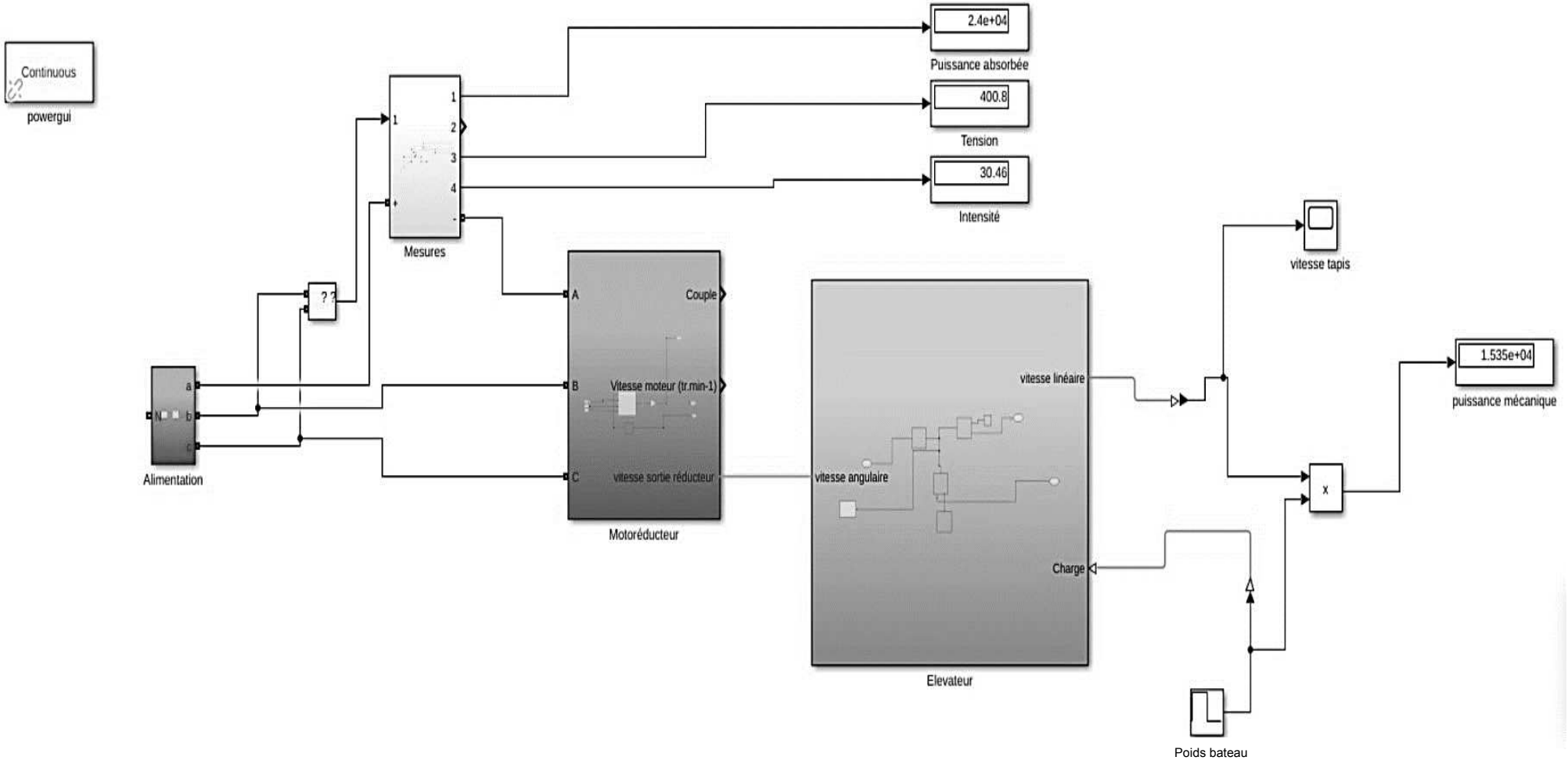




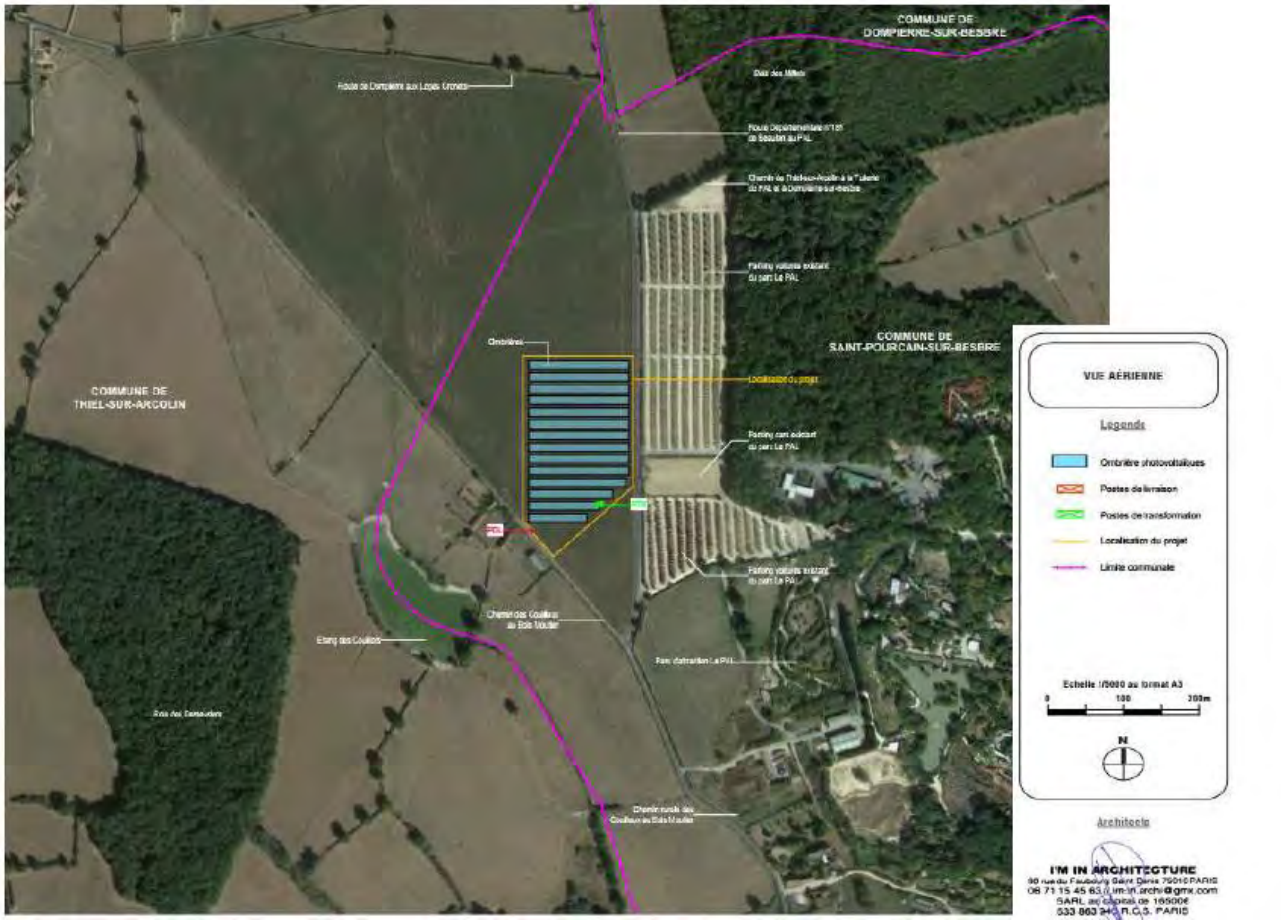
P_1 [kW]	n_2 [r/min]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	F_R [kN]	F_A	$F_{R\,VL}$ [kN]	$F_{A\,VL}$	Type	kg	mm
30,0	81	3544	2,2	18,29	43,0	50	66	23,8	SK 9072.1 - 225 RP/4	635	E124
	72	3972	2,1	20,61	43,6	50	66	24			
	66	4337	2,0	22,46	44,1	50	66	24,2			
	59	4868	1,7	25,24	44,6	50	66	24,3			
	51	5656	1,5	29,29	45,0	50	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					

Helical-bevel gear units

P1= puissance utile n_2 = vitesse nominale M_2 = couple nominal F_b = facteur de marche i_{ges} = rapport de réduction
F_R = effort radial F_A = effort axial

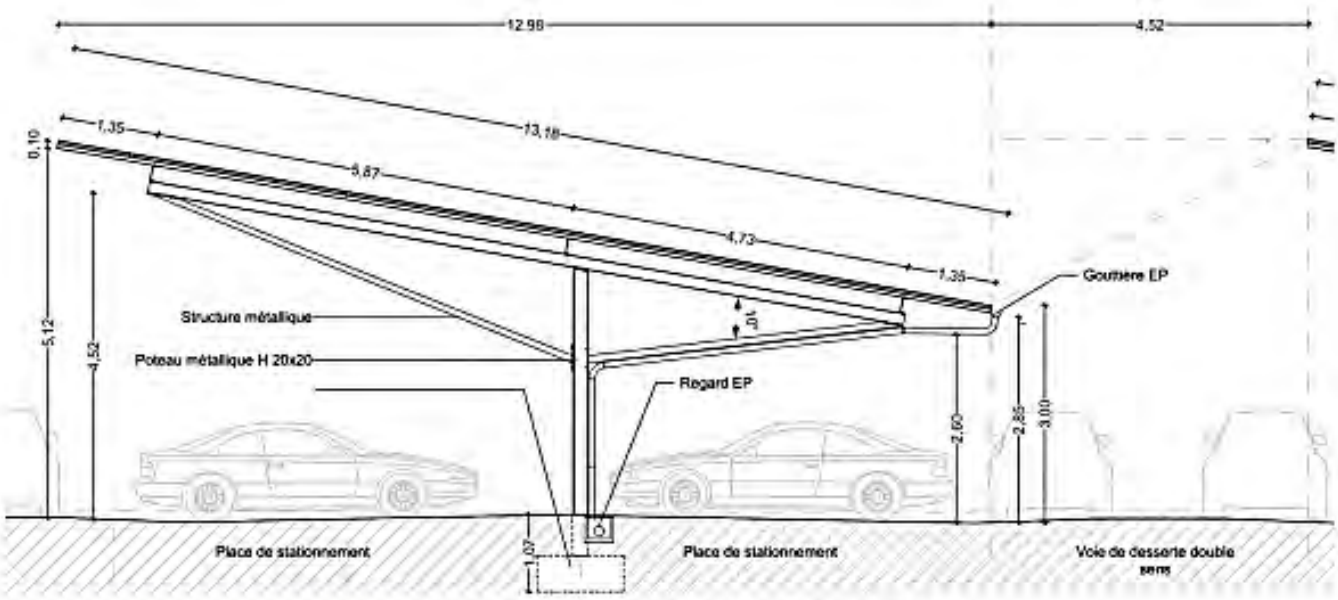

Continuous
powergui
2.4e+04
Puissance absorbée
400.8
Tension
30.46
Intensité
Mesures
vitesse tapis
1.535e+04
puissance mécanique
A
B
C
Couple
Vitesse moteur (tr.min-1)
vitesse sortie réducteur
Motoréducteur
Alimentation
vitesse linéaire
vitesse angulaire
Charge
Elevateur
x
Poids bateau

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

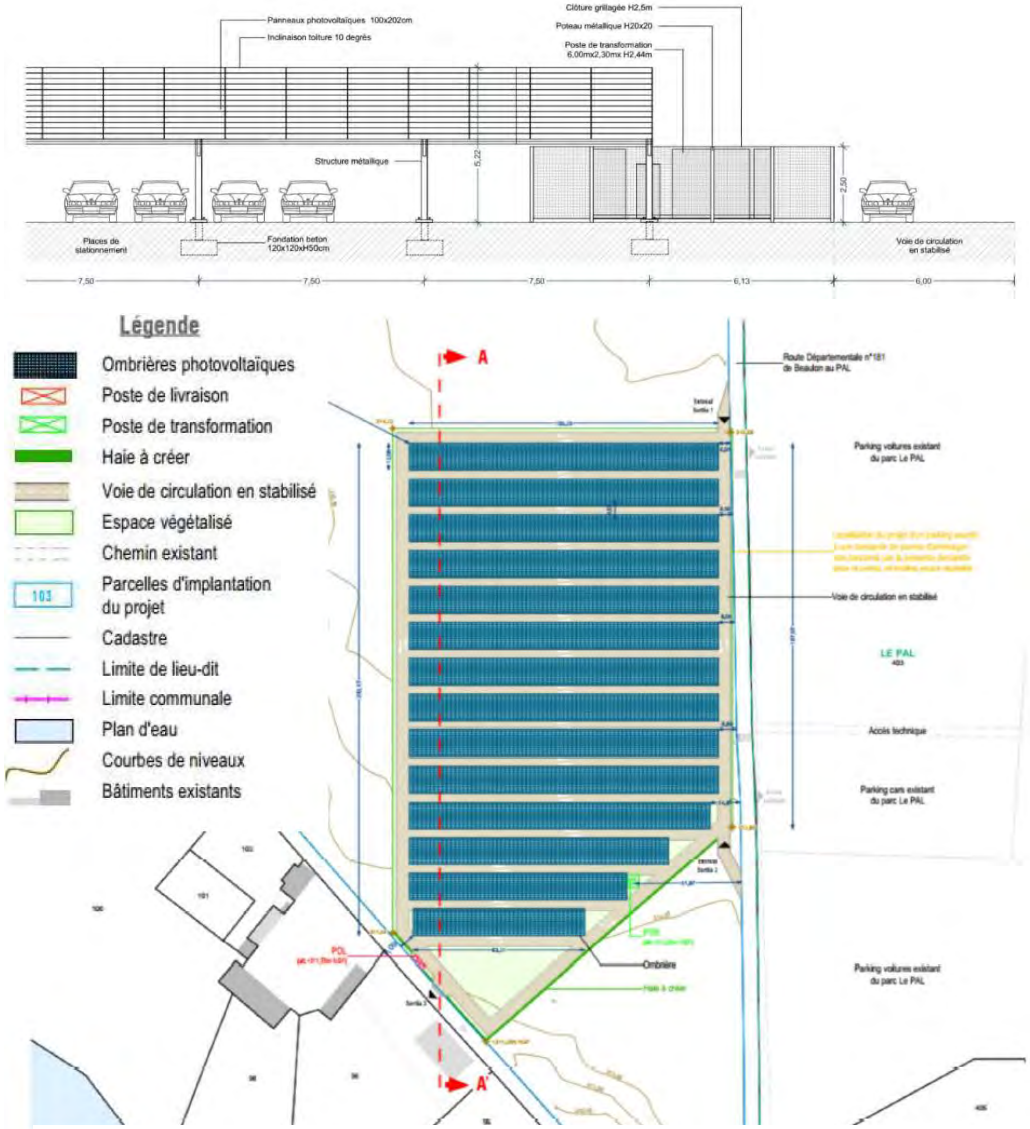
Réseau interne

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 boites 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

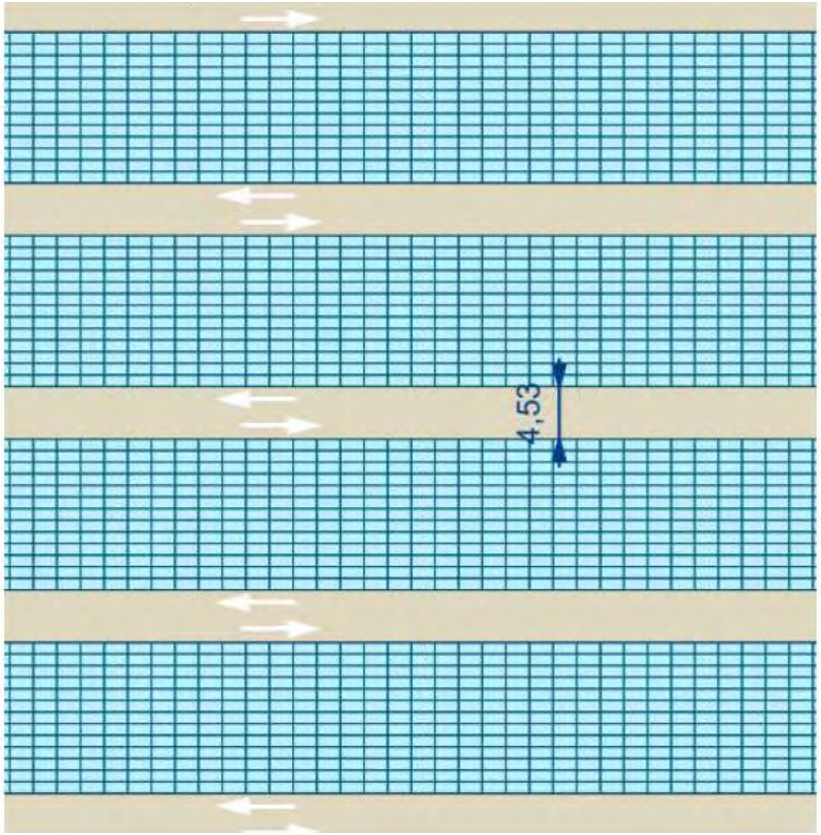
Le raccordement au réseau électrique national sera réalisé sous une tension de 20 000 Volts depuis le poste de livraison qui est l'interface entre le réseau public et le réseau propre aux installations.
Cet ouvrage de raccordement qui sera intégré au Réseau de Distribution fera l'objet d'une demande 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.



Plan de masse

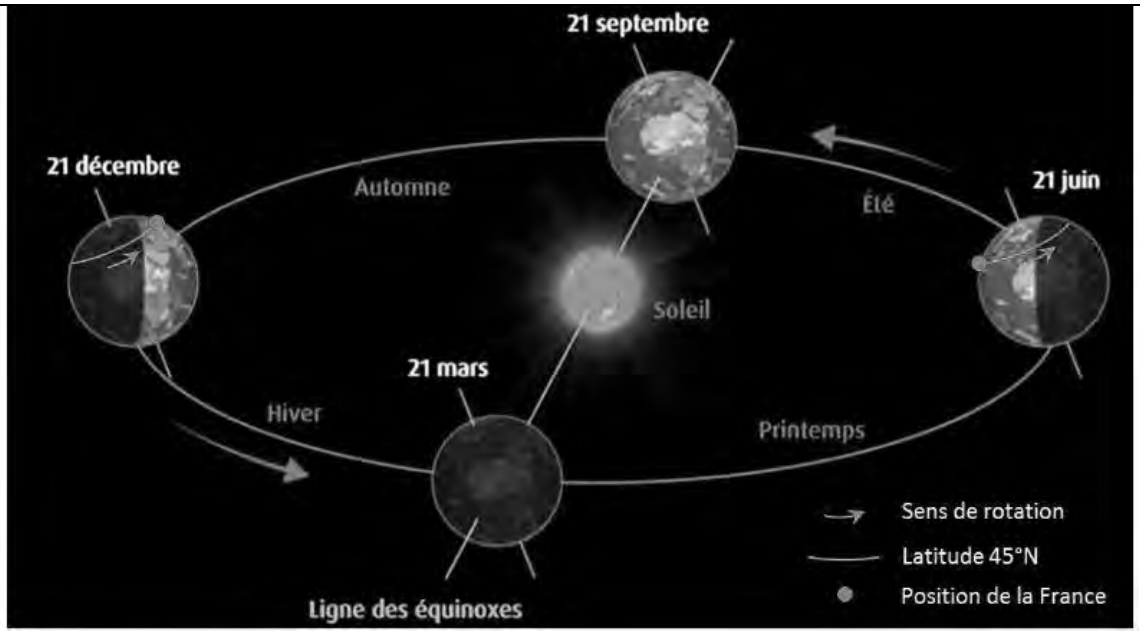
Ombrières photovoltaïques – structures porteuses

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.



Espacement des ombrières

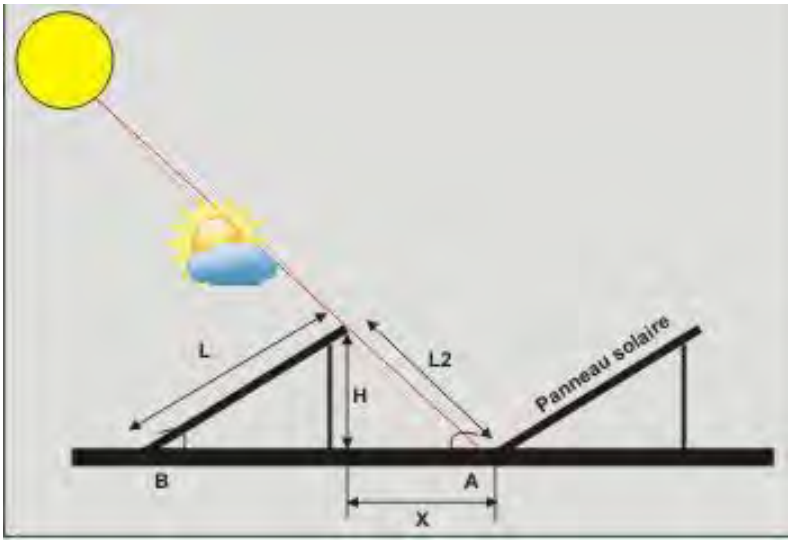
Document technique DTS8 – Inclinaison de la terre



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



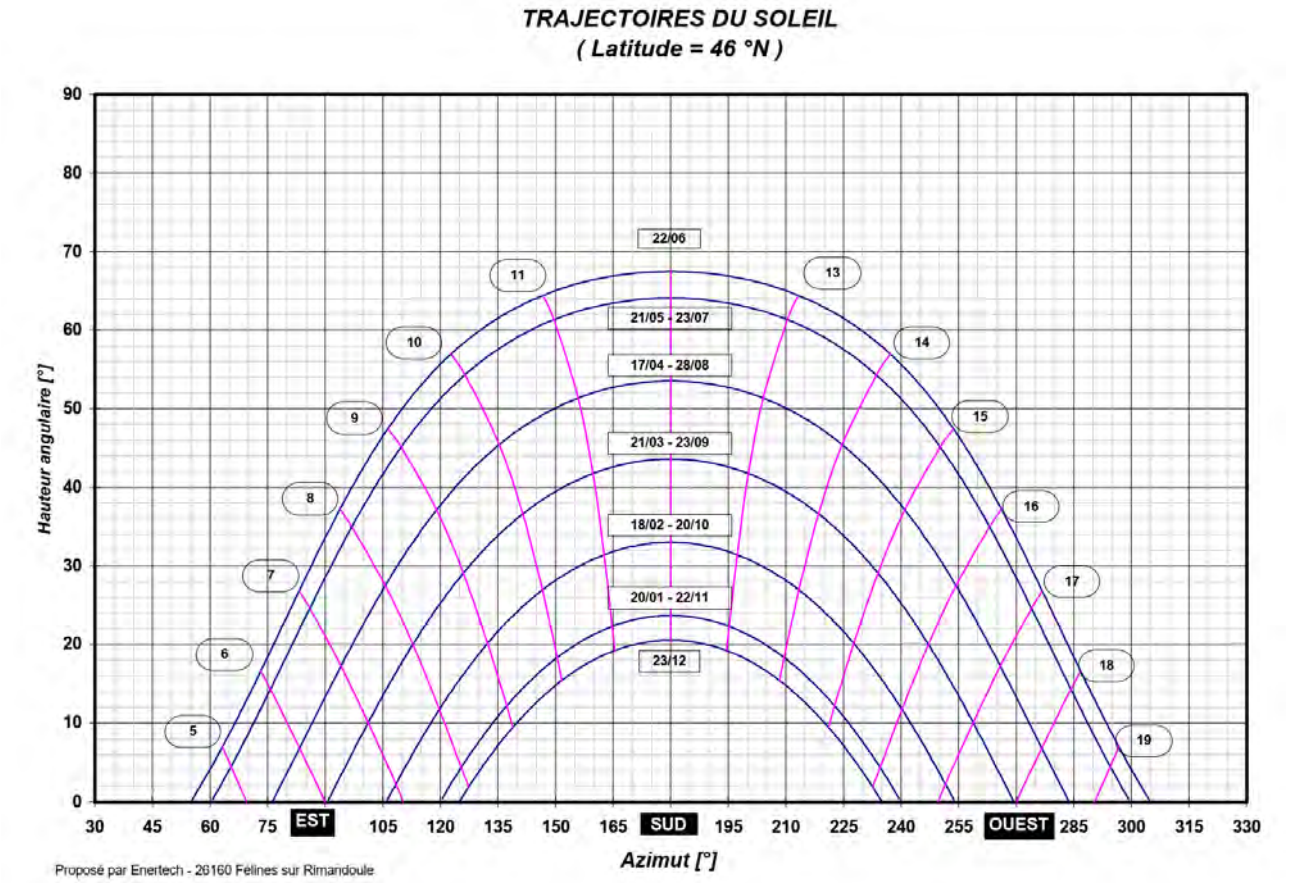
Au **solstice d'hiver** (le 21 ou 22 décembre), à midi (heure solaire) les rayons solaires sont perpendiculaires au **tropique du Capricorne**. La hauteur du Soleil (angle en A) à midi dans l'hémisphère nord s'obtient :
HA = 90 − LT − 23,26 (LT = Latitude).

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 ($kWh \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$).

Document technique DTS10 – Trajectoire du soleil



Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.