

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2021

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

Durée de l'épreuve : **4 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 34 pages numérotées de 1/34 à 34/34.

Constitution du sujet :

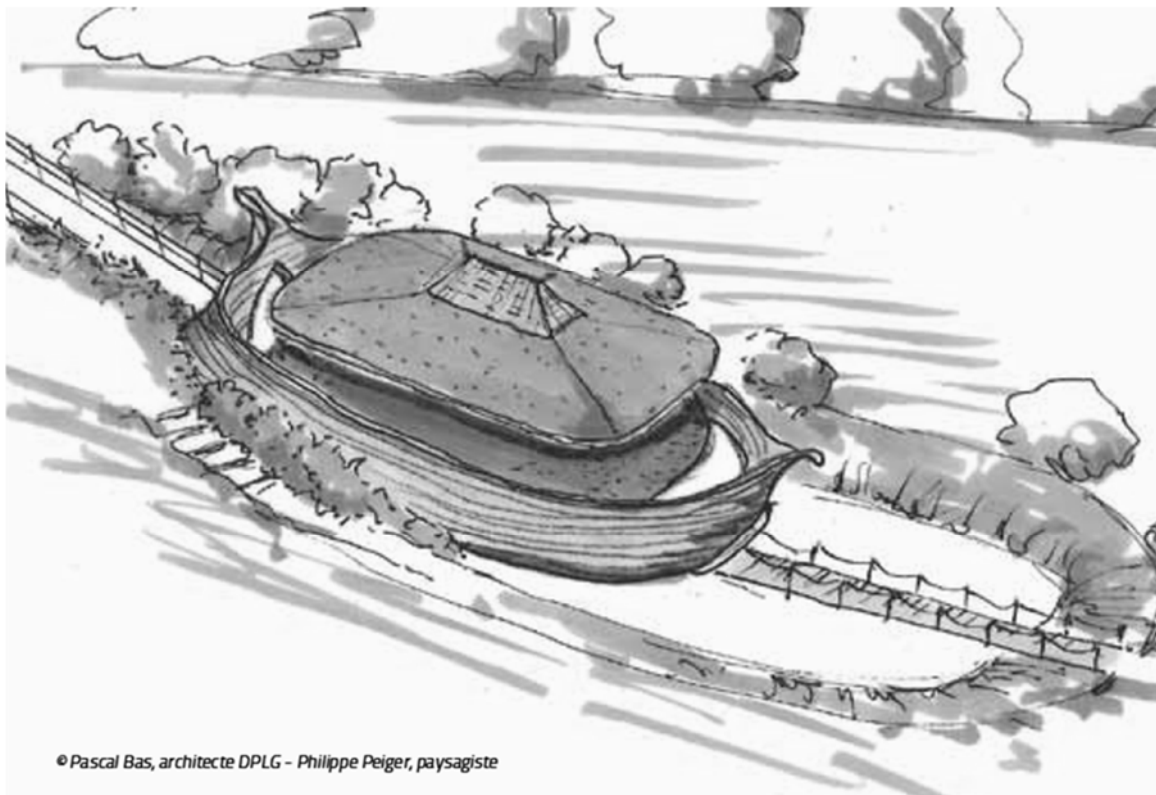
Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet. Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

L'Arche des petites bêtes du zoo de Thoiry



- **Présentation de l'étude et questionnement** pages 3 à 10
- **Documents Techniques** pages 11 à 20
- **Documents Réponses** pages 21 à 22

Mise en situation

Le **Zoo Safari de Thoiry** est un parc zoologique proche de Paris accueillant plus de 1500 animaux sur environ 150 hectares du domaine du château de Thoiry. Ceci en fait le deuxième parc le plus étendu en France et le douzième en nombre de visiteurs avec plus de 400 000 entrées chaque année.

Il se décompose, de façon originale, en 3 sections spécifiques :

- le **château et ses jardins botaniques** (classés et labellisés « jardin remarquable » par le Ministère de la Culture) ;
- le **Safari** ;
- le **zoo** classique abritant 750 animaux pour la plupart appartenant à des espèces protégées.

Le parc organise de nombreuses visites et ateliers pédagogiques, notamment pour les enfants de tous âges, encadrés par des animateurs et des soigneurs. Environ 13 000 élèves de primaire et de collège bénéficient de ces stages visant à la compréhension de la nature et des animaux chaque année.

L'Arche des petites bêtes

Inauguré en 2012 dans la section zoo, ce nouveau bâtiment a été imaginé afin de servir de refuge à des animaux moins impressionnants que ceux de la jungle, mal connus, mais parfois bien plus importants pour la biodiversité mondiale. Les « petites bêtes » ont été sélectionnées parmi une soixantaine d'espèces originales (*grenouille mousse*, *mygale à genoux rouges du Mexique*, *caméléon panthère*, *lézard à casque*, *méduse lune...*).



Vue aérienne de l'entrée de l'Arche des petites bêtes dans son environnement.

L'Arche des petites bêtes a été conçue pour répondre à 3 objectifs.

- Être un centre d'élevage et de conservation pour les espèces d'invertébrés et d'amphibiens menacés

Le bâtiment sert de refuge, de nurserie et de lieu de reproduction pour des animaux rares et en voie d'extinction. Symboliquement, la structure choisie est celle d'un immense vaisseau de bois de 500 m².

- Être une structure pédagogique et ludique permettant de sensibiliser le public à la conservation de la biodiversité et au développement durable

« Le visiteur [...] est invité à suivre un cheminement traversant cinq zones différentes qui le mènent de l'ombre à la lumière, tant physiquement que sur le plan de la réflexion scientifique et philosophique. Durant sa visite, il passe ainsi successivement par une étape de constat (menaces pesant sur la nature), par le temps de la découverte (merveilles de la nature), par le stade de l'obscurantisme (peur de la nature), par une phase d'observation (connaissance de la nature) pour enfin parvenir aux solutions (préservation de la biodiversité). » Extrait du dossier de presse.

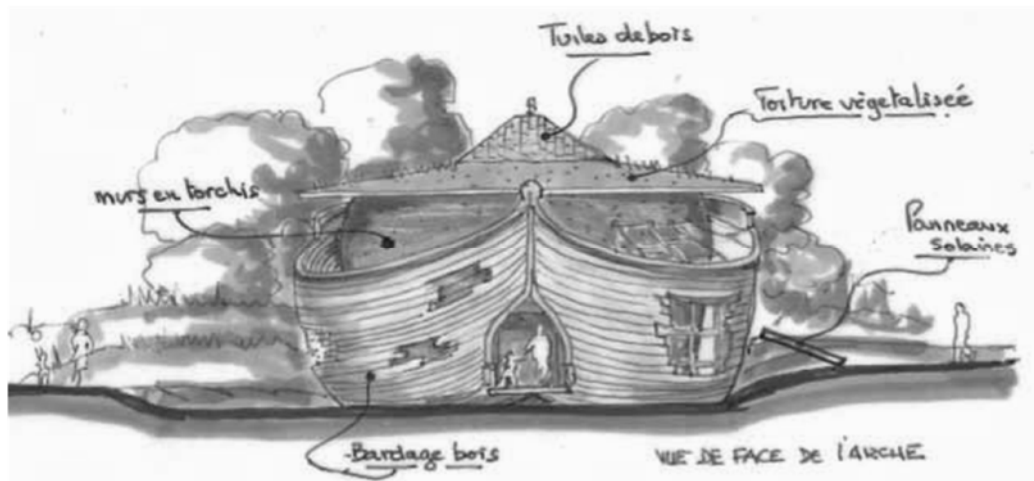
L'ensemble de la structure est, de plus, conçue pour un accès intégral aux personnes à mobilité réduite dans un esprit et un design totalement innovant pouvant attirer un public en grand nombre.

- Être une éco-construction minimisant son impact sur l'environnement

« Edifiée avec des matériaux renouvelables et/ou recyclables, l'infrastructure répond au cahier des charges des bâtiments bioclimatiques : isolation très performante et inertie thermique, orientation et récupération des eaux de pluie, filtration de l'eau... De plus, l'Arche des petites bêtes a été bâtie avec des matériaux locaux. Ceux-ci présentent l'avantage d'avoir nécessité peu ou pas de transport (terre de la toiture), ou d'être d'un faible coût énergétique à la production (bois de la charpente), ou encore d'être en grande partie recyclables (béton de chanvre des murs) [...].

Le toit végétalisé favorise l'intégration paysagère mais rend aussi à la faune et à la flore locales la surface au sol affectée au bâtiment». Extrait du dossier de presse.*

** Ne pas gêner les perspectives depuis le parc classé par un bâtiment trop visible.*



Travail demandé

Problématique générale : Comment l'arche des petites bêtes s'inscrit-elle dans une démarche de développement durable ?

Inscription dans une démarche de développement durable

Question 1.1 | **Identifier**, à partir des textes de présentation et du diagramme des exigences du DT1, pour chacun des 3 piliers du développement durable :

Mise en situation

DT1

- 1 argument inscrivant le projet de l'arche dans une démarche environnementale.
- 1 argument inscrivant l'arche dans une démarche sociétale.
- 1 argument inscrivant l'arche dans une démarche économique.

béton de chanvre poteau porteur

Partie 1 : Comment inscrire les matériaux choisis dans une démarche de développement durable ?

Structure porteuse

La structure porteuse du toit du bâtiment est construite en poteaux de bois lamellé-collé (voir DT2). L'étude porte sur les 12 poteaux de la face externe. Ceux-ci mesurent 5,9 m de haut, ont une largeur à leur base de 0,5 m et à leur sommet de 1 m.

Le DT3 présente une étude éco-environnementale comparative entre la solution finalement choisie (bois et assemblage de provenance locale) et une solution en acier 5 fois plus résistant, permettant l'emploi d'une épaisseur plus fine, mais d'une provenance plus éloignée.



Photo montrant un poteau porteur et les parois en béton de chanvre durant la construction

Question 1.2 | **Estimer**, pour les 2 matériaux envisagés, les valeurs de l'énergie totale dépensée dans le cycle de vie d'un poteau puis de l'équivalent en kg de CO2 total rejeté, à l'aide des données du DT3.

DT3

Question 1.3 | **Calculer** en pourcentage, dans le cas d'un poteau en acier, la part du transport dans l'énergie totale dépensée dans le cycle de vie puis dans l'équivalent en kg de CO2 total rejeté, à partir du DT3.

DT3

La part du transport pour la solution en bois est quasiment nulle.

Justifier l'intérêt de l'emploi de matériaux locaux.

Question 1.4 | **Calculer** le rapport énergie totale acier / énergie totale bois, à partir du
DT3. **Calculer** ensuite le rapport équivalent en kg de CO₂ total acier /
équivalent en kg de CO₂ total bois, toujours à partir du DT3.
Justifier à l'aide de ces rapports le choix de la structure bois issue
d'une production locale.

Matériau isolant sur les parois

Les parois de l'arche ont été conçues afin d'assurer l'isolation thermique maximale du bâtiment, les « petites bêtes » vivant dans des univers spécifiques. Elles doivent également garantir la résistance mécanique, la rigidité et la sécurité des personnes. Le choix s'est porté sur un matériau composite et écologique, le béton de chanvre, obtenu par mélange d'un granulats léger d'origine végétale (le chanvre) et d'un liant minéral (la chaux). Comme tout végétal, le chanvre absorbe et stocke du CO₂ pendant sa phase de croissance.

Le DT4 donne certaines performances du béton de chanvre pertinentes pour notre étude.

Question 1.5 | **Expliquer** pourquoi le béton de chanvre est un bon compromis pour
DT4 | assurer l'isolation thermique et garantir la résistance des parois, en
vous appuyant sur les données du DT4.

Le béton de chanvre n'est pas la solution traditionnellement choisie par les constructeurs pour ce type de parois. Le Document Technique DT5 présente une comparaison entre le béton de chanvre et d'autres solutions d'un point de vue environnemental.

Question 1.6 | **Relever**, sur le DT5, la valeur de CO₂ émis par le béton de chanvre
DT5 | durant son cycle de vie.
Expliquer pourquoi cette valeur est négative.
Conclure quant aux choix de l'architecte vis-à-vis des critères
environnementaux pour la réalisation des parois.

Partie 2 : Comment respecter la réglementation thermique en vigueur ?

La technique du béton projeté utilisée pour la mise en œuvre du béton de chanvre permet d'obtenir la courbure esthétique de la face externe, voulue par l'architecte. L'épaisseur des murs en béton de chanvre n'est donc pas constante.

Question 2.1 | **Relever** les épaisseurs minimale et maximale des murs, données sur les plans du DT6 (coupe AA). **Calculer** l'épaisseur moyenne

DT6

DR1

$$e_{\text{moy}} = (e_{\text{max}} + e_{\text{min}}) / 2.$$

Compléter les cases correspondant à l'épaisseur moyenne e_{moy} du béton de chanvre et de l'enduit de chaux sur le DR1.

Question 2.2 | **Calculer** les résistances thermiques des couches de béton de chanvre et d'enduit de chaux en utilisant le DT7. **Indiquer** ces valeurs sur le DR1.

DT7

DR1

Question 2.3 | **Identifier** les valeurs des résistances superficielles extérieures et intérieures d'une paroi verticale en utilisant le DT8. **Indiquer** ces valeurs sur le DR1.

DT8

DR1

Calculer la résistance thermique totale de la paroi. **Indiquer** cette valeur sur le DR1.

Question 2.4 | **En déduire** le coefficient de transmission thermique U_P de la paroi sur le DR1 et **vérifier** que la réglementation U_{max} est respectée.

DT7

DR1

On donne la longueur totale des murs : **88,77m** et on néglige, pour le calcul, les diverses ouvertures du bâtiment.

Question 2.5 | **Relever** la hauteur des murs en béton de chanvre sur le plan donné dans le DT6.

DT6

En déduire la surface des murs en béton de chanvre.

Pour le confort des visiteurs, on souhaite maintenir une température à l'intérieur de l'Arche de **19°C**. La période de chauffe du bâtiment dure **du 1^{er} octobre au 30 avril**, soit **212 jours**. En raison de la forme arrondie de la paroi, le coefficient de transmission thermique moyen est **$U_P = 0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$** .

Question 2.6 | **Calculer** la température extérieure moyenne durant la période de chauffe à l'aide des informations du DT9.
DT9

En déduire l'écart de température moyen entre l'intérieur et l'extérieur durant cette période.

Calculer le flux thermique moyen qui traverse les parois verticales en béton de chanvre en kW.

Question 2.7 | **Calculer** l'énergie thermique perdue au travers des parois verticales en béton de chanvre en kW·h durant la période de chauffe.
DR2

Compléter le DR2 pour obtenir les déperditions thermiques totales.

L'étude précédente permet d'estimer les déperditions énergétiques à **environ 37000 kW·h**. Un logiciel de simulation numérique a permis d'obtenir un bilan énergétique thermique complet de l'Arche. Ce résultat est présenté sous la forme d'un diagramme de Sankey dans le document DT10.

Question 2.8 | **Comparer** les valeurs des déperditions obtenues par simulation avec celles calculées par l'étude.
DT10

Expliquer cette différence en citant 2 autres sources de déperditions thermiques qui n'ont pas été prises en compte dans les calculs.

Partie 3 : Comment couvrir de manière renouvelable une partie des besoins énergétiques de l'arche ?

Selon le diagramme de Sankey, les besoins thermiques nets sont de 21679 kWh. On estime que ceux-ci représentent environ 70% des besoins énergétiques globaux du bâtiment. Ces besoins sont donc évalués à 30000 kWh par an. Afin de respecter les contraintes environnementales de l'Arche, on souhaite mettre en place des panneaux solaires photovoltaïques pour couvrir une partie des besoins énergétiques.

Question 3.1 | **Indiquer** le pourcentage d'énergie renouvelable à injecter dans le système, à partir du diagramme SysML des exigences.
DT1 | **En déduire** l'énergie que doivent produire les panneaux solaires.

Question 3.2 | **Justifier** le choix d'une inclinaison des panneaux solaires à 45°, à partir de l'irradiation globale présentée sur le document technique DT11.
DT11

Question 3.3 | **Indiquer** la valeur de la quantité d'énergie récupérable sur une année, par m² de panneaux, à partir du DT12 (valeurs irradiation solaire).
DT12

On choisit d'installer des panneaux solaires « Systovi » de puissance 300Wc. Fabriqués en France, ils permettent de réduire l'impact environnemental dû au transport des matériaux.

Question 3.4 | **Relever** les dimensions d'une cellule, d'après le DT13 (fiche technique panneau solaire). **En déduire** la surface totale de cellules composant un panneau.
DT13

Question 3.5 | **Calculer** la quantité d'énergie solaire qu'un panneau peut capter sur une année (en kW·h) s'ils sont inclinés à 45°.

Question 3.6 | **Relever**, sur le DT13, la valeur du rendement du panneau choisi (fiche technique panneau solaire). **En déduire** la quantité d'énergie électrique récupérable sur une année par un panneau solaire.
DT13

L'installateur propose de mettre en place 15 panneaux solaires.

Question 3.7 | **Conclure** en justifiant sur le respect du cahier des charges.

Partie 4 : Comment améliorer la communication envers les publics scolaires ?

Les parcs zoologiques jouent désormais un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité, grâce à leur capacité à sensibiliser et à éduquer un nombre croissant de visiteurs.

Afin de les sensibiliser à la préservation des espèces menacées d'extinction, le zoo souhaite mettre en place le prêt de tablettes numériques permettant une visite plus ludique pour les plus jeunes. L'application qui sera installée nécessite une communication entre les tablettes et un accès internet. Le zoo prévoit l'accueil de groupes scolaires de 30 enfants maximum. Deux groupes scolaires pourront effectuer la visite de l'Arche en même temps.

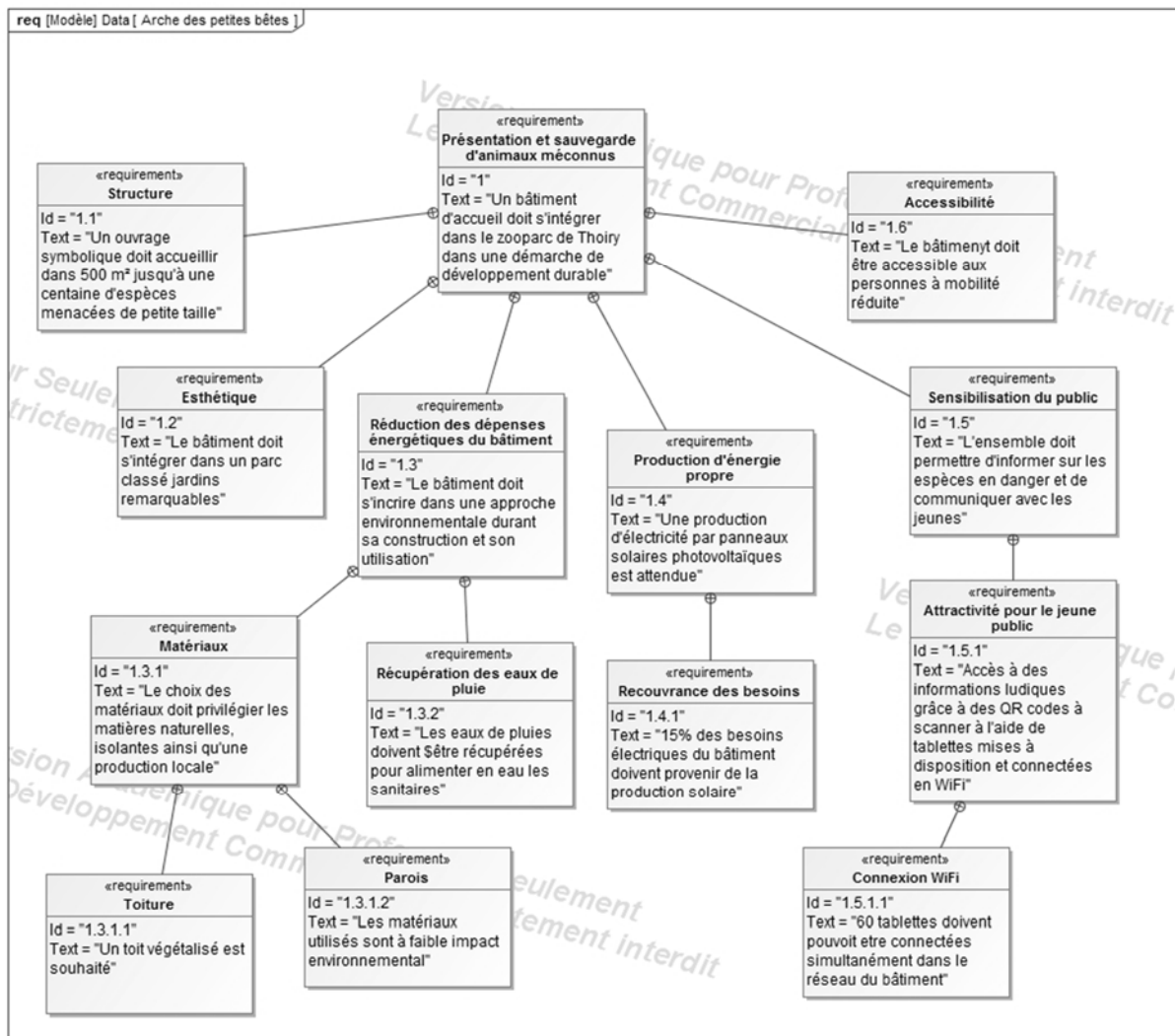
Le plan d'installation du réseau informatique déjà en place est présenté sur le Document Technique DT14.

Question 4.1 DT1	Indiquer la solution retenue pour rendre attractif l'Arche pour les enfants, à partir du diagramme des exigences (DT1).
Question 4.2 DT14	Déterminer le nombre d'équipements déjà adressés sur le réseau interne de l'Arche, à partir du plan d'implantation du réseau informatique de l'Arche (DT14).
Question 4.3 DT14	Indiquer les valeurs décimales de l'adresse IP du réseau en place et de son masque de sous réseau, à partir du plan d'implantation du réseau informatique de l'Arche (DT14).
Question 4.4 DT14	Indiquer les deux plages d'adresses IP disponibles pour raccorder des nouveaux appareils.
Question 4.5 DT14	Déterminer le nombre d'adresses IP restant disponibles.
Question 4.6 DT1	Comparer vos résultats, en termes de capacité de connexion de tablettes, au cahier des charges (DT1). Conclure sur les capacités de l'Arche à accueillir les groupes scolaires dans les conditions souhaitées par les responsables du zoo.

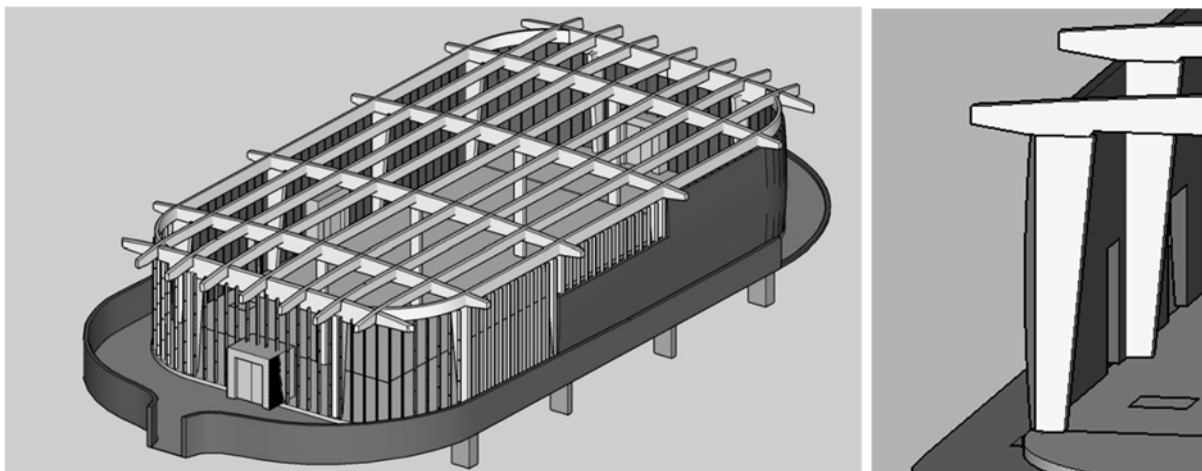
Conclusion générale

Question 4.7	Argumenter sur le bien-fondé des solutions développées, pour chacune des 4 parties étudiées, du point de vue des 3 piliers du développement durable.
--------------	---

DT1 : diagramme des exigences



DT2 : modèle numérique de la structure porteuse de l'arche (toiture enlevée)



DT3 : étude comparative d'éco-conception dans leur cycle de vie d'un poteau porteur par simulations numériques

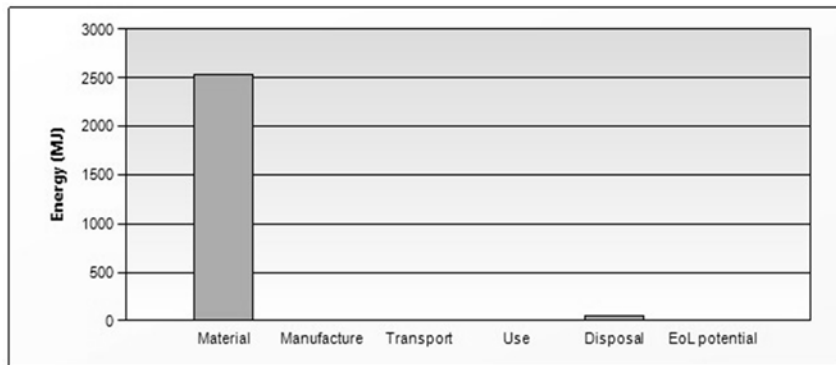
Material : Matériaux - Manufacture : Fabrication - Transport : Transport - Use : Utilisation
 Disposal : Fin de vie - EoL potential : Recyclage potentiel



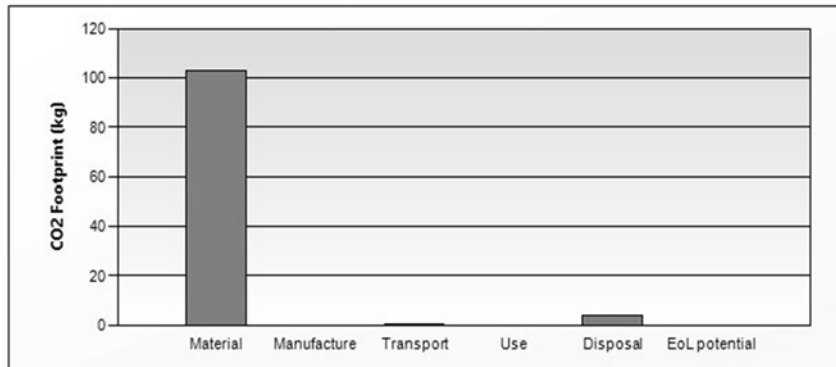
Version installée en bois lamellé-collé

Paramètres de simulation :

- Poteau en bois lamellé-collé épaisseur 250 mm
- Masse de 274 kg.
- Cycle de vie de 50 ans,
- Transport par camion 32 tonnes
- Distance parcourue du lieu de fabrication au chantier de construction : 50 km



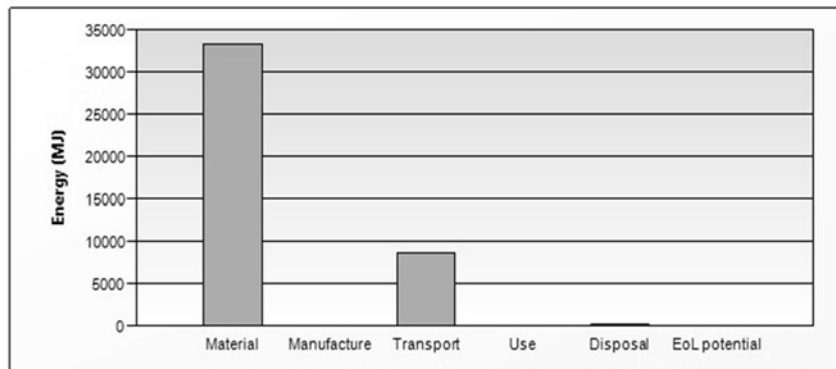
Energy Details...



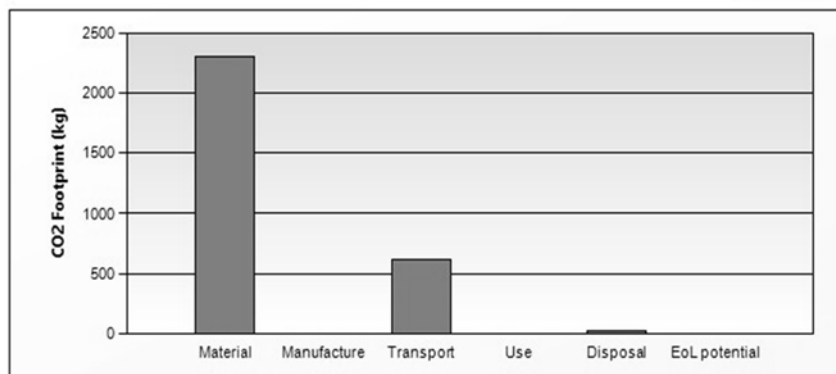
Version comparative en acier

Paramètres de simulation :

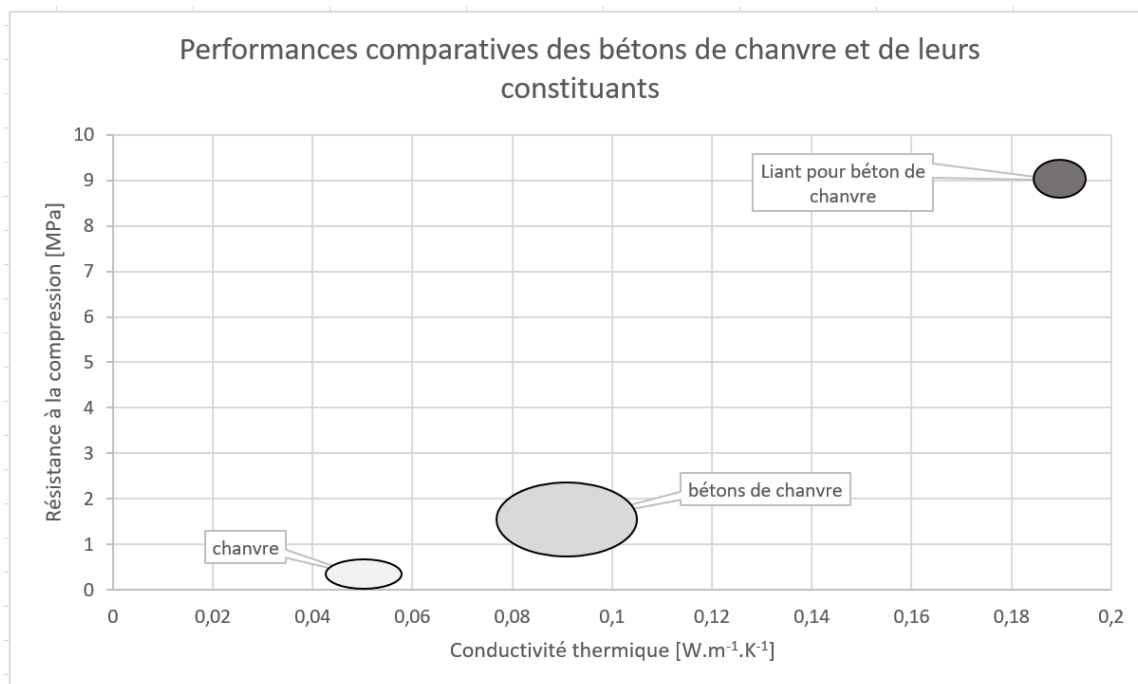
- Poteau en acier épaisseur 50 mm
- Masse de 1270 kg.
- Cycle de vie de 50 ans,
- Transport par camion 32 tonnes
- Distance parcourue du lieu de fabrication au chantier de construction : 1500 km



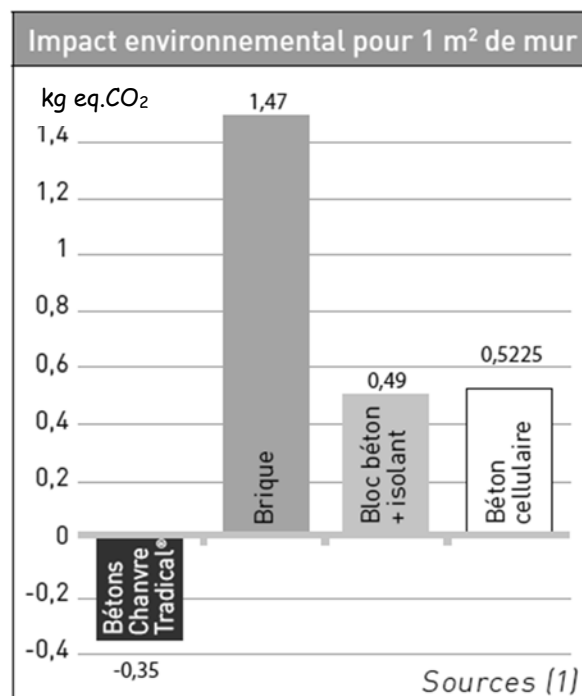
Energy Details...



DT4 : performances des bétons de chanvre suivant trois critères



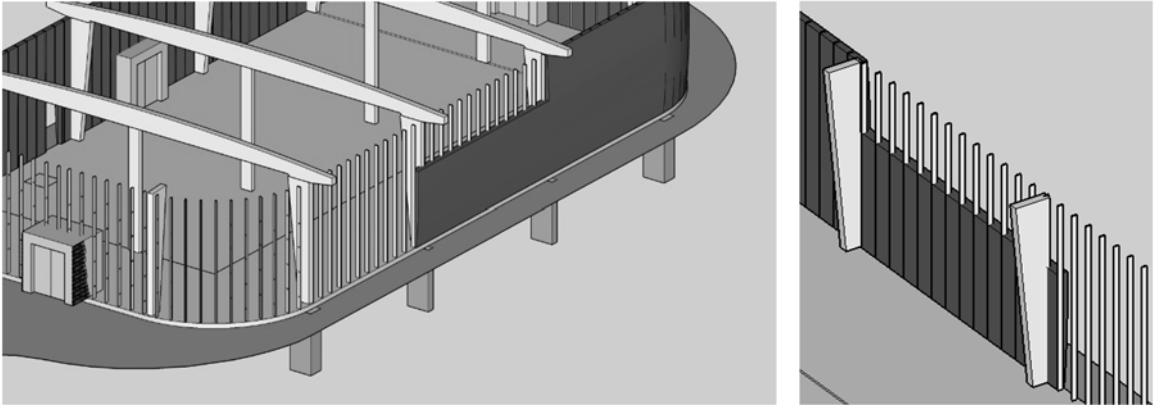
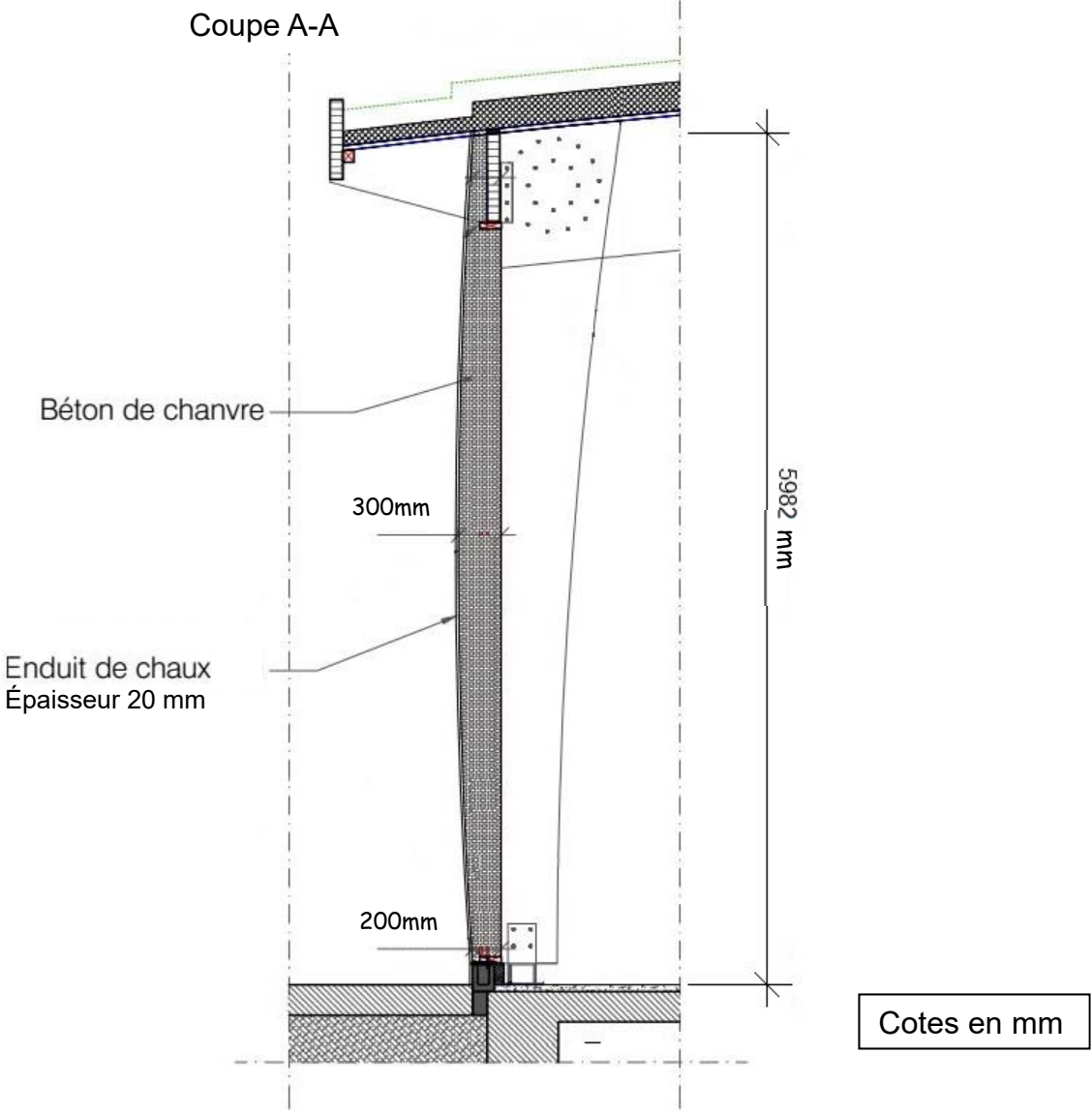
DT5 : émissions des gaz à effet de serre (en kg eq. CO₂) sur l'ensemble du cycle de vie de différents types de parois



(1) Les données proviennent de la base INIES et de l'analyse du cycle de vie d'un mur en béton de chanvre banché sur ossature bois réalisé par l'INRA selon la norme NF 10.010 à la demande et avec le concours du Ministère de l'Agriculture et de l'ADEME.

Les Bétons Chanvre Tradical® ont été choisis pour cette analyse.

DT6 : plan de structure : coupe verticale des murs



Détails de la vue en coupe du modèle 3D

DT7 : caractéristiques des parois

Caractéristiques des parois

Paroi	Composition	Coefficient de transmission thermique U_p ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Maximum réglementaire U_{max} ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
Plancher bas	Polyuréthane 10cm Béton 20cm	0.30	0,4
Mur extérieur	Béton de chanvre Enduit de chaux 2 cm	A déterminer	0,45
Plancher intermédiaire	Bois	>5	Pas d'exigences
Mur intérieur	SIPOREX ep 15 cm	0,59	Pas d'exigences
Toiture terrasse végétalisée	Terre 8cm Bitume d'étanchéité Polyuréthane 6cm Panneau OSB 2cm	0,41	0,28
Plancher sous comble	Ouate de cellulose 20cm Panneau OSB 2cm	0,2	0,28

Rappels :

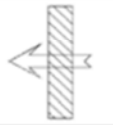


La résistance thermique (R_{th}) d'une couche de matériau de conductivité thermique (λ) et d'épaisseur (e) est :

$$R_{th} = e / \lambda$$

Le coefficient de transmission thermique (U_p) d'une paroi de résistance thermique (R_{th}) est :

$$U_p = 1 / R_{th}$$

DT8 : résistances thermiques superficielles

VALEURS DES RESISTANCES THERMIQUES SUPERFICIELLES (m ² .K/w)					
Croquis	Sens du flux	Paroi en contact avec			
		L'extérieur Un passage ouvert Un local couvert		Un local non chauffé Un comble Un vide sanitaire	
		R _{si}	R _{se}	R _{si}	R _{se}
	Horizontal	0.13	0.04	0.13	0.13
	Ascendant	0.10	0.04	0.10	0.10
	Descendant	0.17	0.04	0.17	0.17

Résistances superficielles des parois

R_{si} : Résistance superficielle intérieure / R_{se}: Résistance superficielle extérieure

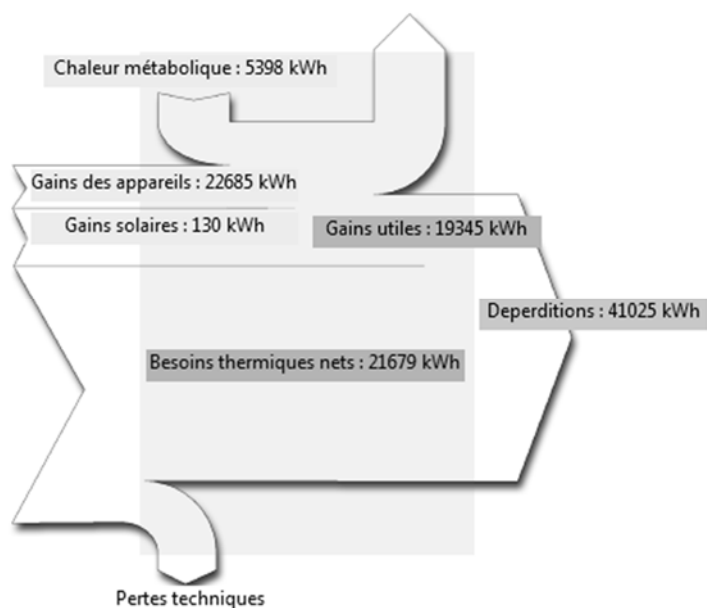
DT9 : données climatiques de Thoiry

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	2.7	3.5	6.7	9.6	12.9	15.8	17.8	17.6	15.3	10.7	6.4	3.6
Température minimale moyenne (°C)	0.1	0.4	2.5	4.8	7.9	10.6	12.5	12.4	10.5	6.8	3.5	1.2
Température maximale (°C)	5.3	6.6	10.9	14.4	17.9	21.1	23.1	22.8	20.1	14.7	9.3	6.1
Précipitations (mm)	57	47	48	45	57	53	54	51	56	58	61	57

Le flux thermique (Φ) traversant une paroi de surface (S), de coefficient de conduction (U) séparant 2 milieux dont les températures ont une différence (ΔT) est :

$$\Phi = U \cdot S \cdot \Delta T \text{ en W}$$

DT10 : diagramme de Sankey des apports internes pour le chauffage

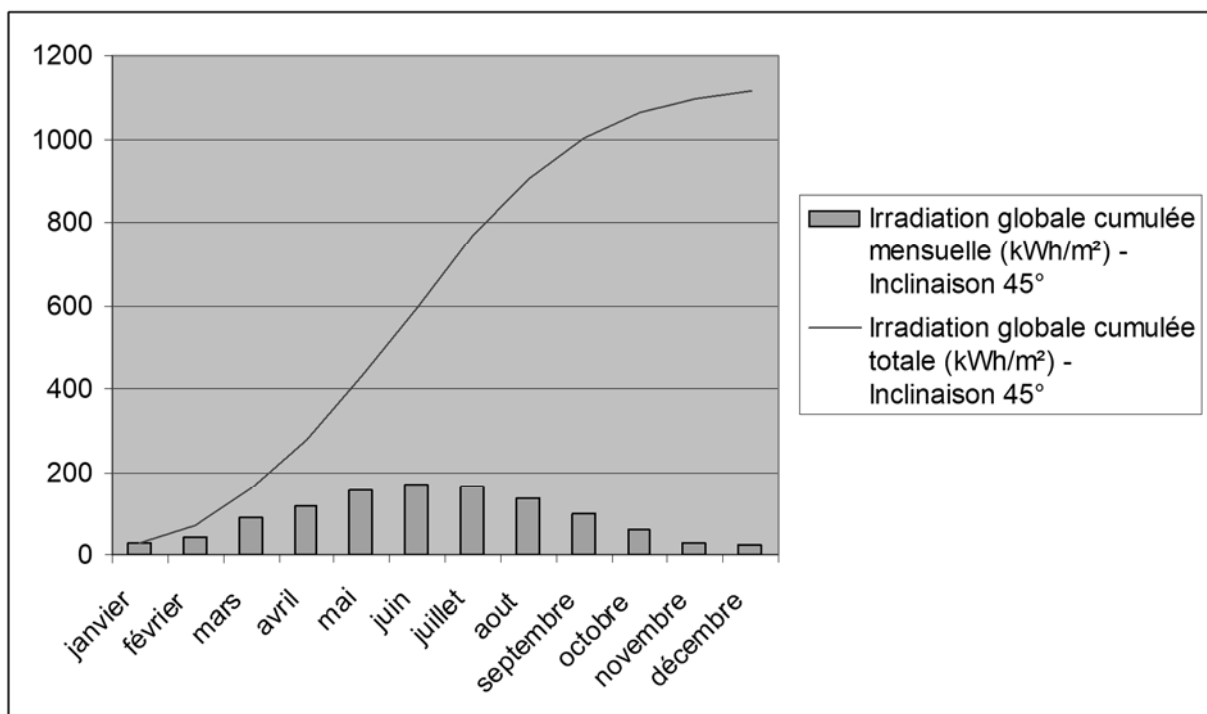


DT11 : irradiation solaire pour la commune de Thoiry pour différents plans inclinés

mois	Irradiation globale journalière (kW·h·m ⁻²) - Inclinaison 0°	Irradiation globale journalière (kW·h·m ⁻²) - Inclinaison 45°	Irradiation globale journalière (kW·h·m ⁻²) - Inclinaison 90°
janvier	0,87	1,3	1,19
février	1,52	2,01	1,72
mars	2,88	3,52	2,74
avril	3,92	4,05	2,71
mai	5,01	4,7	2,82
juin	5,59	5,01	2,85
juillet	5,33	4,86	2,82
août	4,44	4,39	2,78
septembre	3,38	3,86	2,81
octobre	1,98	2,61	2,18
novembre	0,99	1,4	1,25
décembre	0,72	1,11	1,04
Moyenne	3,0525	3,235	2,2425

DT12 : irradiation solaire pour la commune de Thoiry sur un plan incliné à 45°

mois	Irradiation globale cumulée mensuelle (kW·h·m ⁻²) - Inclinaison 45°
janvier	27
février	43
mars	89
avril	118
mai	155
juin	168
juillet	165
août	138
septembre	101
octobre	61
novembre	30
décembre	22



DT13 : fiche technique panneau solaire Systovi 300Wc

Systovi est une marque de panneaux solaires haut de gamme, fabriqués en France.

Le panneau solaire Systovi 300Wc, en technologie monocristalline, obtient le meilleur rendement au mètre carré des modules à base de silicium.

Les modules full black 60 cellules d'une puissance de 300Wc obtiennent un rendement surfacique de 18,6%. Les cellules noires qui le composent lui donnent un aspect full black particulièrement esthétique qui s'intègre facilement sur toutes les toitures de bâtiments.

Panneau solaire compatible avec les micro-onduleurs APS DUO YC500I, YC600 et APS QUADRI YC1000-3.

Fiche technique

DONNÉES ÉLECTRIQUES STC

Puissance crête-Pmax : 300Wc

Tension à puissance maximale : 33,24V

Intensité à puissance maximale : 8,66A

Tension de circuit ouvert : 39,48V

Intensité de court-circuit : 9,18A

DONNÉES MÉCANIQUES

Cellules solaires : Monocristallines PERC 156 x 156 mm

Disposition des cellules : 60 cellules (6 x 10)

Dimension du module (avec le cadre): 1 648 x 988 x 35 mm

Poids : 17,8 kg

Verre : Verre solaire trempé haute transparence 3.2mm, traitement anti-reflet

Backsheet : Noir

Cadre : Aluminium noir

Boîte de jonction : Tyco Z-Rail IP 67

GARANTIES

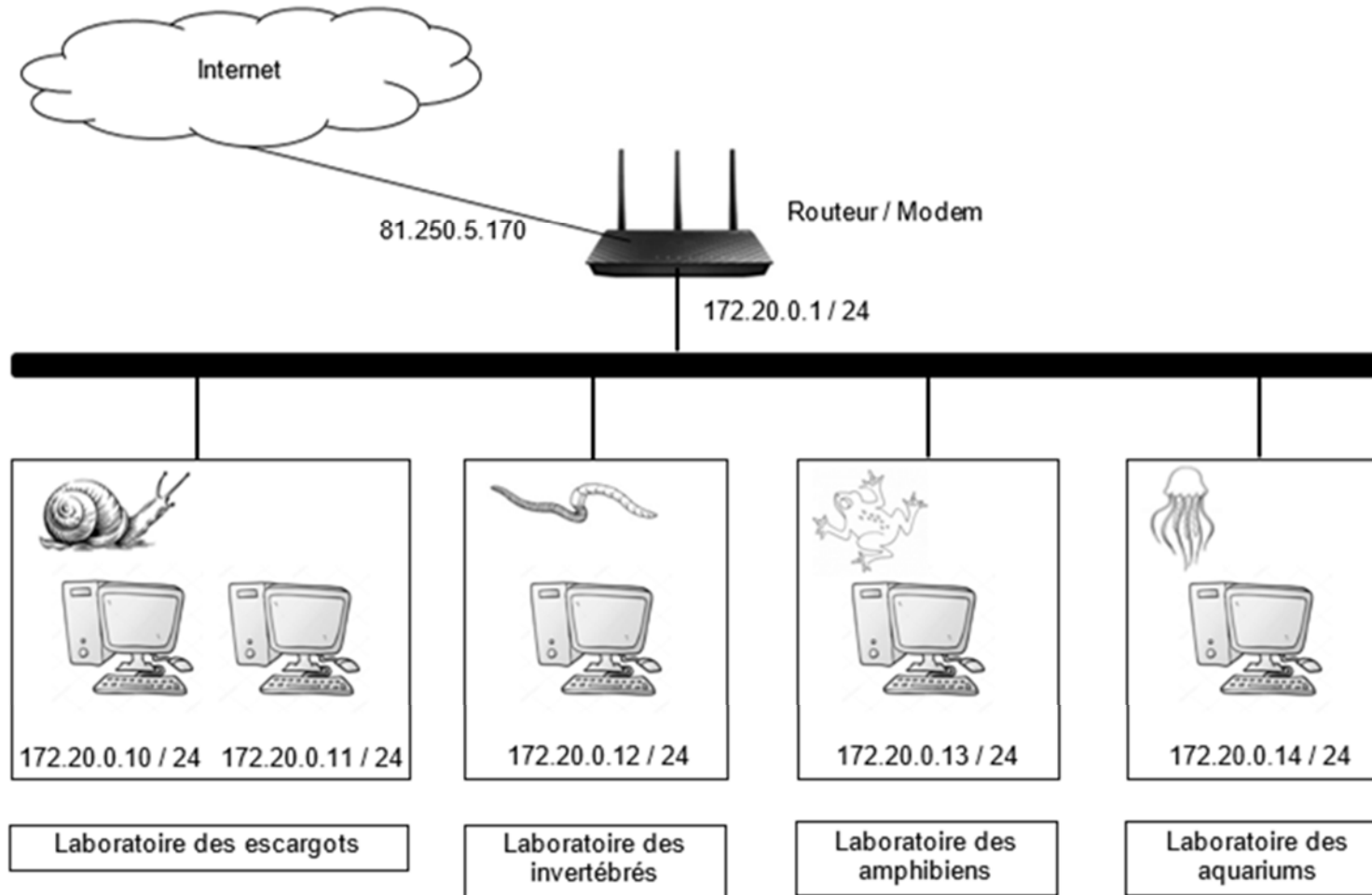
Garantie constructeur: 20 ans

Garantie de production: 80% à 25 ans

Câbles : Résistant UV, câble 4,0 mm² (AWG 11), 1 000 mm

Connecteur : Tyco PV4 compatible MC4

DT14 : plan d'installation du réseau informatique de l'arche



DOCUMENT RÉPONSES DR1

Calcul de la résistance thermique de la paroi en béton de chanvre :

Nom	Épaisseur en m	Conductivité thermique λ en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Résistance thermique R_{th} en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Surface extérieure			Q2.3
Enduit de chaux	Q2.1	0,7	Q2.2
Béton de chanvre	Q2.1	0,1	Q2.2
Surface intérieure			Q2.3
		R_{th} totale	Q2.3

Coefficient de transmission thermique (Q2.4):

$U_p =$

DOCUMENT RÉPONSES DR2

Calcul des déperditions thermiques :

Paroi	Pertes en kW·h
Plancher bas	10260
Mur extérieur	
Toiture terrasse végétalisée	11215
Plancher sous comble	1370
TOTAL	

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Arche des petites bêtes



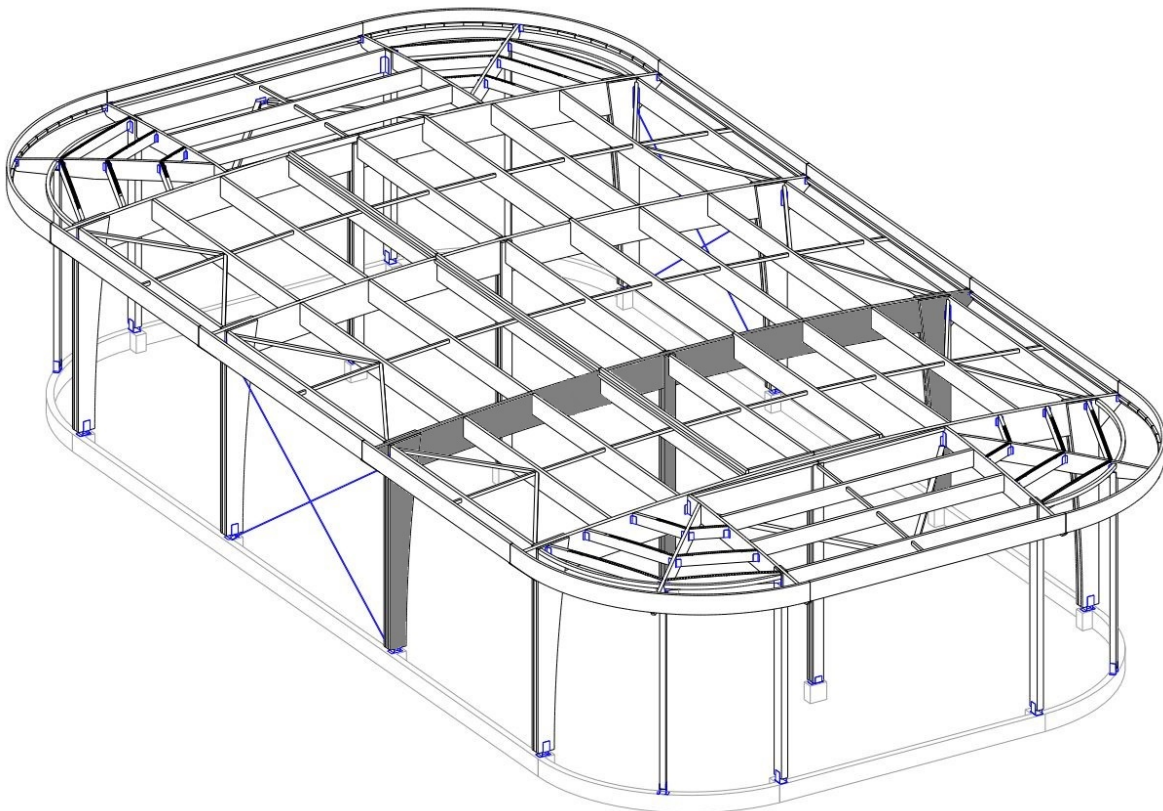
- **Présentation de l'étude page 24**
- **Questions A1 à D5 pages 25 à 27**
- **Documents techniques spécifiques DT S1 à DT S6 pages 28 à 33**
- **Document réponse DR S1 à rendre avec la copie page 34**

**Dans la partie spécifique, vous devez choisir entre traiter la partie A (choix 1)
ou la partie C (choix 2).
Les autres parties sont à traiter obligatoirement.**

Mise en situation

L'Arche des petites bêtes est prévue pour être une construction durable. Outre son aspect extérieur qui lui permet de s'intégrer au mieux dans son environnement, le mode de construction doit lui aussi respecter les trois piliers du développement durable. Pour ce faire, le choix a été fait de réaliser la structure porteuse de l'Arche en bois.

La suite de l'étude porte sur un portique transversal de la charpente, grisé sur la vue en perspective. Ce portique est constitué d'une poutre horizontale, de deux poteaux de rive et d'un poteau central.



Les normes de constructions européennes (Eurocodes) imposent 2 types de vérifications pour les structures :

- les États Limites de Services (ELS) : il s'agit de vérifier que les déformations de la structure restent inférieures à une valeur limite réglementaire.
- les États Limites Ultimes (ELU) : il s'agit de vérifier que les contraintes dans le matériau restent inférieures à une valeur limite réglementaire.

Pour les constructions en bois, ces valeurs limites sont données dans l'Eurocode 5.

Travail demandé

Problématique : Pourquoi avoir choisi d'utiliser du bois lamellé-collé plutôt que du bois massif pour les principaux éléments de la charpente ?

Une première étude d'un portique en bois massif (BM), représenté sur le DT S1b, a été menée ; chaque élément de ce portique (poutre ou poteau) étant d'un seul morceau. Les résultats de cette étude sont présentés sur le document DR S1. Cette solution n'a pas été retenue par l'architecte qui lui a préféré un portique en bois lamellé-collé (BLC), représenté sur le DT S1a. L'objectif de cette partie est de valider le choix de l'architecte après comparaison des deux solutions.

Les calculs, justifications et autres réponses sont à rédiger sur la copie.

Toutes les réponses numériques sont à reporter sur le document réponses DR S1 qui sera rendu avec la copie.

Choix 1

Partie A : Quel est l'impact environnemental des types de bois étudiés ?

Question A.1 | **Expliquer** ce qu'est le bois lamellé-collé, en précisant sa constitution et son mode de fabrication.

Question A.2 | **Déterminer** le volume de la poutre en bois massif, à partir du document DT S1b, définissant la géométrie du portique.

DT S1b

DR S1

Compléter la case correspondante du document comparatif DR S1 (ligne QA.2).

Selon le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), l'énergie grise est l'énergie primaire consommée tout au long du cycle de vie d'un composant d'ouvrage.

Question A.3 | **Identifier** l'énergie grise du bois lamellé-collé (en kWh·m⁻³), à partir du Document Technique DT S2 donnant l'énergie grise par mètre cube des principaux matériaux de construction, puis **calculer** l'énergie grise de la poutre en bois lamellé-collé (en kWh).

DT S2,

DR S1

Question A.4 | **Conclure** sur le type de bois le plus adapté à une construction durable sur la base de ce critère énergétique.

Partie B : Quelles sont les caractéristiques mécaniques des types de bois étudiés ?

Pour mener à bien l'étude en résistance des matériaux, il est nécessaire de connaître certaines caractéristiques mécaniques du bois utilisé.

Question B.1 | **Identifier** l'essence utilisée pour le BLC, ainsi que la classe de résistance d'après les informations données dans le cartouche des plans de la charpente du Document Technique DT S3.

DT S3,

DR S1

Selon la classe de résistance du bois, l'Eurocode 5 fixe les grandeurs caractéristiques à prendre en compte (voir DT S4).

Question B.2 | **Relever** sur les extraits de l'Eurocode 5 du DT S4, le module d'élasticité moyen axial $E_{0,g,mean}$ (en Mpa) et la masse volumique caractéristique ρ_k (en $kg \cdot m^{-3}$) d'un bois lamellé-collé homogène de classe GL24.
DT S4
DR S1

Question B.3 | En prenant $10 m \cdot s^{-2}$ comme valeur pour la pesanteur, **calculer** le poids propre de la poutre en BLC (en daN).
DT S1
DR S1 | **En déduire** la charge linéique correspondante à prendre en compte.

Des simulations numériques des portiques ont permis d'obtenir les diagrammes des efforts de cohésion dans les différents éléments (voir DT S5).

Question B.4 | **Indiquer** les sollicitations auxquelles sont soumis les différents éléments du portique (poutre, poteaux de rive, poteau central) à partir du DT S5.
DT S5 | **Justifier.**

La poutre horizontale est essentiellement soumise à de la flexion, c'est donc cette caractéristique qui sera vérifiée par la suite.

Question B.5 | **Relever**, dans le DT S4, la contrainte de flexion admissible $f_{m,g,k}$ en Mpa pour un bois lamellé-collé homogène de classe GL24.
DT S4
DR S1

Choix 2

Partie C : Les 2 types de bois vérifient-ils les critères des États Limites Ultimes ?

Dans cette étude, la vérification des ELU porte sur les contraintes dans la poutre.

Rappel : La contrainte maximale en flexion est :

$$\sigma_{max} = \frac{M_f}{I_{Gz}} (h/2)$$

où M_f : moment fléchissant dans la section

h : hauteur de la section

I_{Gz} : moment quadratique de la section

pour une section rectangulaire $I_{Gz} = \frac{b \cdot h^3}{12}$ où b et h sont respectivement la largeur et la hauteur de la section.

Question C.1 DT S5 DR S1	Déterminer le moment fléchissant maximal atteint dans la poutre en BLC à partir des diagrammes des moments fléchissants du DT S5.
Question C.2 DT S1 DR S1	Calculer le moment quadratique en m ⁴ de la section de la poutre en BLC, à l'aide du plan du portique du DT S1a.
Question C.3 DT S1 DR S1	Calculer la valeur de la contrainte maximale (en MPa) dans chacune des poutres (BLC et BM) en prenant $M_f = 185 \text{ kN}\cdot\text{m}$.
Question C.4 DT S1 DR S1	Conclure sur le document comparatif DR S1 en précisant si le critère des ELU est vérifié ou non pour les deux types de bois.

Partie D : Les 2 types de bois vérifient-ils les États Limites de Services ?

Dans cette étude, la vérification des ELS porte sur la flèche de la poutre. Selon l'Eurocode 5, pour des éléments structuraux supportant une toiture, on doit toujours vérifier que $f_{max} \leq \frac{l}{250}$ où l est la portée de la poutre.

Question D.1 DT S1 DR S1	Déterminer , à l'aide du plan du portique du DT S1a, la portée à prendre en compte. Calculer la flèche admissible selon l'Eurocode 5 pour le portique en BLC.
--------------------------------	--

Les simulations numériques ont permis d'obtenir les déformées et les flèches en tout point des portiques (voir DT S6)

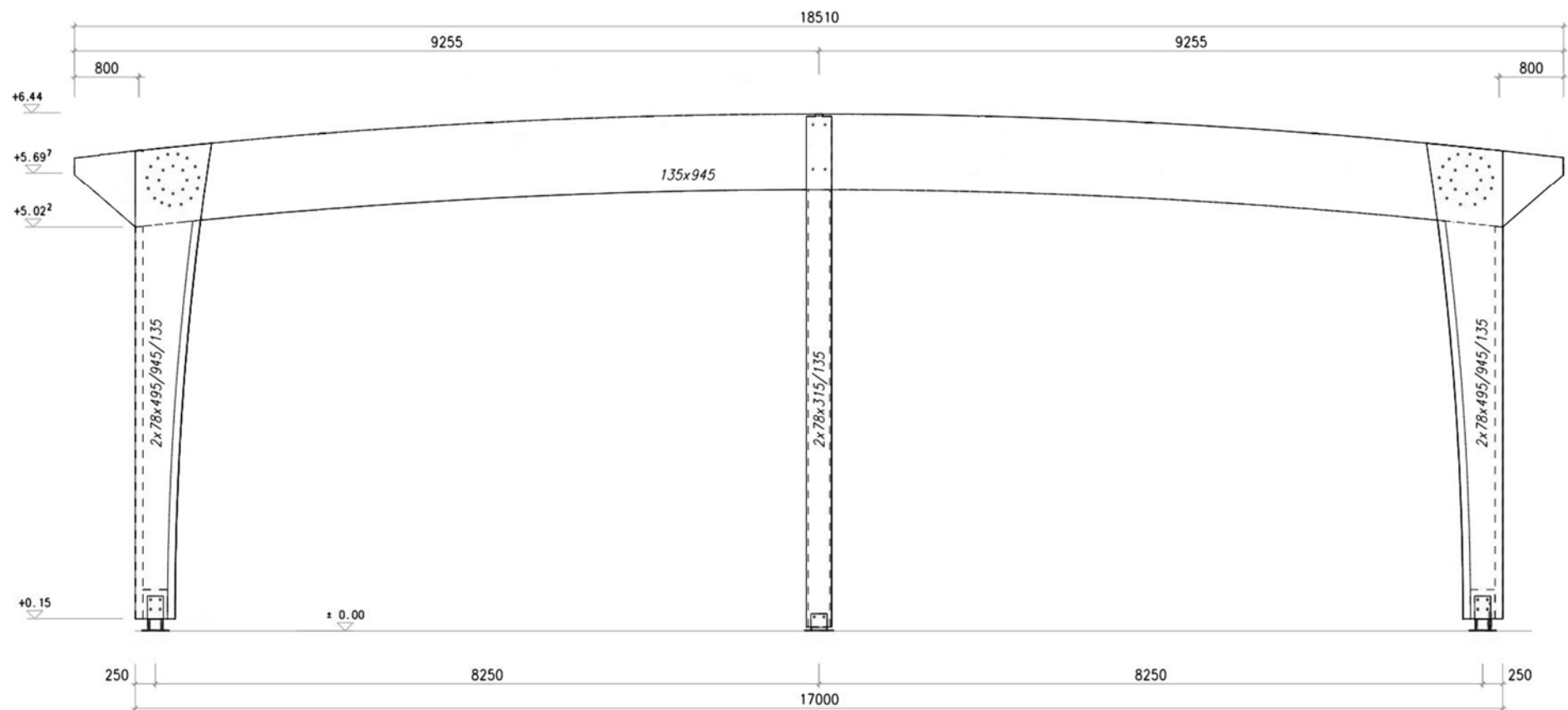
Question D.2 DT S6 DR S1	Déterminer , d'après les résultats du DT S6, la flèche maximale de la poutre en BLC. Conclure sur le document comparatif DR S1 en précisant si le critère des ELS est vérifié ou non pour les deux types de bois.
--------------------------------	--

Question D.3 DR S1	Choisir la solution la plus adaptée pour le portique en prenant en compte les critères environnementaux et réglementaires, en utilisant les résultats obtenus dans le DR S1.
-----------------------	---

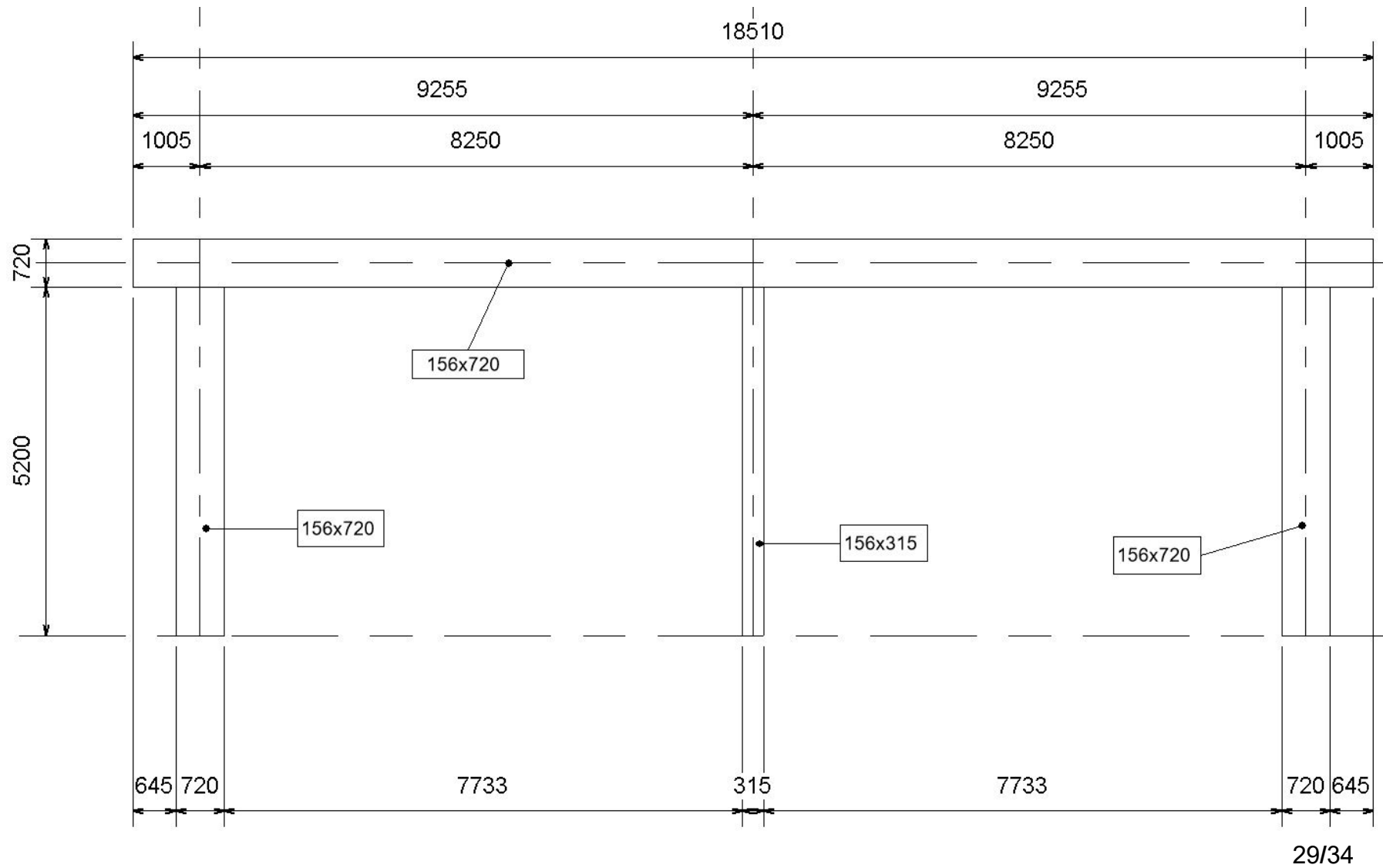
Question D.4 DT S7	Argumenter sur la difficulté de réaliser une poutre en bois massif en vous basant sur les résultats donnés dans le DT S7 qui donne des valeurs moyennes de caractéristiques des arbres.
-----------------------	--

Question D.5	Conclure en justifiant sur la pertinence de l'utilisation du bois lamellé-collé pour la poutre du portique.
--------------	--

Document technique spécifique DT S1a : Vue en élévation du portique en bois lamellé-collé



DT S1b : Vue en élévation du portique en bois massif



DT S2 : Énergie grise des principaux matériaux de construction

Matériaux	c_{EP} énergie grise kWh/ m ³	Densité tonne/m ³
structure, façade		
béton	550	2,4
béton armé	850	2,9
parpaing	650	2,4
béton cellulaire	600	0,6
brique, terres cuites	800	1
bois naturel (charpente, bardages)	500	0,5
bois lamellé-collé	1 250	0,5
panneaux bois reconstitué	2 450	0,7
acier, charpentes métalliques	63 200	7,9
aluminium	135 000	2,7
autres métaux non ferreux (Cuivre, Zinc), alliages	160 000	8
fibrociment	5 400	1,8
isolants		
isolant à base de produits végétaux, cellulose	100	0,06
verre cellulaire	750	0,10
isolant laine de roche	600	0,10
isolant laine de verre	400	0,03
isolant plastique alvéolaire	550	0,02
revêtements sols, murs, plafonds		
sols souples plastiques, moquettes	26 000	1,3
sols souples linoléum	13 000	1,3
sols durs (céramique, pierre reconstituée)	7 600	1,9
parquets	2 100	0,7
résines (de béton, de sol)	20 000	1
peintures	12 000	1
cloisons, faux plafonds	700	0,2
étanchéité membrane EPDM, PVC	22 500	0,9
enrobés, asphalte coulé	2 300	2,3

DT S3 : Cartouche des plans de charpente

ARCHE DES PETITES BETES

PARC ZOOLOGIQUE

THOIRY (78)

hypothèses de calcul

CHARGES et SURCHARGES			
Vegetalisation :	= 175	Kg/m ²	NETGE : .35
Couverture :	= 18	Kg/m ²	ZONE : 14
			ALT : 200
			VENT : 60
Plafons :	= 15	Kg/m ²	ZONE : 2
Divers :	= 10	Kg/m ²	SITE : Normal

MATERIAUX			
BOIS LAMELLE COLLE (LC) GL24			
Bois : Epicéa	H = 12% +/- 5%	Collage : Polyuréthane - Résorcine	
Traitement : Classe II		Finition : EXO 2000 "Chêne doré"	
BOIS MASSIF (BM) C22			
Bois : Sapin de pays ou Epicéa	H = 12% +/- 5%		
Traitement : Classe II		Finition : EXO 2000 "Chêne doré"	
ACIERS : E24 galvanisation à chaud			BETONS : B25

DT S4 : Valeurs caractéristiques (d'après Eurocode 5)

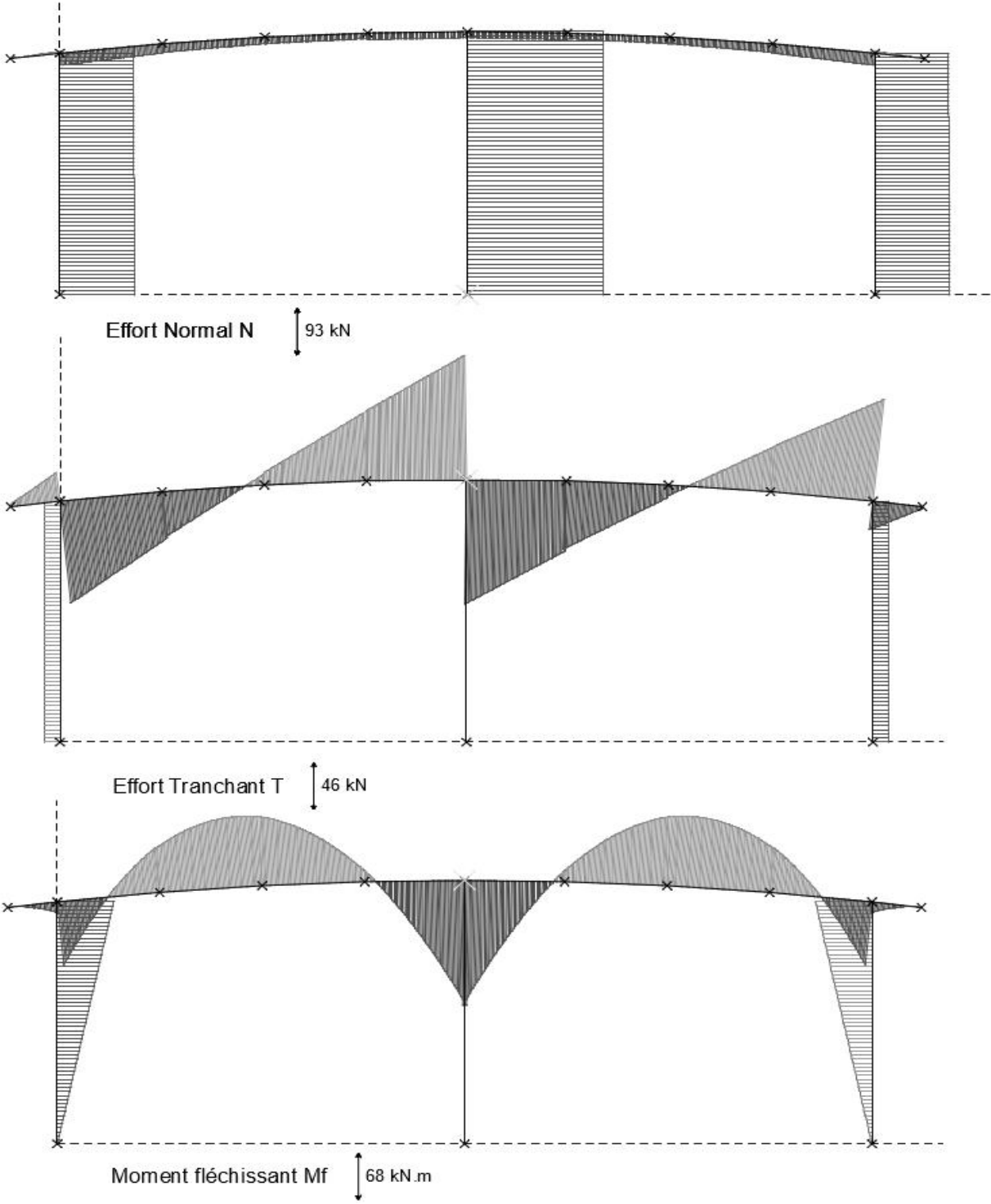
Symbole	Désignation	Unité	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm ²	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm ²	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm ²	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm ²	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm ²	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$f_{v,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm ²	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
$E_{0,mean}$	Module moyen axial	kN/mm ²	7	8	9	10	11	11,5	12	13	14
$E_{0,05}$	Module axial au 5 ^e pourcentile	kN/mm ²	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	Module moyen transversal	kN/mm ²	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
G_{mean}	Module de cisaillement	kN/mm ²	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
ρ_k	Masse volumique caractéristique	kg/m ³	290	310	320	340	350	370	380	400	420
ρ_{mean}	Masse volumique moyenne	kg/m ³	350	370	380	410	420	450	460	480	500

Tableau 1: Valeurs caractéristiques des bois massifs résineux

Symbole	Désignation	Unité	Lamellés-collés homogènes				Lamellés-collés panachés			
			GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
$f_{m,g,k}$	Contrainte de flexion	N/mm ²	24	28	32	36	24	28	32	36
$f_{t,0,g,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm ²	16,5	19,5	22,5	26,0	14,0	16,5	19,5	22,5
$f_{t,90,g,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm ²	0,40	0,45	0,50	0,60	0,35	0,40	0,45	0,50
$f_{c,0,g,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm ²	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
$f_{c,90,g,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm ²	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
$f_{v,g,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm ²	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
$E_{0,g,mean}$	Module moyen axial	kN/mm ²	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
$E_{0,g,05}$	Module axial au 5 ^e pourcentile	kN/mm ²	9,4	10,2	11,1	11,9	9,4	10,2	11,1	11,9
$E_{90,g,mean}$	Module moyen transversal	kN/mm ²	0,39	0,42	0,46	0,49	0,32	0,39	0,42	0,46
$G_{g,mean}$	Module de cisaillement	kN/mm ²	0,75	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85
$\rho_{g,k}$	Masse volumique caractéristique	kg/m ³	380	410	430	450	350	380	410	430

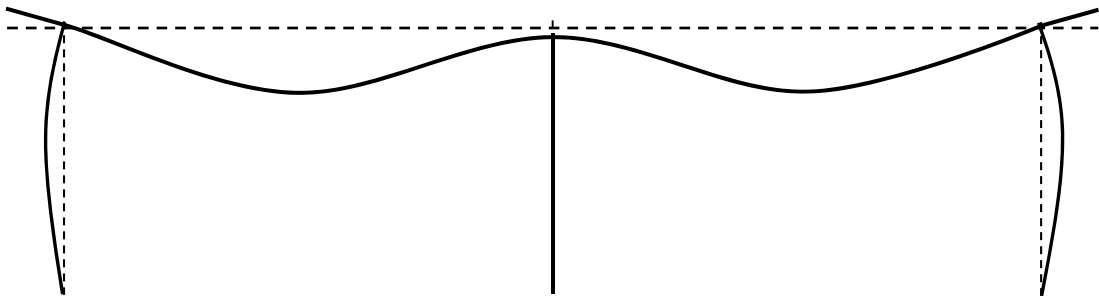
Tableau 2: Valeurs caractéristiques des bois lamellés-collés

DT S5 : Diagrammes d'efforts de cohésion dans le portique en BLC

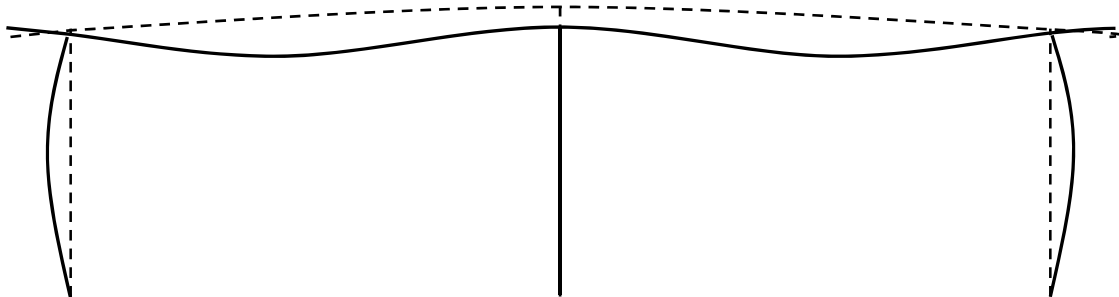


DT S6 : Déformées des portiques

Déformée portique BM



Déformée portique BLC



Les déformations sont accentuées pour faciliter la lecture. (Échelle : \updownarrow 10 mm)

DT S7 : Taille des arbres

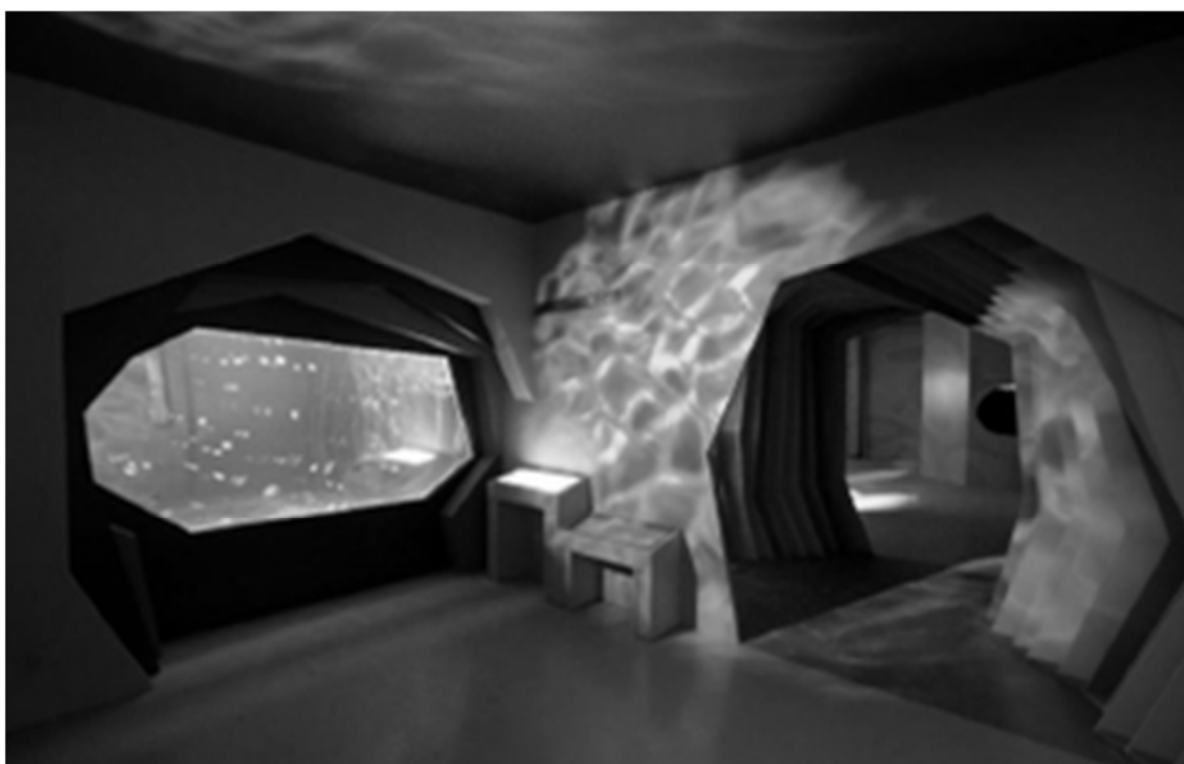
Arbres	Port/Houppier	Croissance	Taille à 10/20 ans	Largeur	Durée de vie
Douglas	conique	rapide	5/18 m	3m	600ans
Pin maritime	irrégulier	rapide	6/13 m	5m	600ans
Pin sylvestre	irrégulier	rapide	5/13 m	3m	300ans
Sapin blanc	conique	rapide	-/10 m	-	800ans
Cèdre du Liban	étagé	lente	-/9m	-	300ans
Épicéa	conique	rapide	6/13 m	3m	200ans
Mélèze	conique	rapide	6/15 m	3m	800ans

DOCUMENT RÉPONSE DR S1 Comparatif Bois Lamellé-collé / Bois Massif

	Unités	BLC	BM
QA.2 : volume poutre	m ³	2,265	
QA.3 : énergie grise matériau	kWh·m ⁻³		500
QA.3 : énergie grise poutre	kWh		1039,5
QB.1 : essence utilisée			Sapin ou Épicéa
QB.1 : classe de résistance			C22
QB.2 : module d'élasticité	MPa		10000
QB.2 : masse volumique	kg·m ⁻³		340
QB.3 : poids propre poutre	daN		706,9
QB.3 : charge linéique	daN·m ⁻¹		38,2
QB.5 : contrainte admissible	MPa		22
QC.1 : moment fléchissant maximal	kN·m		190
QC.2 : moment quadratique	m ⁴		4,852.10 ⁻³
QC.3 : contrainte maximale	MPa		
QC.4 : ELU vérifiés ?			
QD.1 : portée	m		8,25
QD.1 : flèche admissible	mm		33
QD.2 : flèche maximale	mm		9,1
QD.2 : ELS vérifiés ?			

ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT

Protection des méduses – la zone Océan



- **Présentation de l'étude et questionnaire** pages 24 à 27
- **Documents Techniques** pages 28 à 31
- **Documents Réponses** pages 32 à 33

Dans la partie spécifique, vous devez choisir de traiter la partie A (choix 1) ou la partie C (choix 2). La partie B est à traiter obligatoirement.

Mise en situation

Extrêmement répandue, la méduse lune fréquente toutes les mers et les océans du globe, à l'exception des eaux très froides des régions polaires. La prolifération des méduses est un indicateur du réchauffement de la température des eaux, mais aussi de la disparition de leurs prédateurs (tortues marines, thons, poisson-lune...).



Afin de sensibiliser les visiteurs aux effets du réchauffement climatique, l'aquarium des méduses est situé à l'entrée de l'Arche des petites bêtes. Dans la première zone (zone d'alerte sur les menaces pesant sur l'environnement), l'idée principale est de prévenir l'homme quant à l'urgence d'agir pour sauver la biodiversité.

Pour éviter toute mort rapide des méduses en captivité, il est essentiel de garantir certaines conditions de vie au niveau de leur aquarium. Il est spécialement conçu pour les méduses afin de créer un flux d'eau continu. Il a, de plus, des formes arrondies afin que les méduses ne puissent pas se bloquer dans les coins. Une filtration est également assurée pour que ces dernières ne puissent pas être aspirées. La température optimale pour la conservation des méduses est comprise entre 18 et 22°C.

Travail demandé

Comment assurer un flux continu d'eau dans l'aquarium des méduses ?

Le constructeur de l'installation décide d'utiliser une pompe électrique. L'alimentation en énergie électrique de la pompe se fait à partir du réseau de distribution EDF via un modulateur de puissance de type gradateur pour assurer la variation de débit de la pompe. Le contrôle de la température est réalisé via un asservissement de température (non étudié ici) agissant sur un échangeur thermique. Afin d'éviter que les méduses ne soient aspirées par le système de circulation de l'eau, un filtre est placé en sortie du bassin. Le schéma de principe de l'installation est fourni dans le document technique DTS1.

Le cahier des charges impose un débit volumique de $500 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ (soit $1,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

Le choix du matériel devra permettre une utilisation au plus près du point de fonctionnement optimum et ainsi obtenir un rendement de la pompe supérieur à 60%.

Choix 1

Partie A : vérification des performances hydrauliques

Question A.1 | La structure de la chaîne de puissance du système hydraulique est donnée sur le DRS1. **Compléter** le DRS1 en indiquant la nature des flux d'énergie ainsi que les grandeurs flux et efforts de ces énergies. **Préciser** les unités.

DTS1

DRS1

Remarque : seule la partie hydraulique est étudiée

Hypothèse de calcul : les pertes de charges régulières sont négligeables devant les pertes de charges singulières (voir DTS2).

Une étude des équipements choisis pour la réalisation du circuit hydraulique permet de dresser le tableau suivant reprenant les caractéristiques hydrauliques des différents appareils.

Appareil	Nombre	Coefficient de pertes de charge ξ
Echangeur	1	60
Filtre	1	80
Coude 90°	4	1,5

Question A.2 | **Calculer** la vitesse d'écoulement du fluide, en utilisant le débit fixé par le cahier des charges et la taille des canalisations. **En déduire** la pression dynamique à l'intérieur des canalisations (en Pascal).

DTS1

DTS2

Question A.3 | **Estimer** la pression perdue (en Pascal) dans le circuit hydraulique à cause des singularités (pertes de charges singulières), à l'aide des caractéristiques du réseau présenté dans le tableau précédent. **Vérifier** que les pertes de charges singulières représentent une perte de pression d'environ 3,6 mCE (mCE : mètre de colonne d'eau, voir DTS2).

DTS2

Les pertes de charges régulières sont estimées à 1,5 mCE.

Question A.4 | **Estimer** la différence de pression minimale que devra fournir la pompe. **Donner** le résultat en mètres de colonne d'eau puis en Pascal. **Déterminer** la puissance hydraulique nécessaire à la circulation de l'eau au débit voulu.

DTS2

Le choix du constructeur se porte sur la pompe dont la documentation technique est donnée en DTS3.

Question A.5 | **Justifier** le choix de la pompe suivant deux critères.

DTS3

Partie B : vérification des performances électriques

Le choix du constructeur pour la modulation de puissance se porte sur un gradateur. L'objectif est de vérifier le respect du cahier des charges en termes de rendement de la pompe.

Des essais sont réalisés sur le système réel afin de vérifier la consommation électrique de la pompe. Les résultats des mesures sont présentés sur le DTS4. L'essai est réalisé alors que la puissance hydraulique de la pompe est de 7W.

Question B.1 | **Déterminer** le type de gradateur à mettre en œuvre (angle de phase ou train d'ondes), sachant que celui-ci est utilisé pour piloter une pompe. **Justifier** ce choix.

Le Document Technique DTS5 présente différents choix possibles pour le gradateur.

Question B.2 | **Donner** la référence du gradateur le plus adapté au pilotage de la pompe en place. **Justifier** le choix en définissant les critères pris en compte.

DTS4

DTS5

Question B.3 | **Calculer** les puissances active, réactive et apparente du moteur lors de l'essai.

DTS4

Question B.4 | **Déterminer** le rendement de la pompe dans ces conditions.

Question B.5 | **Conclure** quant au respect du cahier des charges.

Choix 2

Partie C : vérification des performances de régulation

Afin de garantir un débit de $500 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, une régulation de débit est mise en place (voir DTS1). Le correcteur utilisé est un correcteur proportionnel de constante $K=2$.

Le cahier des charges fixe une erreur acceptable sur le débit de 10%.

Cette boucle de régulation nécessite l'utilisation d'un débitmètre. Les caractéristiques techniques de ce dernier sont données dans le DTS6.

Question C.1
DTS6 | **Calculer** la constante de transfert du débitmètre, en utilisant les données techniques du DTS6.

Le schéma bloc de la boucle de régulation est donné sur le DRS2.

Question C.2
DRS2 | **Compléter** le schéma bloc de régulation sur le DRS2 en plaçant dans chaque bloc vide les noms suivants : Gradateur, Correcteur, circuit hydraulique, débitmètre, pompe.

Compléter le schéma bloc de régulation sur le DRS2 en indiquant les valeurs numériques de la constante du débitmètre, de la consigne et de l'adaptation de consigne.

Pour assurer la maintenance des filtres, le système est régulièrement arrêté. Lors du redémarrage du système, la consigne passe donc de 0 à $500 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$. Le document technique DTS7 présente les résultats de la simulation de cet asservissement de débit.

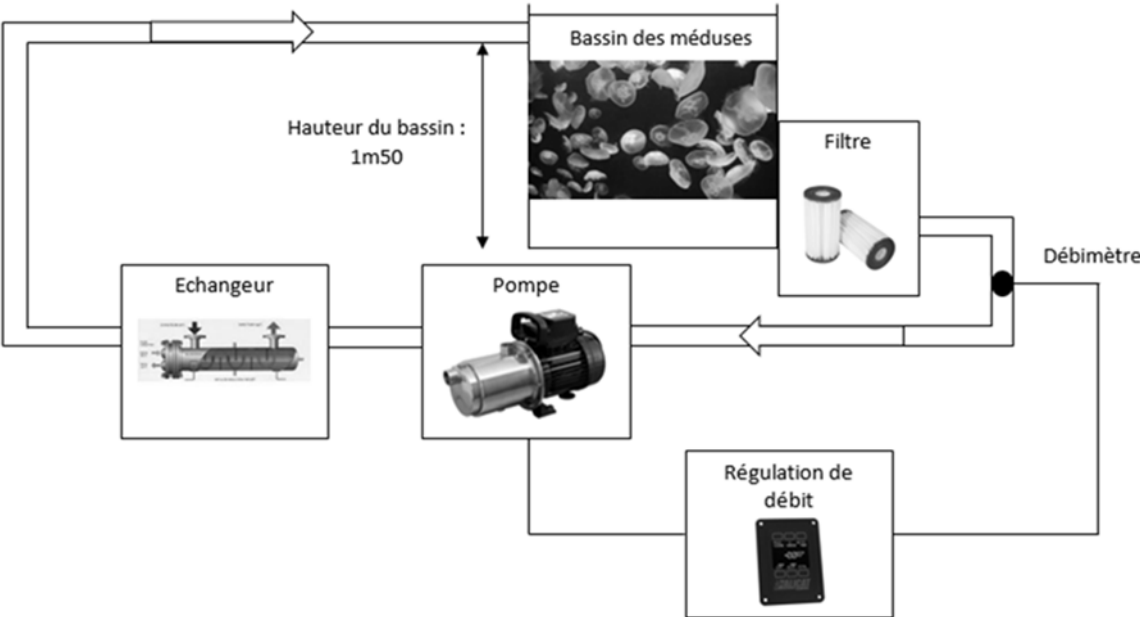
Question C.3
DTS7 | **Mesurer** l'erreur statique constatée sur la simulation du démarrage de l'installation donnée sur le document DTS7.
Conclure sur le respect ou non du cahier des charges.

Question C.4 | **Proposer** une solution technologique permettant de diminuer l'erreur statique et permettre au système de fonctionner au plus près du point de fonctionnement défini dans le cahier des charges.

Conclusion

Question C.5 | A la vue des différentes analyses menées dans cette partie et des choix du constructeur, **conclure** sur la capacité du système à assurer la circulation de l'eau dans le respect du cahier des charges.

DTS1 : Schéma de principe de l'installation hydraulique



Diamètre intérieur des canalisations PVC : **16 mm**

DTS2 : formulaire pertes de charges – dynamique des fluides

Pertes de charge dans un réseau fluidique :

On distingue les pertes de charges régulières (dues aux frottements dans une canalisation de géométrie constante) et les pertes de charges singulières (dues aux variations de géométrie dans une canalisation).

Pertes de charges singulières :

$$P_{dc_s} = \xi \cdot P_d$$

Où :

P_{dc_s} : pertes de charges singulières en Pascal (Pa)

ξ : coefficient de perte de charges singulières (sans dimension)

P_d : pression dynamique en Pascal (Pa)

Pression dynamique :

$$P_d = \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

Où :

P_d : pression dynamique en Pascal (Pa)

ρ : masse volumique (eau de mer : $1020 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

V : vitesse d'écoulement du fluide en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Lien entre débit et vitesse d'écoulement

$$V = \frac{Q_V}{S}$$

Où :

V : vitesse d'écoulement en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Q_V : débit volumique en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

S : section de la canalisation en m^2

Lien entre Pascal et mètre de colonne d'eau

$$1 \text{ mCE} = 9810 \text{ Pa}$$

Puissance hydraulique

$$P_{hyd} = Q_V \cdot \Delta P$$

Où :

P_{hyd} : puissance hydraulique en Watt (W)

Q_V : débit volumique en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

ΔP : différence de pression aux bornes de la pompe en Pascal (Pa)

DTS3 : documentation technique Pompe EheimCompactOn 1000



La pompe pour aquarium CompactOn 1000 possède un débit variable de 400 à 1000L·h⁻¹, assurant le bien-être des poissons en silence.

À la fois pompe de brassage et pompe de refoulement, la grille d'aspiration garantit une protection maximale pour la faune qui vit dans l'aquarium.

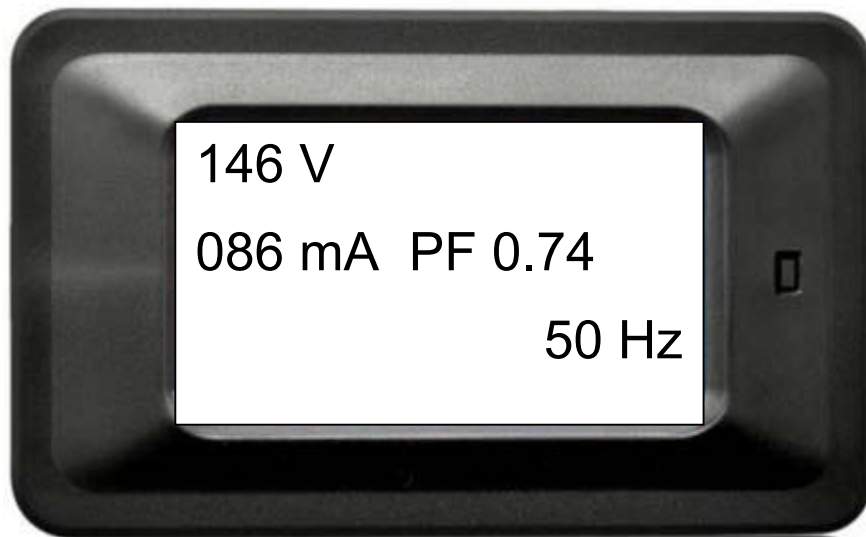
Économique et très compacte, elle ne prend pas beaucoup de place et de puissance absorbée 15 W.

La pompe EheimCompactOn 1000 protège vos poissons de toutes les impuretés qui s'installent régulièrement dans leur lieu de vie.

Caractéristiques :

- pompe pour aquarium de 450 L
- débit : 400 à 1000 L·h⁻¹
- assure le bien-être
- silencieuse
- grille d'aspiration
- totalement submersible
- puissance électrique 15W
- hauteur de refoulement : 6m

DTS4 : mesures de la consommation électrique de la pompe



DTS5 : choix du gradateur

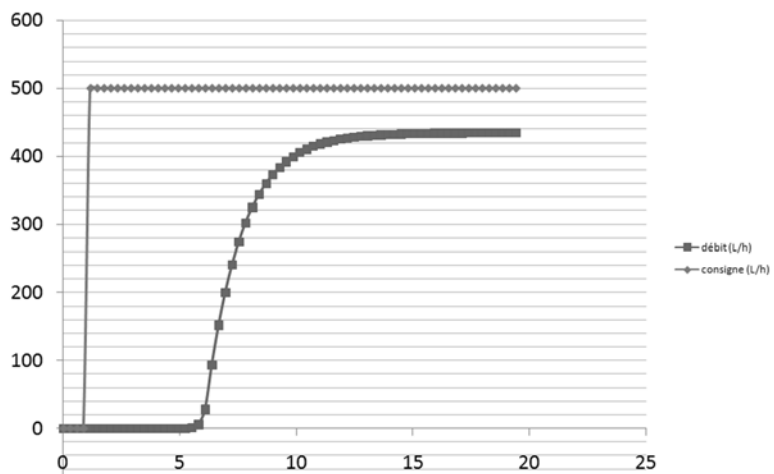
Référence	009100	009101	008200	008201
Type de gradateur	Train d'ondes	Train d'ondes	Angle de phase	Angle de phase
Fréquence d'alimentation	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Tension d'alimentation	1x230 V	1x230 V	1x230 V	1x230 V
Intensité Moteur	2A	9A	2A	9A
Prix	180 € HT	210 € HT	230 € HT	260 € HT

DTS6 : caractéristiques techniques du débitmètre choisi

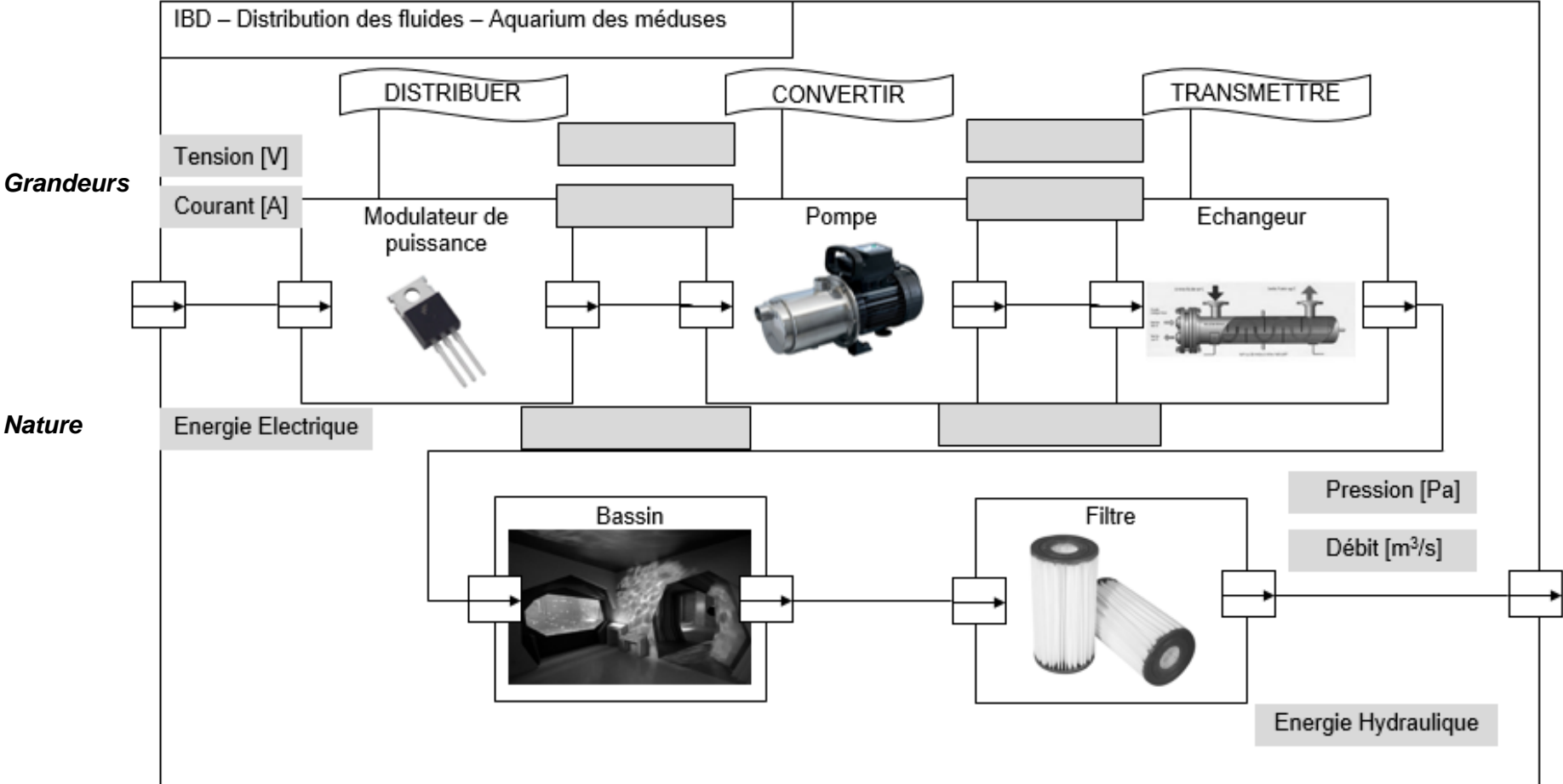
Étendue de la mesure	0 à 750 L·h ⁻¹
Sortie	0 – 5 V
Température d'utilisation	-10° ... +60°C
Pression maximale d'utilisation	8 bars sous 40°C
Protection	IP 67
Précision de la mesure	± 2%

DTS7 : résultats de la simulation lors du démarrage du système

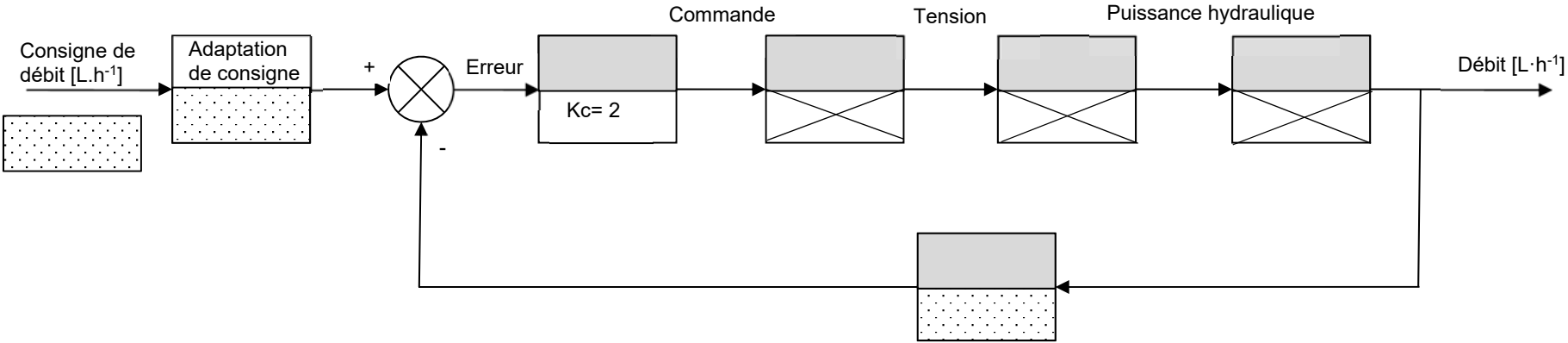
Débit (consigne et Simulation) en L/h en fonction du temps en s


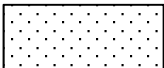


DOCUMENT RÉPONSE DRS1



DOCUMENT RÉPONSE DRS2



-  Noms des appareils
-  Valeurs numériques

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ECO- CONCEPTION

Arche des petites bêtes

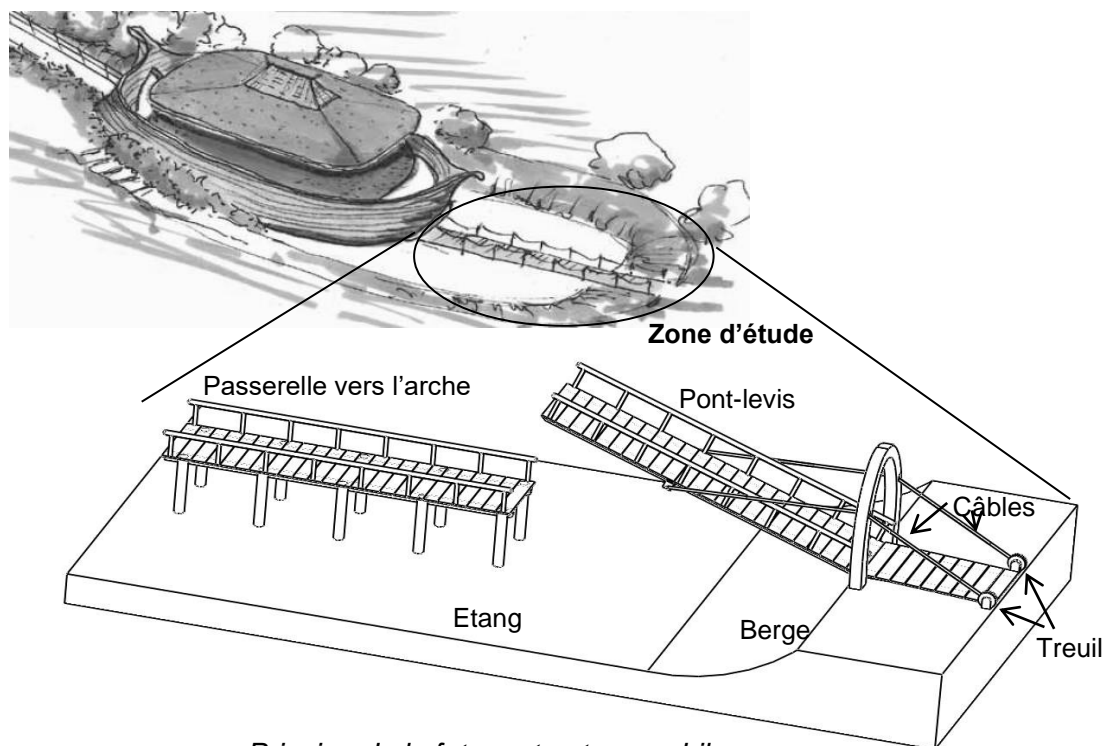


- **Présentation de l'étude et questionnement pages 24 à 29**
- **Documents Techniques pages 30 à 34**
- **Documents Réponses pages 35 à 36**

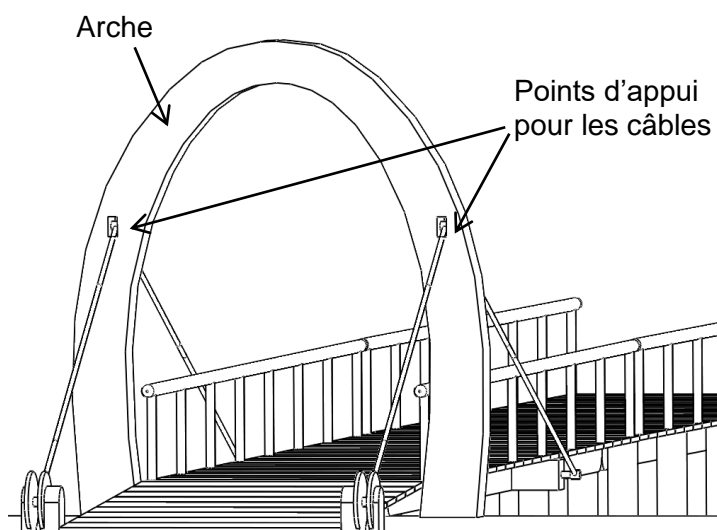
**Dans la partie spécifique, vous devez choisir de traiter la partie B
(choix 1) ou la partie D (choix 2).
Les autres parties A et C sont à traiter obligatoirement.**

Mise en situation

Afin d'assurer une meilleure sécurité de l'Arche des petites bêtes, une étude est menée afin de remplacer la passerelle d'entrée fixe par un **système (passerelle + pont-levis)** mobile bloquant le passage pendant les horaires de fermeture du parc de Thoiry. Le pont sera actionné par 2 câbles tirés par un treuil installé sur la berge, sous la structure d'accès. Sa commande sera programmée ou effectuée à distance. La passerelle de sortie emploiera une solution équivalente non étudiée ici.



Principe de la future structure mobile



Pont-levis en position ouverte

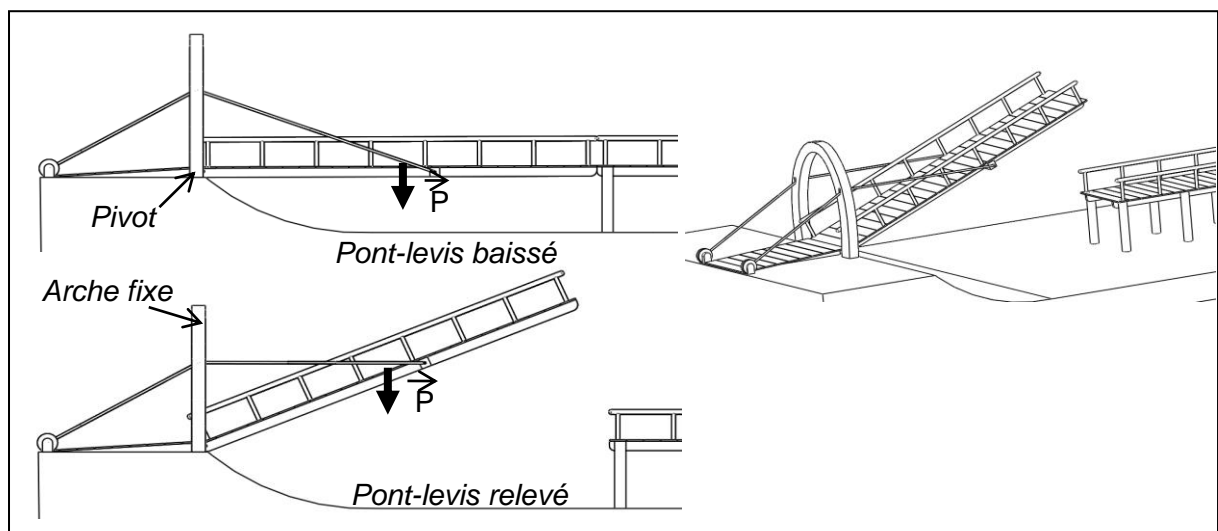
Une structure rigide doit assurer le guidage des câbles grâce à un point d'appui en hauteur. Symboliquement, il est décidé de lui donner la forme d'une arche, le visiteur devant la franchir afin d'accéder à l'Arche des petites bêtes.

L'ensemble de la structure sera en bois (pin) afin de s'intégrer non seulement à l'environnement et au bâtiment existant, mais aussi pour valoriser la démarche d'éco-conception.

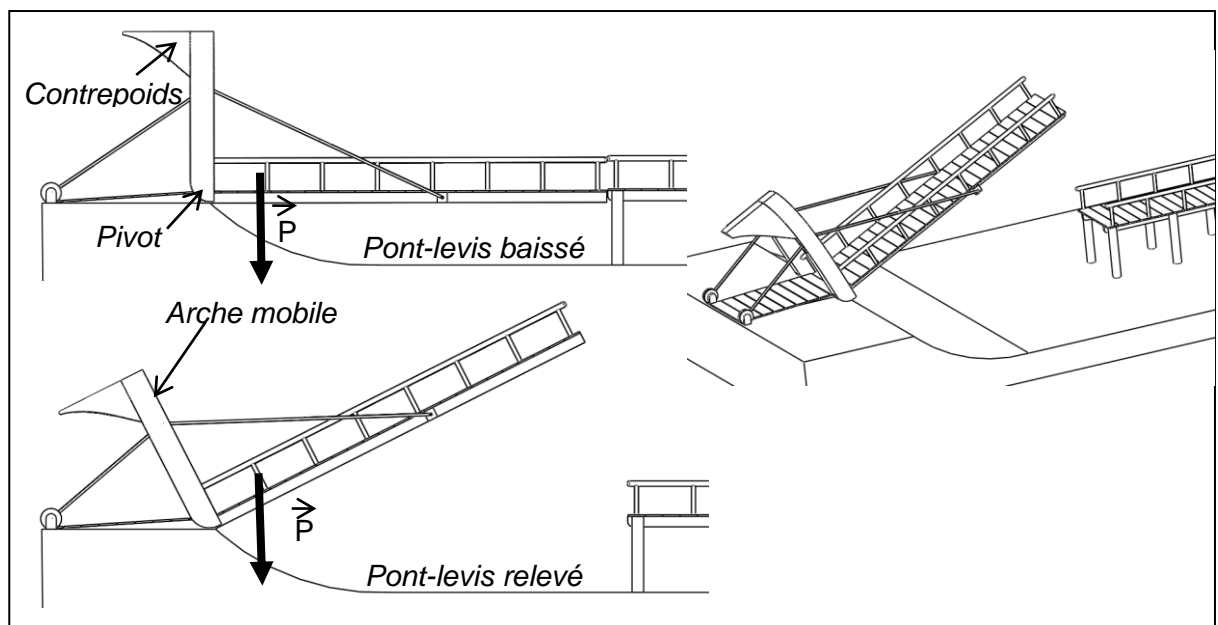
La structure ne doit pas dépasser les 5 mètres de hauteur pour ne pas être visible depuis l'extérieur du parc.

Une solution consommant un minimum d'énergie lors des mouvements de relèvement / descente du pont-levis est recherchée. Deux solutions techniques structurales sont comparées : une version A classique et une version B avec contrepoids qui rapporte le centre de gravité du pont mobile plus près de son axe de rotation, mais qui est plus lourde.

Version A : Pont-levis et arche statique fixée au sol



Version B : Pont-levis avec arche mobile fixée au pont



Travail demandé

Partie A : Comment choisir la structure la plus adaptée d'un point de vue fonctionnel et éco-environnemental ?

Cette partie est traitée à partir de simulations numériques effectuées sur les deux versions de pont, avec les mêmes paramètres d'entrées (loi de vitesse sur les câbles tractant le pont mobile, matériaux employés). Les frottements ont été négligés dans l'étude.

Validation du mouvement.

Afin de comparer les mouvements des deux versions, une loi de vitesse de traction des câbles est définie. Elle est donnée dans le DT-S1.

Question A.1 DT-S1, DT-S2	Déterminer la valeur de l'accélération en $m \cdot s^{-2}$ sur chacune des plages de vitesse. Indiquer si cette loi de vitesse est cohérente avec l'exigence de durée de fermeture de l'accès à l'Arche des animaux.
---------------------------------	--

Les DT-S3 et DT-S4 représentent les résultats de simulation pour chacune des deux solutions.

Question A.2 DT-S2, DT-S3 et DT-S4.	Identifier l'angle d'inclinaison maximal obtenu par chaque solution. Indiquer pour chaque solution si l'exigence angulaire du pont en position haute est respectée.
--	--

Le treuil est composé d'un motoréducteur et d'un tambour unique sur lequel s'enroule les 2 câbles (voir DT-S6). Il permet d'enrouler les deux câbles à une vitesse constante.

Validation de la puissance du moteur

Question A.3 DT-S3 et DT-S4	À partir des documents DT-S3 et DT-S4, identifier l'effort de traction maximale des câbles nécessaire pour chaque solution.
-----------------------------------	--

Question A.4 DT-S1, DT-S3 et DT-S4	Identifier dans le DT-S1 la vitesse maximale de déplacement des câbles. Dans la plage de vitesse constante, calculer , pour chaque solution, la puissance nécessaire pour tracter les câbles. Identifier , pour chaque solution, si l'exigence de puissance maximale est respectée.
---	--

Choix d'une solution structurelle consommant le moins d'énergie sur un déplacement

Question A.5 | Les documents DT-S3 et DT-S4 donnent la puissance moyenne développée. **Calculer**, pour chaque solution, l'énergie consommée pour un cycle de levage (d'une durée de 21 secondes).
DT-S3 et
DT-S4 | **Indiquer** la solution consommant le moins d'énergie.

Choix de la solution structurelle ayant un bilan énergétique global le plus favorable.

Question A.6 | Une analyse du cycle de vie des deux solutions est présentée sur le DT-S5, sur un critère d'énergie dépensée. **Indiquer** quel facteur propre à chaque solution impacte le plus ce bilan énergétique.
DT-S5 | **Conclure** en choisissant la solution qui s'inscrit le mieux dans une démarche d'éco-conception.

Choix 1

Partie B : Comment dimensionner le treuil ?

La solution structurelle A est retenue pour cette étude.

Afin d'assurer le relevage du pont levis en 21 secondes, les câbles doivent être entraînés à la vitesse linéaire de $50 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

L'effort de traction maximale est de 24000 N.

Le tambour d'un treuil (voir DT-S6) est le cylindre sur lequel s'enroule le câble. Dans la gamme de treuil choisie son diamètre est de 100 mm.

Question B.1 | **Calculer** la fréquence de rotation en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ que doit avoir le tambour lors du relevage du pont.

Question B.2 | **Calculer** la puissance maximale développée par le câble.
Le rendement du tambour du treuil est évalué à 0,9. **Calculer** la puissance développée par le motoréducteur.

Question B.3 | Le document DT-S7 donne quelques caractéristiques de motoréducteurs présélectionnés pour le treuil.
DT-S2 | **Choisir** un motoréducteur qui doit également satisfaire l'exigence de puissance maximale.
DT-S7

Question B.4 DR-S3	Le document DR-S3 représente partiellement le pont en position baissée à l'échelle 2 :100. Déterminer la position du point A d'attache du câble lorsque le pont est en position levée. Déduire la longueur de câble à enrouler pour relever le pont. Calculer le nombre de tours que doit faire le treuil pour relever le pont.
-----------------------	--

Partie C : Quels sont les efforts supportés par la liaison pivot du pont-levis ?

Une étude par simulation a été menée, les paramètres et les résultats sont présentés sur le DR-S1.

Question C.1 DR-S1	Représenter sur le DR-S1 les composantes de la résultante de l'action mécanique du sol sur le pont. Échelle 1cm pour 2000 N. Calculer l'intensité de la résultante de cette action mécanique.
-----------------------	--

Question C.2 DR-S1	Préciser la direction de résultante de l'action mécanique du câble sur le pont. Justifier votre réponse.
-----------------------	--

Le projet de réalisation de la liaison pivot avec le support (sol) en O est présenté sur le DT-S8.

Question C.3 DT-S8	Calculer l'intensité de la résultante de l'effort qui s'appliquera sur chaque axe participant à la liaison pivot.
-----------------------	--

Choix 2

Partie D : Comment dimensionner la liaison pivot du pont-levis ?

Pour s'inscrire dans la démarche d'écoconception une étude préliminaire envisage la réalisation des axes de la liaison pivot en bois. On souhaite valider ce choix.

Pré-dimensionnement : un logiciel de calcul a permis de tracer le graphe (DR-S2) donnant le diamètre minimal de chaque axe de la liaison pivot en fonction de l'effort à supporter pour différents matériaux.

Question D.1 | **Déterminer** le diamètre minimal d'un axe en pin pour un effort dans la liaison 23100 N. **Faire apparaître** votre tracé sur le graphe.
DT-S9
DR-S2

Une vérification de résistance du matériau à la pression de contact doit être faite.

La pression de contact se calcul de la manière suivante :

- $P = F / S$
- P est la pression de contact en $N \cdot mm^{-2}$
- F est l'effort dans chaque axe de la liaison, $F = 11550 \text{ N}$
- S est le surface projetée, $S = D \times L$
- D = Diamètre de l'axe
- L = longueur du guidage est de 80 mm.
- La pression maximale admissible par le matériau est $P_{\max} = 25 \text{ N} \cdot mm^2$.

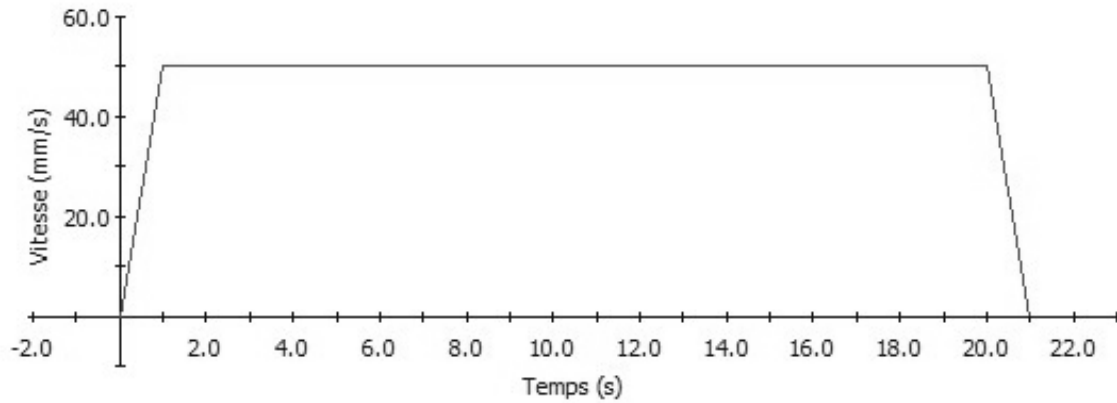
Question D.2 | **Valider ou non** le choix du diamètre de l'axe au regard de la pression de contact.

Le risque d'usure dans une telle liaison réalisée bois sur bois est important.

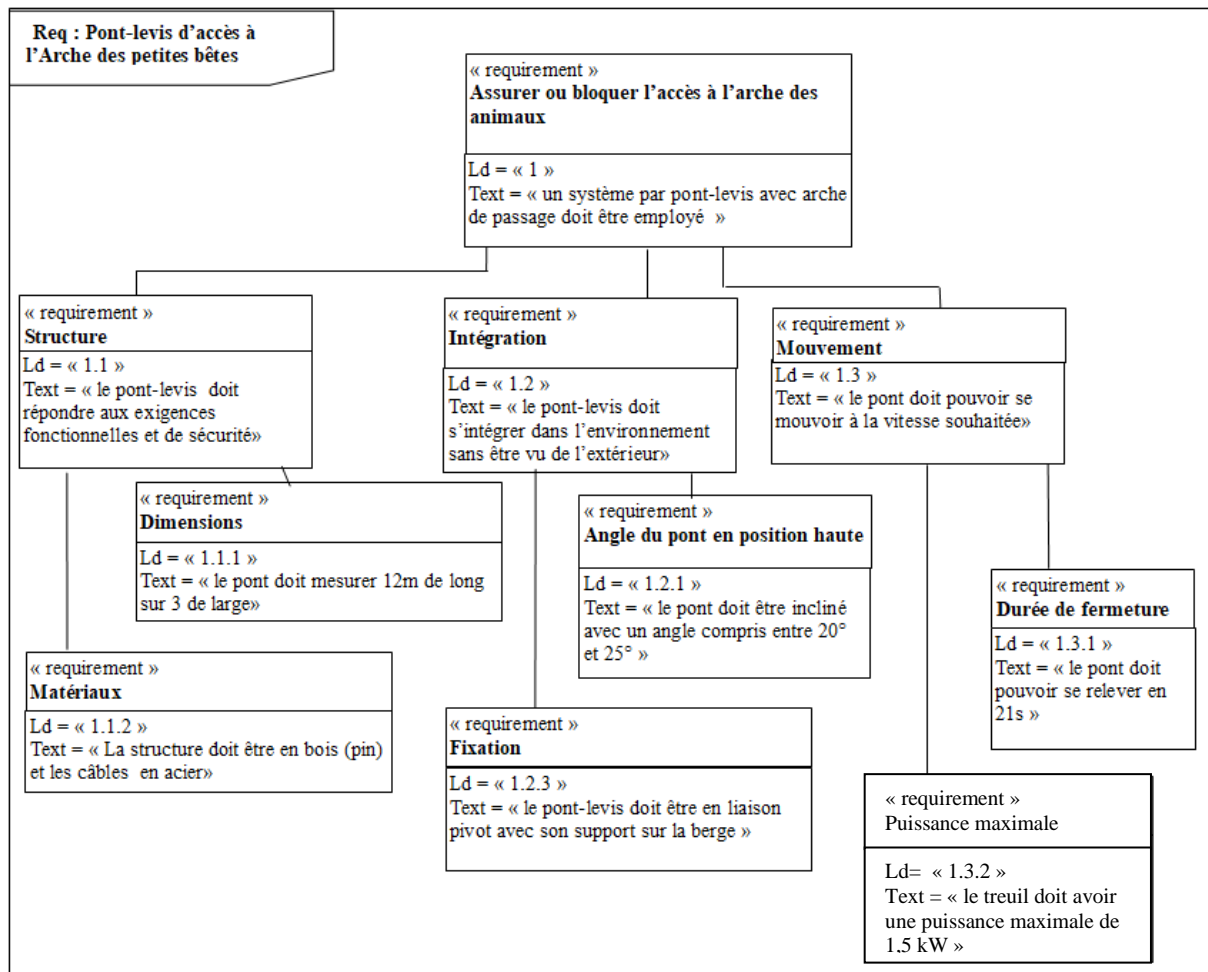
Question D.3 | **Indiquer** sur quelles paramètres dimensionnels il est possible d'agir pour limiter l'usure dans cette liaison.

Question D.4 | Le bureau d'études renonce finalement à ce principe de solution bois sur bois. **Proposer** sous forme d'un schéma commenté une solution technique alternative.

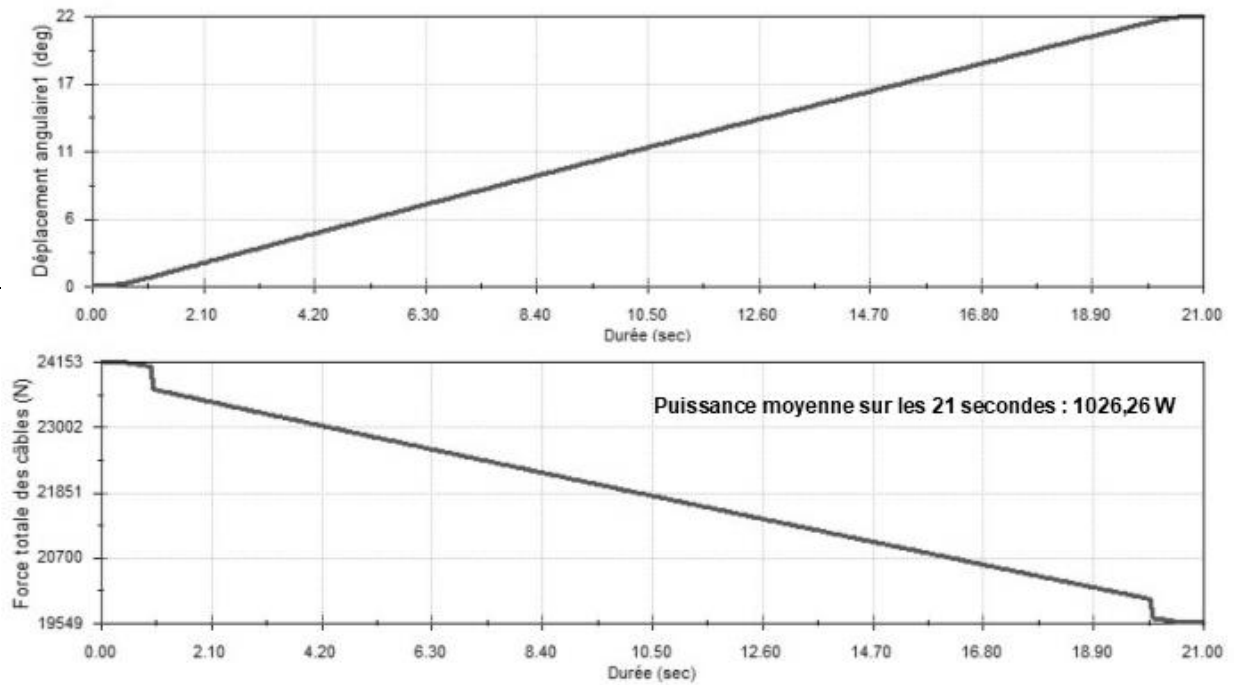
DT-S1 : Loi de vitesse de traction des câbles programmée sur le logiciel de simulation



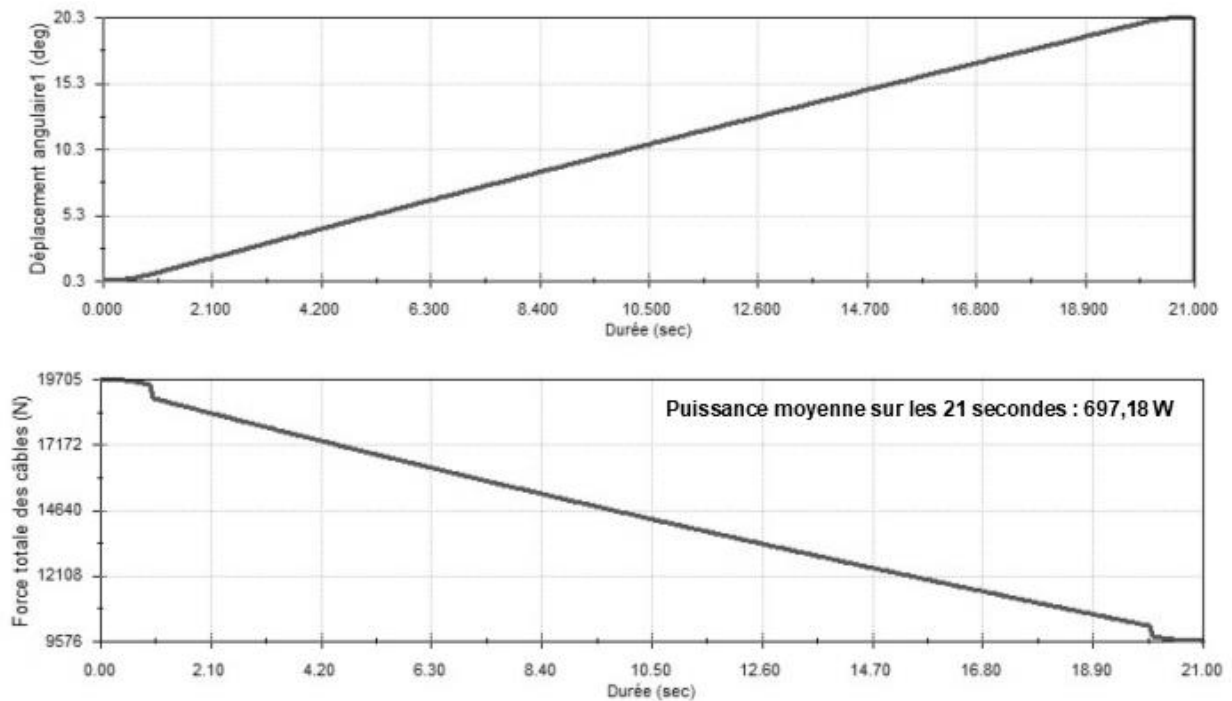
DT-S2 : Diagramme des exigences



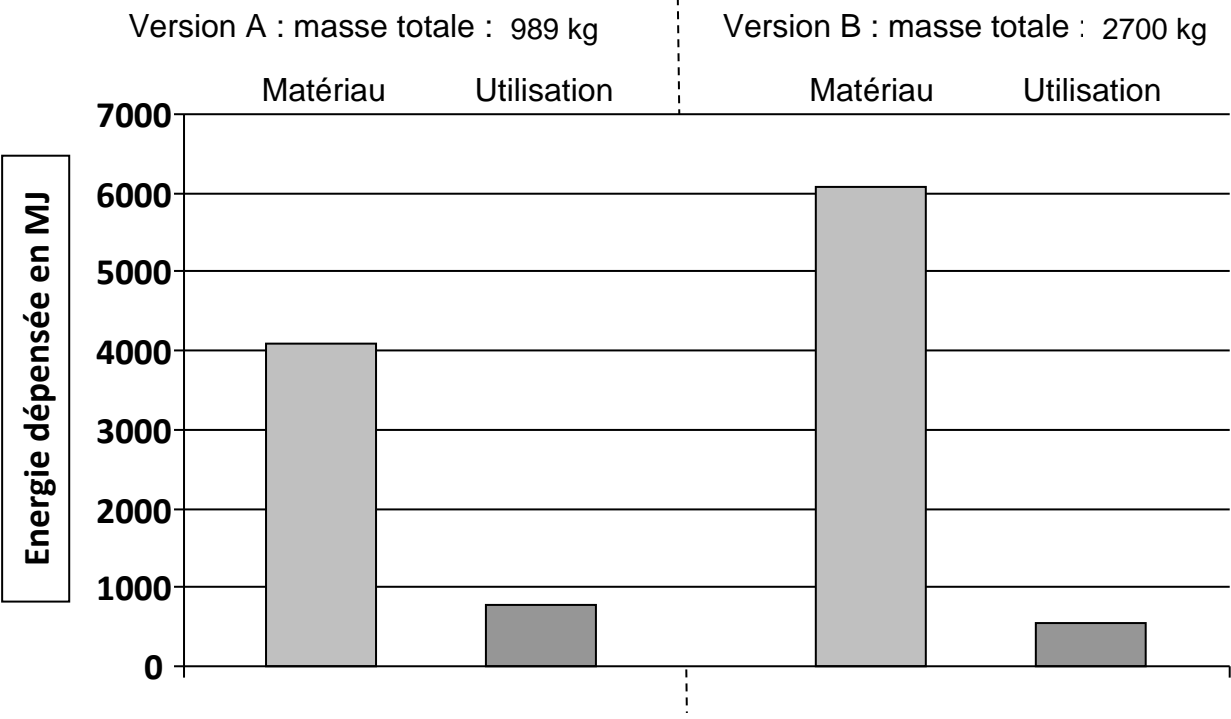
DT-S3 : Analyse du déplacement angulaire du pont et de l'effort total dans les câbles avec la solution A



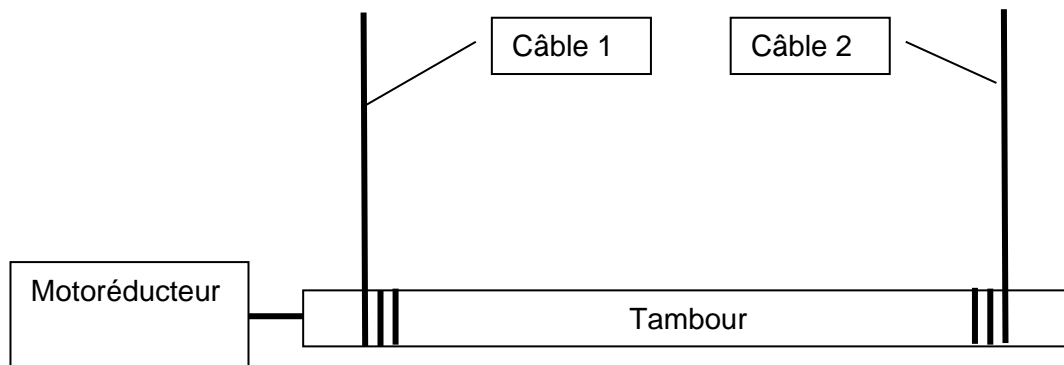
DT-S4 : Analyse du déplacement angulaire du pont et de l'effort total dans les câbles avec la solution B



DT-S5 : Résultats comparatifs de simulations numériques environnementales sur le pont-levis sur 50 ans



DT-S6 : architecture du treuil

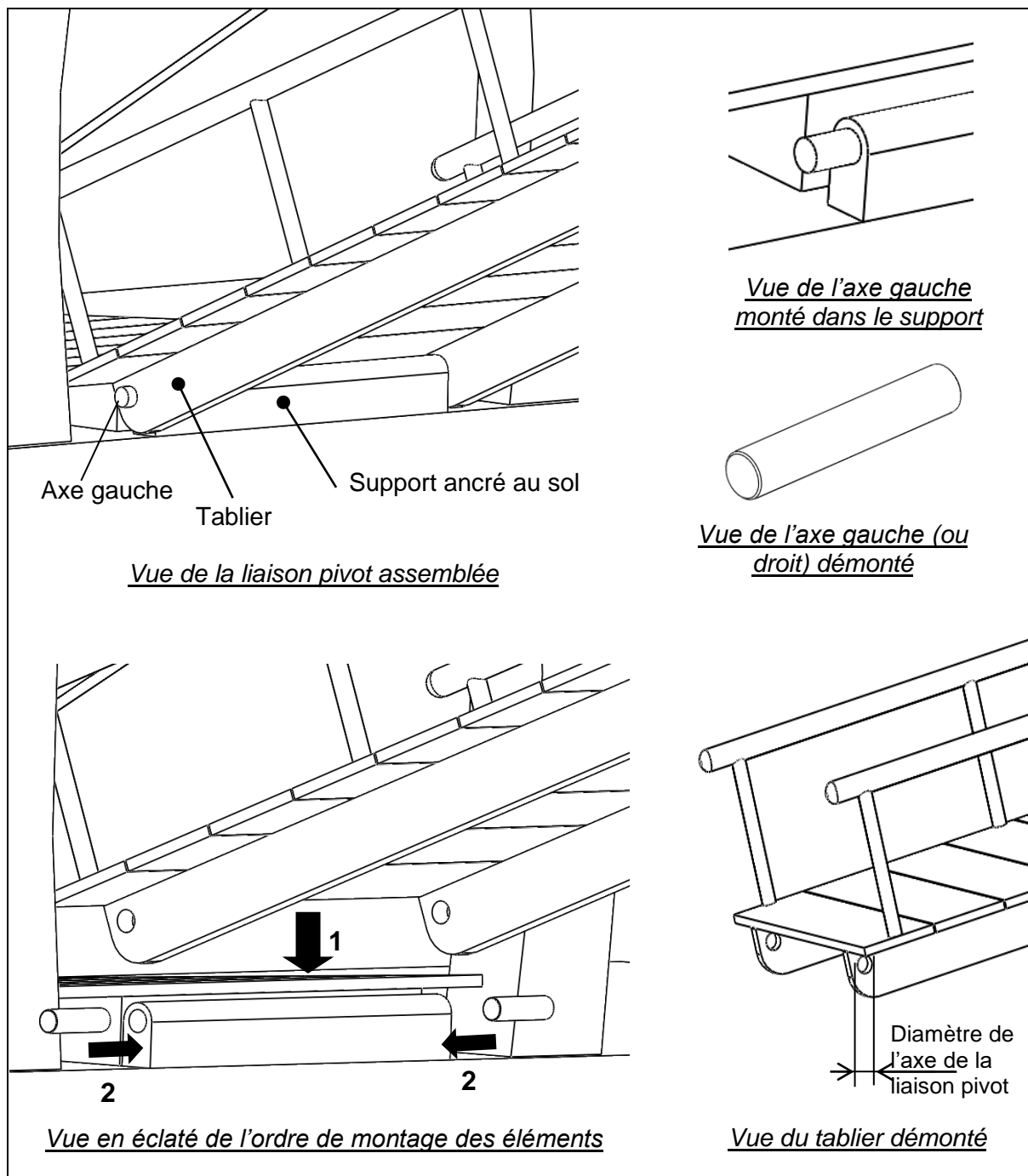


DT-S7 : Tableau comparatif de motoréducteurs

Motoréducteur	Puissance en kW	Fréquence de rotation en tr/min	Prix HT en euros
ITH123 - 11	1,1	9,7	1100
ITH143 - 11	1,1	5,5	2049
ITH133 - 15	1,5	10	1667
ITH143 - 15	1,5	5,5	2049
ITH143 - 22	2,2	9,5	1789
ITH133 - 22	2,2	5,5	2119

DT-S8 : Solution constructive souhaitée par l'architecte pour réaliser la liaison pivot entre le pont-levis et son support sur la berge

Le matériau envisagé dans le projet initial reste, pour une homogénéité, le pin. Compte tenu du mouvement attendu (faible angle, faible vitesse), la liaison pivot entre le pont et son support pourra être réalisée par une articulation. 2 axes (gauche et droit) se monteront en force dans des logements du support fixé au sol. Un léger jeu est prévu entre les alésages du tablier et les 2 axes afin d'assurer la mobilité.

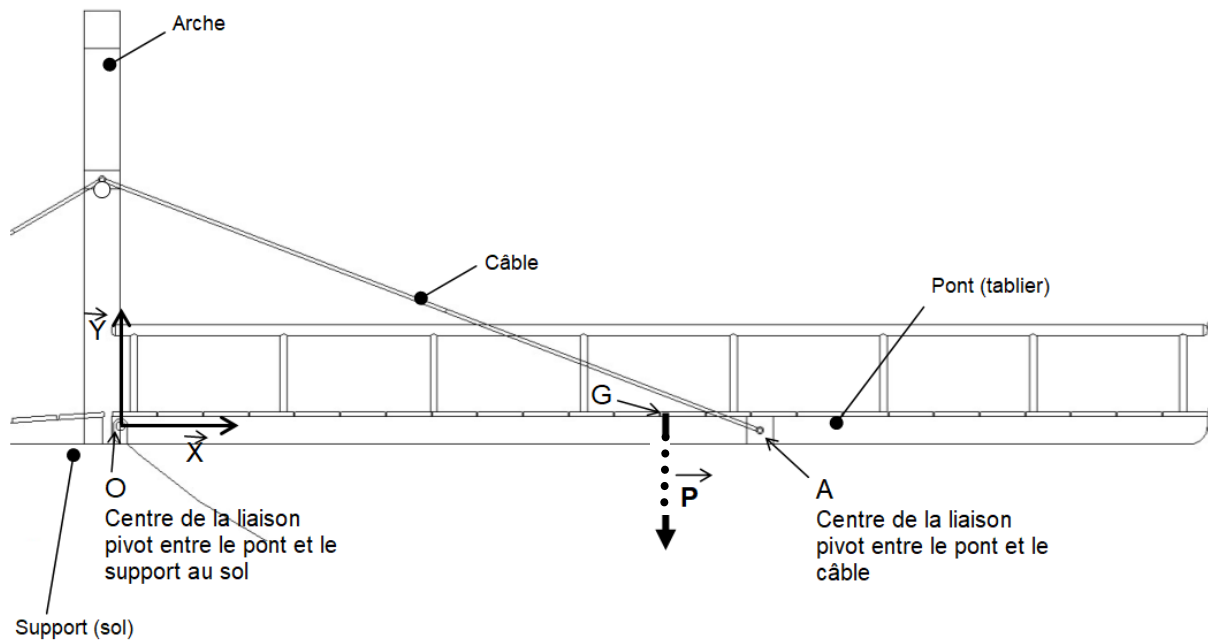


DR-S1 : détermination des actions de contact par résolution du PFS appliqué au tablier du pont-levis à l'aide un logiciel de calcul

Étude statique sur le pont (tablier) du pont-levis version A dans le cas le plus critique de la partie 1, soit en position horizontale. Elle se simplifiera par les hypothèses suivantes : le problème est plan (dans le plan (O, X, Y)) et les actions des 2 câbles de traction sont modélisées par une unique action somme des deux. Aucun piéton ne doit être présent sur le tablier durant les manœuvres (pas d'action mécanique due à leur poids).

Bilan des actions mécaniques sur le tablier du pont isolé :

- Poids \vec{P} (9700 N) en G
- Action du câbles sur le pont dans la liaison pivot en A
- Action du sol sur le pont dans la liaison pivot en O

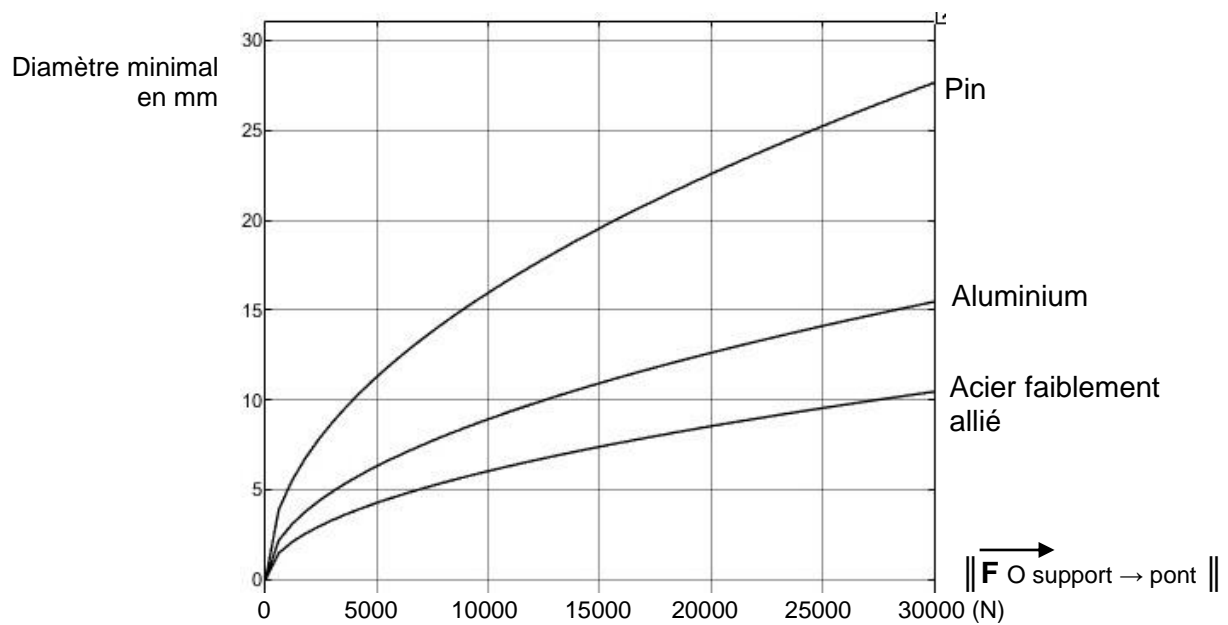


Résultats :

Action	Poids en G		Action des câbles en A		Action du support en O	
	Résultante	Moment	Résultante	Moment	Résultante	Moment
X	0	0	- 23 023	0	23 023	0
Y	- 9 703	0	8380	0	1 323	0
Z	0	0	0	0	0	0

Les composantes de résultantes sont en N, celles de moment en N·m.

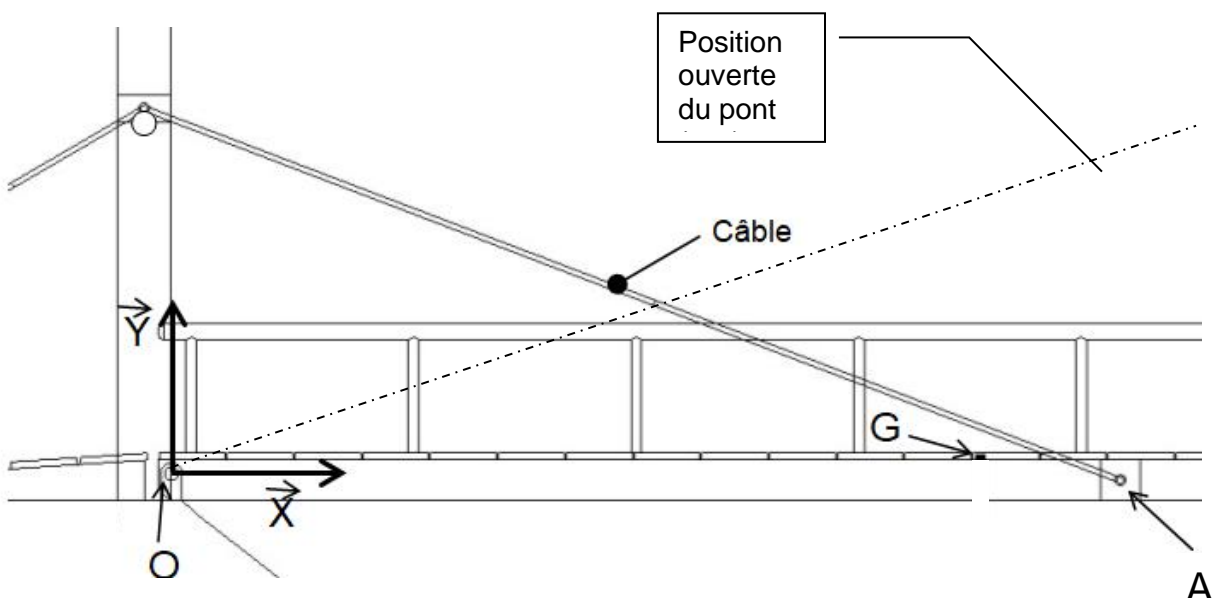
DR-S2 Détermination du diamètre minimal des axes de la liaison pivot du pont en fonction de l'effort dans la liaison selon le critère de cisaillement



Abaque de dimensionnement pour un coefficient de sécurité de 2

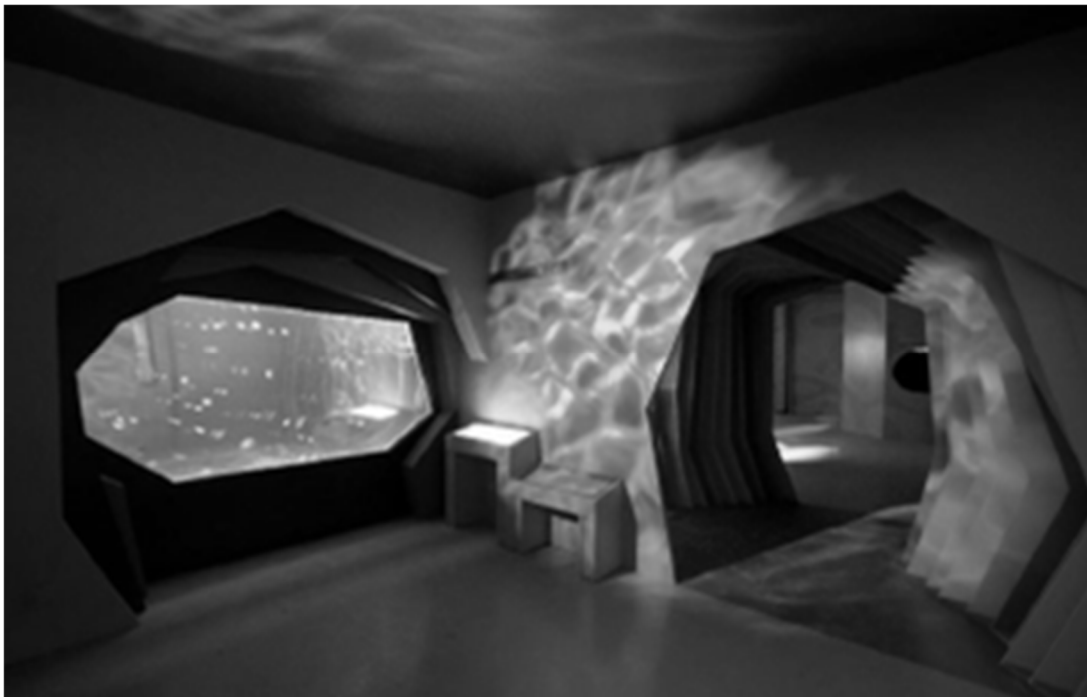
Diamètre minimal de l'axe de la liaison pivot =

DR-S3 Détermination de la longueur de câble à enrouler



SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Protection des méduses – la zone Océan



- **Présentation de l'étude page 24**
- **Questionnement pages 25 à 28**
- **Documents techniques spécifiques DT S1 à DT S4 pages 29 à 32**
- **Documents réponses DR S1 à DR S2 pages 33 à 34**

Dans la partie spécifique, vous devez choisir de traiter la partie B (choix 1) ou la partie D (choix 2).

Les autres parties A, C et E sont à traiter obligatoirement.

Mise en situation

Extrêmement répandue, la méduse lune fréquente toutes les mers et les océans du globe, à l'exception des eaux très froides des régions polaires. La prolifération des méduses est un indicateur du réchauffement de la température des eaux, mais aussi de la disparition de leurs prédateurs (tortue marine, thon, poisson-lune...).



Afin de sensibiliser les visiteurs aux effets du réchauffement climatique, l'aquarium des méduses est situé à l'entrée de l'Arche des petites bêtes. Dans la première zone (zone d'alerte sur les menaces pesant sur la nature), l'idée principale est de prévenir l'Homme quant à l'urgence d'agir pour sauver la biodiversité.

Pour éviter toute mort rapide des méduses en captivité, il est essentiel de garantir certaines conditions de vie au niveau de leur aquarium :

- il est conçu pour créer un flux d'eau continu ;
- il a des formes arrondies afin que les méduses ne puissent pas se bloquer dans les coins ;
- une filtration est assurée pour que les méduses ne soient pas aspirées ;
- la température optimale est comprise entre 18 et 22 °C.

Travail demandé

Problématique : comment garantir la température de l'eau satisfaisante pour les méduses dans l'aquarium ?

Le constructeur de l'installation décide d'utiliser une sonde de température de type PT100. Cette sonde convertit une température en résistance électrique (Ω). Un montage de type Pont de Wheatstone est alors utilisé pour obtenir une image de la température sous la forme d'une tension continue qui doit être comprise entre 0V et 5V. Cette tension est ensuite convertie en signal numérique afin d'être traitée dans un régulateur Tout Ou Rien. Le signal de commande en sortie du régulateur est transmis au système de pilotage grâce à un bus de terrain de type KNX.

La précision voulue en terme de mesure de température est de 0,5°C.

Le cahier des charges impose le contrôle de la température dans le bassin toutes les secondes et qu'elle reste toujours comprise entre 18°C et 22°C.

Partie A : comment acquérir la température de l'eau ?

La structure de la chaîne d'information est donnée sur le DR S1

Question A.1
DR S1

Indiquer la nature et le type d'information qui circule entre les différents éléments en complétant le DR S1.

- Liste des mots utilisables pour le type d'information (ligne du haut) : température, tension, résistance ;
- liste des mots utilisables pour la nature des informations (ligne du bas) : numérique, analogique.

Le concepteur de l'aquarium a choisi une sonde de température de type PT100 dont les caractéristiques sont données dans le DT S1. Pour garantir une plage de mesure suffisante, on souhaite être en capacité de mesurer une température comprise entre 0°C et 55°C.

Question A.2
DT S1

Justifier l'emploi d'une sonde PT100 pour mesurer la température, à partir des données du cahier des charges et des données techniques du DT S1.

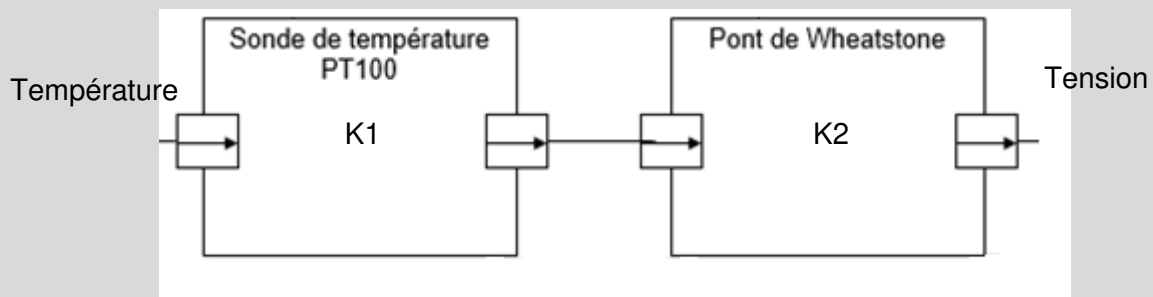
Question A.3
DT S1

Relever les valeurs de résistances de la PT100 correspondant aux valeurs extrêmes que l'on souhaite pouvoir mesurer.

Choix 1

Partie B : comment adapter le signal de la mesure de température ?

Le système d'adaptation choisi est un pont de Wheatstone dimensionné pour donner les résultats présentés dans le DT S2. La figure suivante représente la chaîne d'acquisition du système :



Question B.1

Calculer la valeur de K, coefficient de transfert de la chaîne de mesure.

Question B.2	<p>Conclure sur le respect ou non du cahier des charges en termes de plage de température mesurée et en termes de plage de tension en sortie du capteur pour ce modèle de pont de Wheatstone, à partir :</p>
DT S1	<ul style="list-style-type: none"> • des résultats de la question précédente ;
DT S2	<ul style="list-style-type: none"> • des résultats présentés sur le DT S2.
<p>La tension de sortie du pont de Wheastone est convertie en valeur numérique via un convertisseur analogique/numérique</p>	
<p>On considérera que la tension en entrée du convertisseur varie entre 0 et 5V pour une température variant entre 0 et 55°C.</p>	
<p>Le concepteur du système a choisi d'utiliser un convertisseur 8 bits, avec une plage d'entrée de 0 à 5V.</p>	
Question B.3	<p>Calculer le quantum du système d'acquisition en degrés Celsius (°C) sur la plage de température définie.</p>
Question B.4	<p>Conclure sur la capacité du système à respecter le cahier des charges.</p>

Partie C : comment réguler la température de l'eau ?

Pour la suite du sujet, on considérera que le quantum du système d'acquisition est de 0,21°C. La température de consigne est réglée à 20°C. On rappelle que le cahier des charges impose une température comprise entre 18°C et 22°C.

Le DT S3 rappelle le fonctionnement d'un régulateur TOR à hystérésis.

Question C.1	<p>Déterminer, en décimal puis en hexadécimal, les 2 valeurs des seuils à programmer dans la partie initialisation de l'algorithme pour respecter le cahier des charges.</p>
DT S3	

Question C.2	<p>Compléter la partie initialisation de l'algorithme du DR S2.</p>
DR S2	

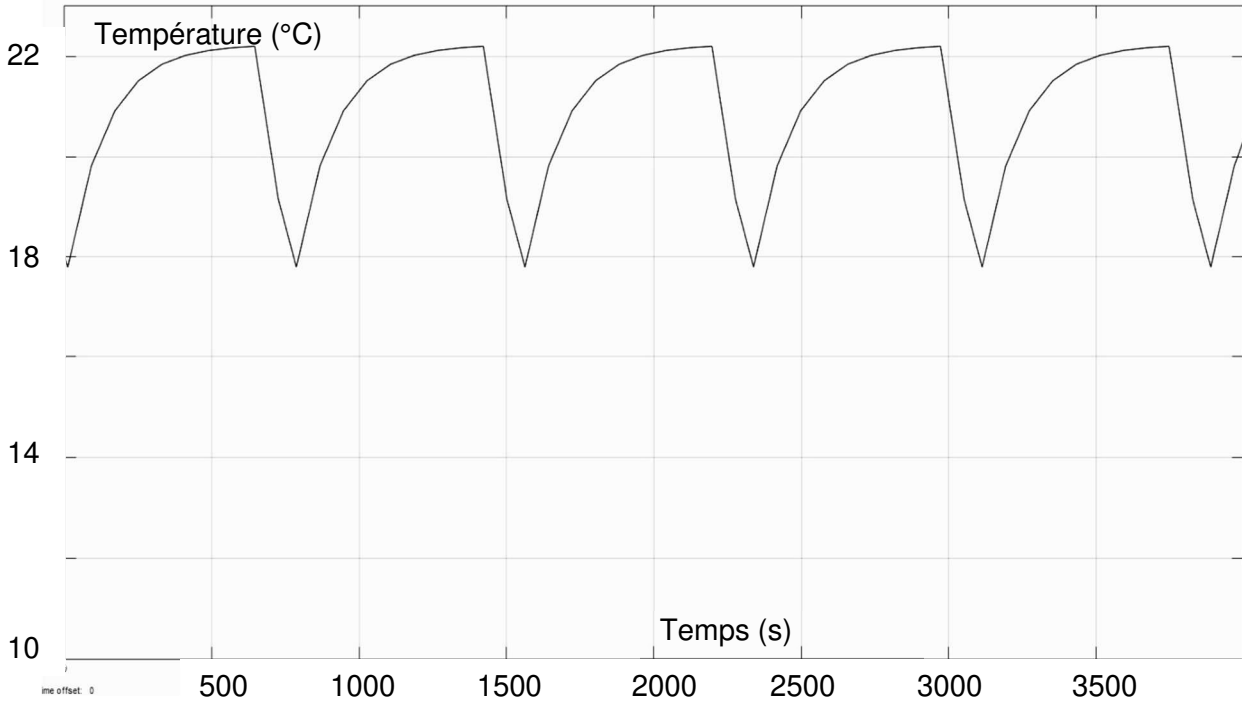
La transmission de l'information au système se fait grâce à un bus de terrain numérique. Il est donc nécessaire que la sortie du régulateur soit codée sur un octet.

Question C.3

DT S3
DR S2

Compléter la partie TOR de l'algorithme du DR S2 en indiquant les valeurs hexadécimales de commande COM à envoyer au système de chauffe.

La figure suivante montre le résultat de la simulation du système piloté par le régulateur TOR. On peut voir l'évolution de la température en fonction du temps.



Question C.4

Conclure sur la capacité du système de régulation à respecter le cahier des charges, compte tenu de la précision attendue.

En vue de l'amélioration de la qualité de vie des méduses, on souhaite diminuer les variations de température au sein de l'aquarium. Le nouvel écart voulu est de 2°C autour des 20°C de consigne.

Question C.5

Proposer une modification dans le système de régulation qui permettrait de réduire l'écart de température.

Choix 2

Partie D : comment assurer un contrôle de l'information suffisamment rapide ?

Le constructeur de l'installation a choisi un bus de terrain de technologie EIB avec protocole KNX. Le document technique DT S4 rappelle les caractéristiques de ce type de bus.

Question D.1

DT S4

Déterminer le nombre de bits composant un télégramme, sachant que le régulateur doit fournir une seule donnée au système de chauffe.

Question D.2

DT S4

Déterminer le nombre de capsules, puis le nombre total de bits à transmettre, afin de délivrer un télégramme, en tenant compte du fonctionnement du bus KNX.

Question D.3

DT S4

En déduire le temps ($t_{\text{transmission}}$) mis par le bus pour transmettre l'ordre de chauffe ou de non-chauffe au système de chauffage.

On estime le temps d'acquisition et le temps de cycle du calculateur aux valeurs suivantes :

$t_{\text{acquisition}} = 10,8 \text{ ms}$ et $t_{\text{calcul}} = 100 \text{ ms}$

Rappel : le cahier des charges impose un contrôle de la température toutes les secondes.

Question D.4

Conclure sur le respect ou non du cahier des charges en termes de temps de traitement global des informations.

Partie E : conclusion générale.


Question E.1

Conclure sur les solutions mises en œuvre pour respecter le cahier des charges en terme de contrôle de la température dans le bassin des méduses.

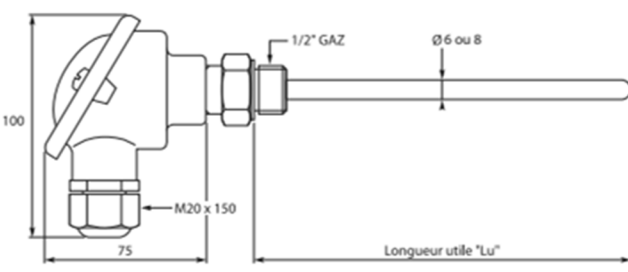
DT S1 : Sonde PT100

Les sondes de température de type platine (PRTD – Platinum Resistance Temperature Detector) sont des capteurs d'un emploi courant dans l'industrie en raison de leur grande fiabilité. Les principaux modèles rencontrés sont référencés PT100, PT500, PT1000, ce qui indique la valeur de la résistance électrique nominale à 0°C.

SONDE PT100



A VISSER AVEC TÊTE DE RACCORDEMENT DE TYPE B



OPTIONS

- Gaine de protection recouverte PTFE (température maxi 200 °C)
- Tête à verrouillage rapide ou tête PVC
- Sortie analogique par convertisseur
- Autre longueur, autre diamètre ou autre raccord sur demande

Gaine de protection : acier inox 316 L - Ø 8 x 1 mm ou Ø 6 x 0,4 mm

Sonde : Pt 100 céramique DIN IEC 60751 classe A, simple ou double enroulement en montage 3 fils (2 ou 4 fils sur demande)

Raccord : 1/2" GAZ cylindrique mâle en acier inox 316 L

Tête de raccordement : type B en alliage d'aluminium revêtu époxy,

sortie de câble par presse-étoupe polyamide (M20 x 150), Ø de serrage de 5 à 12 mm

Température d'utilisation : -50 à +450 °C

Réf.	BOSI	"Lu"	"Ød"	type de sortie	
50 mm	50	1 x Pt 100	1	Ø 6 mm	-6
100 mm	100	2 x Pt 100	2	Ø 8 mm	-8
150 mm	150				
200 mm	200				
250 mm	250				
300 mm	300				
350 mm	350				
400 mm	400				
500 mm	500				
600 mm	600				
750 mm	750				
1000 mm	1000				

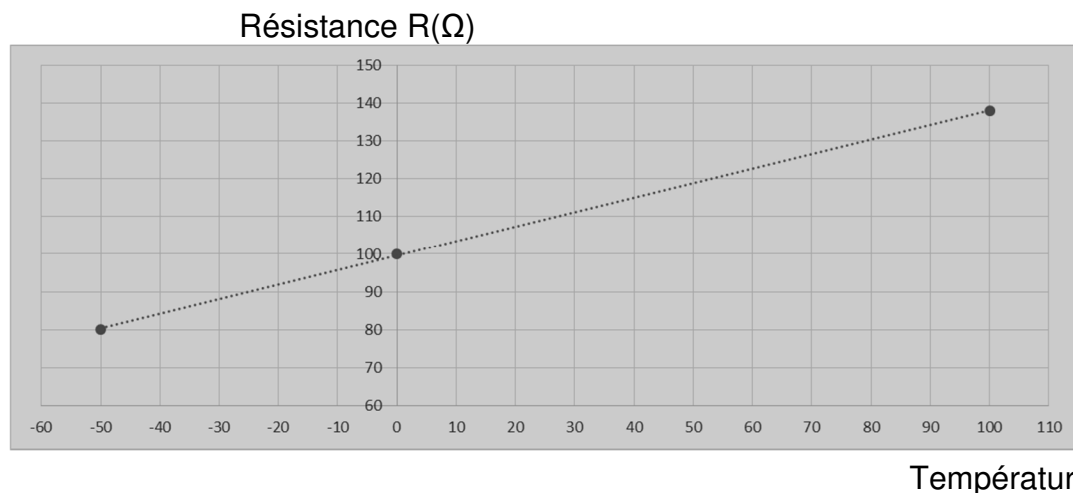


Convertisseurs
(voir pages 132 à 145)



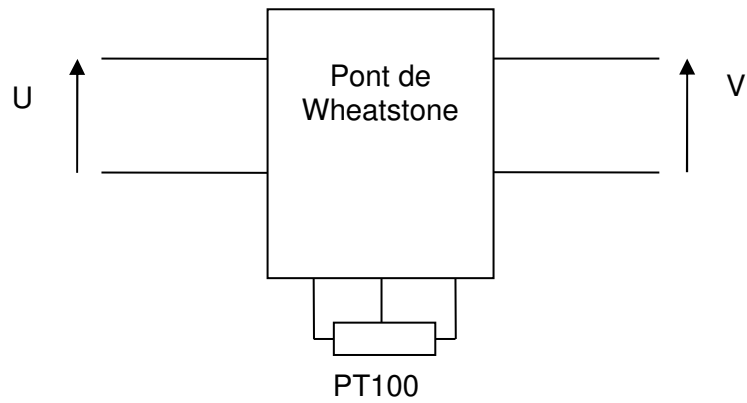
Doigts de gant
(voir pages 101 à 103)

Courbe caractéristique :



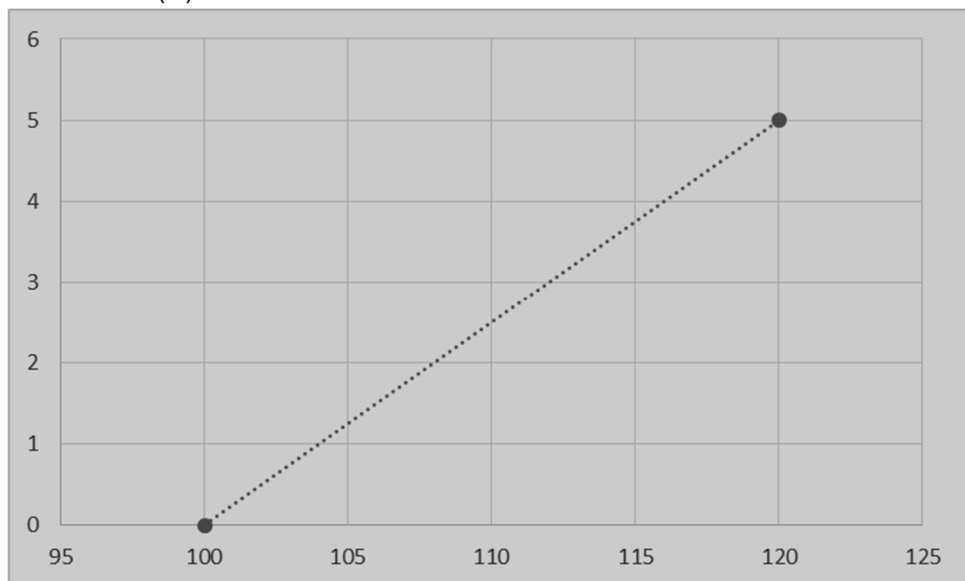
DT S2 : Pont de Wheatstone

Montage d'un pont de Wheatstone :



Courbe caractéristique :

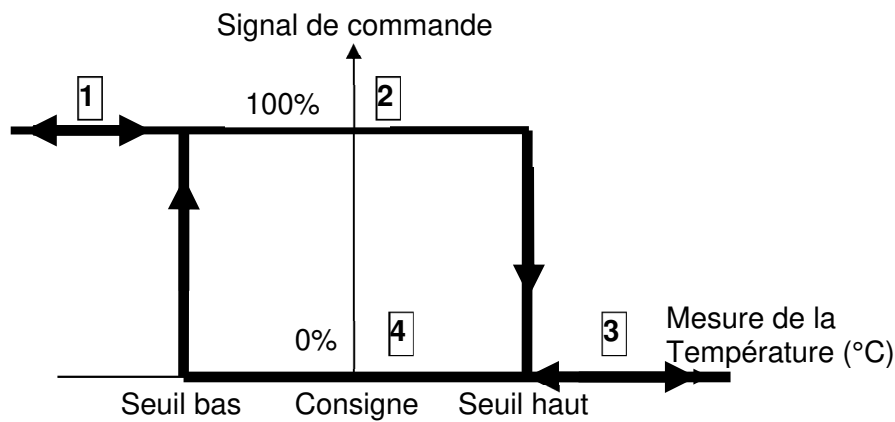
Tension de sortie V(V)



Résistance de sonde $R_{PT100}(\Omega)$

DT S3 : Régulateur Tout Ou Rien (TOR) avec Hystérésis

Caractéristique d'un régulateur TOR à hystérésis :



Entrée du régulateur : numérique 8 bits – sortie du régulateur : numérique 8 bits

Cycle de fonctionnement :

1 : La température mesurée est inférieure au seuil bas de la consigne. La commande est à 100% - le signal de commande est \$FF

2 : La température est en train d'augmenter, elle est comprise entre les deux seuils. La commande est à 100% - le signal de commande est \$FF

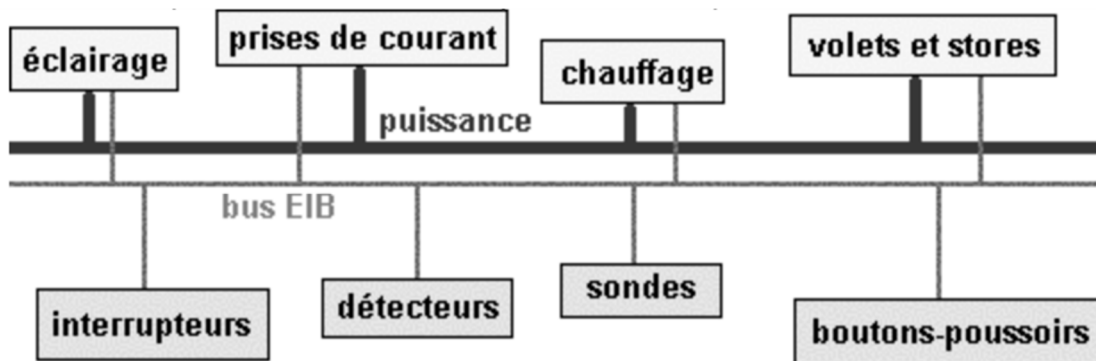
3 : La température mesurée est supérieure au seuil haut de la consigne. La commande est à 0% - le signal de commande est \$00

4 : La température est en train de baisser, elle est comprise entre les deux seuils. La commande est à 0% - le signal de commande est \$00

DT S4 : Bus EIB – Standard KNX

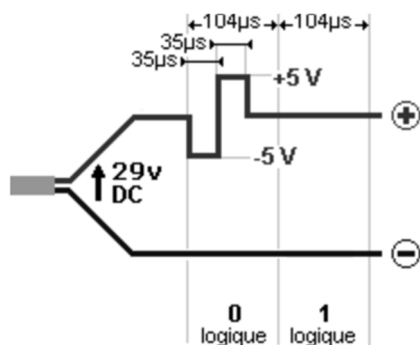
Architecture d'une installation EIB – KNX

Le circuit de puissance est alimenté en 230V ou 400V / 50 Hz. Le circuit de commande est constitué par une paire torsadée ou par une liaison radio ou infra-rouge. La transmission des données peut aussi se faire par courant porteur sur le circuit de puissance.



Chaque élément connecté au bus EIB/KNX est indépendant des autres éléments. Il est capable d'envoyer un message qui sera "entendu" par les autres éléments, mais traité uniquement par l'élément concerné.

Technique de transmission



Les données qui forment le « message » EIB/KNX sont transmises en mode série différentiel avec un débit de 9600 bits/s.

Le « 0 » logique est un signal alternatif d'amplitude 5 V, superposé au 29 V. Le « 1 » logique correspond à l'absence de signal.

Tous les participants du bus peuvent échanger des informations entre eux à l'aide de télégrammes, découpés en différents champs, du type :

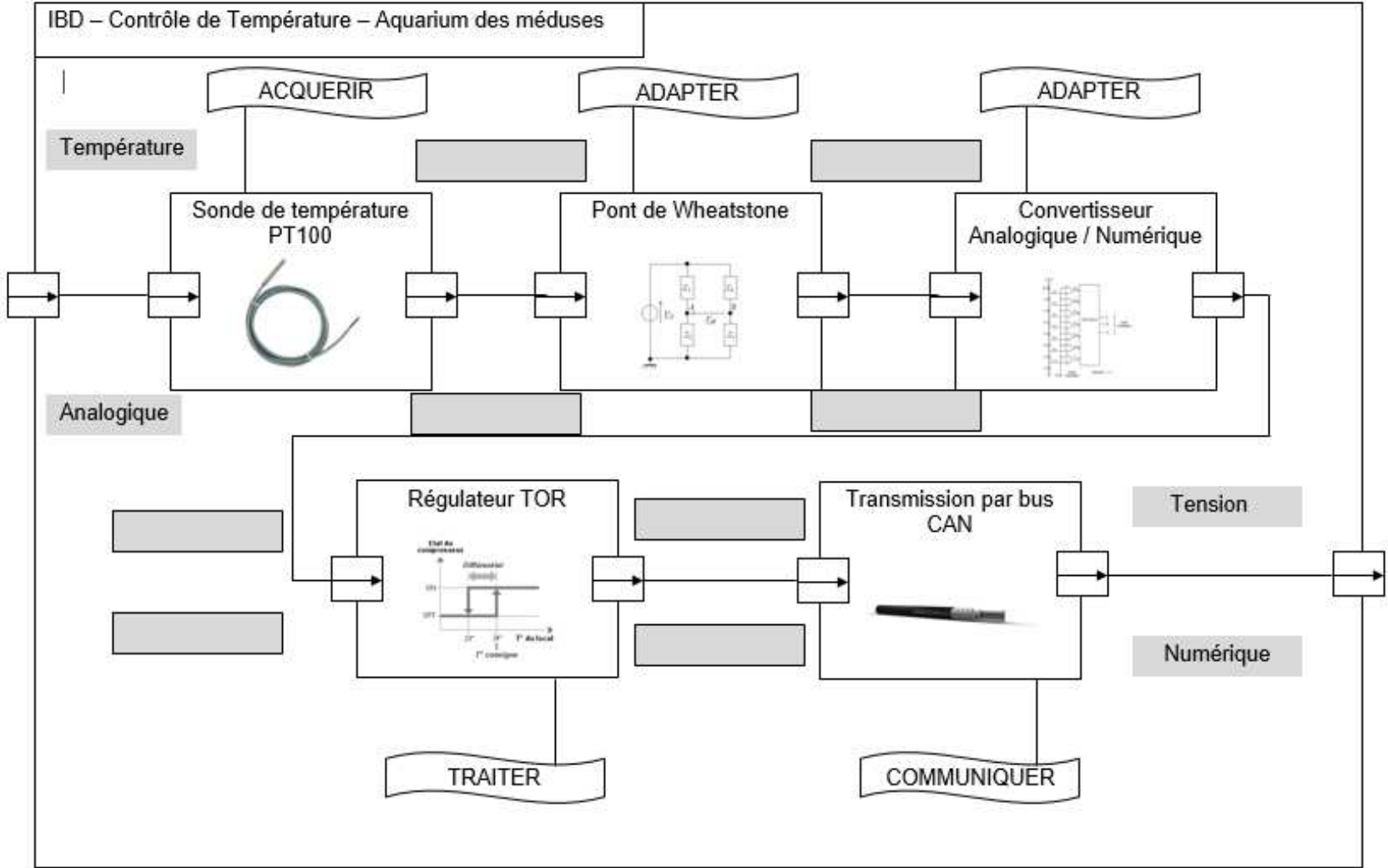
	contrôle	adresse expéditeur	adresse destinataire	compteur de routage	longueur	données	sécurité
bits	8	16	17	3	4	16 x 8 maxi	8

La transmission se fait par capsules. Le format d'une capsule est :

START	Données								Parité	STOP	Pause	
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1

START (0 logique) + 8 Données (morceau de télégramme) + Parité Paire + STOP (1 logique) + PAUSE (2 x 1 logique)

DOCUMENT RÉPONSE DR S1



Algorithme de programmation du régulateur TOR :

