BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

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 28 pages numérotées de 1/28 à 28/28.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	14 points
Partie spécifique (durée indicative 1h00)	6 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.

PARTIE COMMUNE (14 points)

Station hydro-éolienne de l'île d'El Hierro

- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 3 à 9
- Documents techniques ..... pages 10 à 15
- Documents réponses..... page 16

Mise en situation

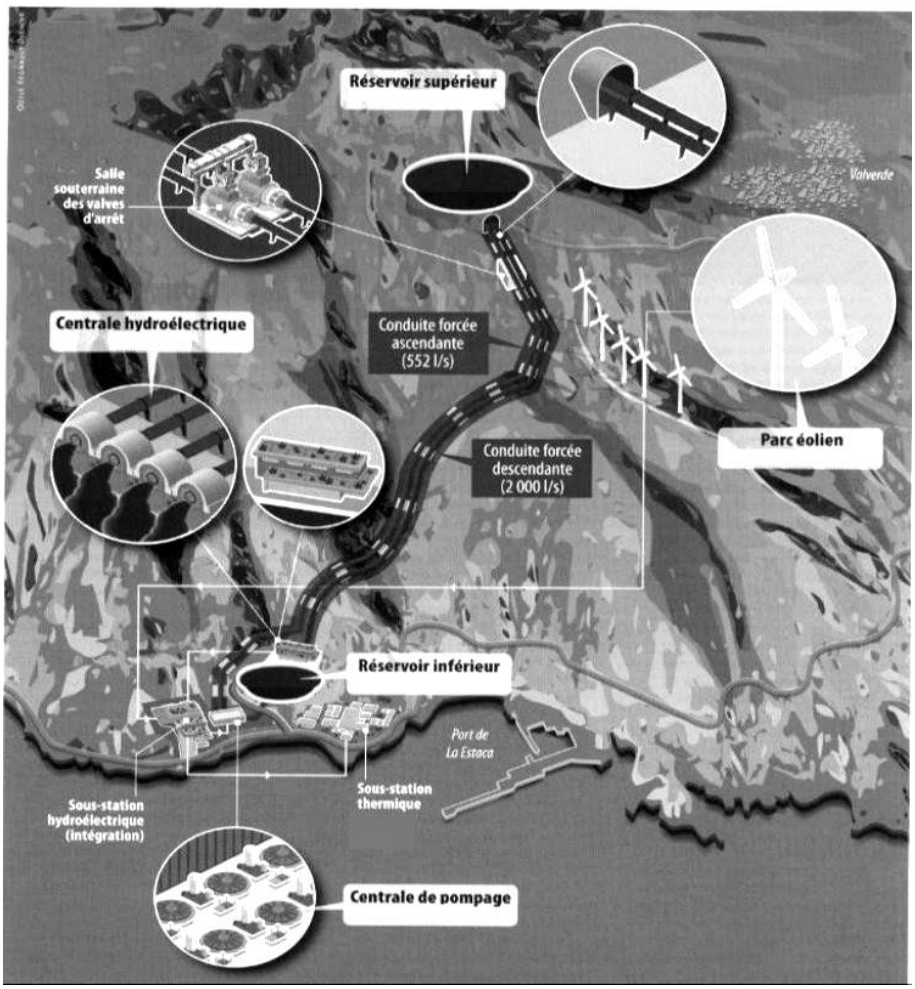
El Hierro est une île volcanique des Canaries, aux pentes abruptes et escarpées, façonnée par le vent et aux versants balayés en permanence par celui-ci. D'une surface de 278 km², elle est peuplée de 10 700 habitants et reçoit environ 2 500 touristes par mois.

Avec la profondeur des fonds sous-marins autour et même entre les îles des Canaries, El Hierro est totalement isolée d'un point de vue électrique.

La consommation annuelle de l'île est de 42 GW·h avec des appels de puissance variant de 2,5 à 7,5 MW.

Jusqu'en 2014, la production électrique était intégralement assurée par une centrale thermique fonctionnant au diesel. Depuis juin 2014, une station hydro-éolienne a été implantée pour réduire la dépendance de l'île au diesel importé.

SCHÉMA DE L'IMPLANTATION DE LA STATION HYDROÉOLIENNE D'EL HIERRO



Ce site de production d'électricité renouvelable comprend un parc éolien constitué de cinq éoliennes et une centrale hydroélectrique qui tire profit du dénivelé rapide de l'île volcanique. En effet, deux réservoirs de rétention d'eau ont été creusés pour alimenter la centrale. Le réservoir supérieur est rempli grâce à des pompes qui remontent l'eau du réservoir inférieur. C'est un système de Station de Transfert d'Energie par Pompage (STEP).

Travail demandé

Partie 1 – Pourquoi la station hydro-éolienne s'inscrit-elle dans une démarche de développement durable ?

L'objectif est de vérifier la capacité du réservoir supérieur de la station hydro-éolienne.

La station hydro-éolienne doit permettre à l'île d'El Hierro de garantir son indépendance énergétique comme présenté dans le DT1.

Question 1.1 DT1	**Identifier**, dans le diagramme des exigences de l'autonomie de la station hydro-éolienne, un argument (id 1.1 à 1.5) inscrivant l'exploitation de ce site de production d'électricité dans chacun des trois piliers du développement durable suivants : - une démarche environnementale ; - une démarche sociétale ; - une démarche économique.

Une part importante de la consommation d'électricité de l'île d'El Hierro est utilisée pour alimenter une station de dessalement de l'eau de mer.
L'eau dessalée est essentielle pour l'île, car elle permet d'assurer l'irrigation des terres agricoles. Cette eau douce est stockée dans les réservoirs, en particulier dans le réservoir supérieur auxquels sont reliés les systèmes d'irrigation de l'île.

Question 1.2 DT1, DT2	**Relever** le volume attendu pour le réservoir supérieur. **Comparer** ce volume à l'exigence en eau douce pour l'agriculture.

Lors des travaux de terrassement pour la construction du réservoir supérieur, des problématiques de terrain n'ont pas permis d'atteindre le volume initialement prévu.

Question 1.3 DT1, DT3	**Calculer** le volume réel du réservoir V_{Sup} en considérant une forme rectangulaire et une profondeur constante de 12 m. **Conclure** sur le respect de l'exigence en eau pour l'agriculture.

Partie 2 – La centrale hydroélectrique de la station répond-t-elle aux appels de puissance électrique de l'île ?

L'objectif est de vérifier si la centrale hydroélectrique peut répondre aux appels de puissance électrique de l'île.

La centrale hydroélectrique de la station est un système de station de transfert d'énergie par pompage (STEP). Le système peut fonctionner en pompage ou en turbinage.

Fonctionnement en pompage : quand la demande en électricité est inférieure à la production, la STEP utilise l'électricité excédentaire des éoliennes pour pomper de l'eau du réservoir inférieur vers le réservoir supérieur.
L'eau stockée dans le réservoir supérieur constitue ainsi une réserve d'énergie sous forme d'énergie potentielle.

Fonctionnement en turbinage : quand la demande en électricité est supérieure à la production des éoliennes, l'eau redescend du réservoir supérieur dans une conduite forcée. La STEP actionne mécaniquement une turbine qui va entraîner un alternateur. Ce fonctionnement va générer une production électrique qui pourra alimenter l'île pour pallier l'intermittence des éoliennes.

Question 2.1 DR1	**Compléter** la chaîne d'énergie de la STEP en turbinage.

L'énergie potentielle de turbinage est donnée par la formule :

$$\mathbf{W_p = m \times g \times h}$$

W_p : énergie potentielle en J (3600 J = 1 W·h)
m : masse en kg
g : accélération due à la pesanteur (g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$)
h : hauteur de chute en m

L'énergie maximale disponible par turbinage de la STEP est limitée par le volume du plus petit des 2 réservoirs (ici le réservoir inférieur).

La masse volumique de l'eau est ρ = 1000 $kg \cdot m^{-3}$ avec $\rho = \frac{m}{V}$ et V : volume en m^3.

Question 2.2 DT2	**Déterminer** la hauteur de chute entre les 2 réservoirs. **Calculer** l'énergie potentielle maximale de turbinage W_{pmax} en MW·h.

Le rendement du turbinage est égal à 0,85.

Question 2.3	**Calculer** l'énergie électrique maximale W_{emax} produite par la STEP en MW·h.

L'énergie maximale de turbinage de la station hydro-éolienne est fixée pour la suite du travail à 230 MW·h. La consommation électrique annuelle de l'île est de 42 GW·h.

Question 2.4	**Déterminer** la consommation électrique journalière de l'île. **Comparer** cette consommation avec l'énergie maximale de turbinage.

Les appels de puissance électrique sur l'île peuvent atteindre 7,5 MW. Les turbines de la STEP doivent être capables de fournir une puissance suffisante pour répondre à ces appels.

Question 2.5 DT2	**Calculer** la puissance maximale de la STEP en turbinage. **Conclure** sur la réponse de la STEP aux appels de puissance électrique.

Partie 3 – La station hydro-éolienne permet-elle d'atteindre les objectifs fixés par les exploitants ?

L'objectif est de valider les gains environnementaux apportés par la station hydro-éolienne.

La production électrique des éoliennes pour les années 2023 et 2024 est présentée dans le DT4.

Question 3.1 DT4	**Relever** le mois de plus forte production et le mois de plus faible production pour les deux années.

Le DT5 montre le bilan de la production électrique de l'île pour l'année 2024.

Question 3.2 DT1, DT5 DR2	**Compléter** les valeurs de production sur le DR2. **Calculer** la part des énergies renouvelables dans la production totale pour les 3 périodes identifiées dans le DR2. **Conclure** sur le respect de l'exigence.

Le DT6 détaille l'intensité carbone de différents moyens de production énergétique.

Question 3.3 DT5, DT6	**Relever** les émissions de CO_2 par kW·h pour les 2 modes de production énergétique utilisés sur l'île. **Calculer** les émissions de CO_2 globale de la production électrique de l'île pour l'année 2024.

Avant l'ouverture de la station hydro-éolienne, la production électrique de l'île était uniquement assurée par la centrale thermique fonctionnant au diesel.

Question 3.4 DT1, DT6	**Calculer** les émissions de CO_2 si l'île avait uniquement utilisé la centrale diesel en 2024. **En déduire** le gain en émissions de CO_2 pour l'année 2024. **Conclure** sur le respect de l'exigence.

Partie 4 – La technologie V2G peut-elle répondre à l'accroissement de l'autonomie énergétique de l'île ?

L'objectif est de vérifier si la technologie V2G peut répondre à l'accroissement de l'autonomie énergétique de l'île de 2 à 4 jours après l'utilisation des véhicules en cycle urbain.

Une des solutions envisagées pour atteindre l'autonomie complète de l'île est la technologie V2G (Vehicle-To-Grid). Cette technologie consiste à augmenter l'énergie de stockage en connectant des véhicules électriques au réseau. Ainsi, la batterie d'une voiture électrique est envisagée comme une extension du réseau de distribution, une unité de stockage dans lequel le fournisseur d'électricité peut puiser ponctuellement.

Une étude statique sur un véhicule électrique lors d'un déplacement à vitesse constante dans le contexte de l'ile d'El Hierro est présentée dans le DT7.

Le bilan des forces au véhicule en projection sur l'axe $\vec{x}$ détermine l'expression de la force motrice nécessaire au déplacement : $F_{motrice} = F_{trainée} + F_{roulement} + P_x$

La relation entre la pente p en % et l'angle α en ° est $p = 100 \times \tan(\alpha)$.

La composante du poids projetée sur l'axe $\vec{x}$ est $P_x = m \times g \times \sin(\alpha)$.

Question 4.1	**Calculer** la composante du poids P_x pour un angle d'inclinaison correspondant à une pente de 5 %. **En déduire** la force motrice $F_{motrice}$ nécessaire au déplacement sur une pente à 5 %.

La vitesse moyenne lors des trajets domicile travail est ici estimée à 40 $km \cdot h^{-1}$. La force motrice est égale à 1 000 N.

La puissance mécanique nécessaire au déplacement peut être calculée à l'aide de la relation suivante :

P = F × V

P : puissance mécanique en W
F : force motrice en N
V : vitesse du déplacement en $m \cdot s^{-1}$

Le rendement global de l'ensemble batterie - roues est de 80 %.

Question 4.2	**Calculer** la puissance mécanique P nécessaire au déplacement. **En déduire** la puissance électrique P_e fournie au moteur.

La durée d'un trajet moyen domicile travail est estimée à 25 minutes. La puissance électrique moyenne absorbée par le moteur a été mesurée à 14 000 W lors du trajet aller.

Grâce à la récupération d'énergie en descente et en freinage, le trajet retour consomme 35 % d'énergie en moins que le trajet aller. L'énergie électrique emmagasinée du pack batteries du véhicule électrique est de 41 kW·h.

Question 4.3	**Déterminer** les énergies nécessaires aux trajets aller et retour, notées respectivement W_{aller} et W_{retour} en kW·h. **En déduire** l'énergie restante, W_{rest} en kW·h, permettant d'alimenter le réseau électrique d'El Hierro sachant que la batterie ne doit pas se décharger au-delà de 80 % de sa capacité totale.

Le réservoir supérieur n'offre qu'une autonomie de 3 jours à la centrale hydroélectrique. L'utilisation de la technologie V2G doit accroître l'autonomie énergétique de l'île de 2 jours supplémentaires.

La consommation de puissance moyenne vaut 5,2 MW pour une population de 11 000 habitants.

Pour une voiture, l'énergie restante moyenne permettant d'alimenter le réseau électrique de l'île est estimée à 23 kW·h.

Question 4.4	**Calculer** l'énergie nécessaire, W_{supp} en kW·h, pour accroître l'autonomie énergétique de l'île de 2 jours supplémentaires. **En déduire** le nombre de voitures nécessaires permettant de fournir l'énergie nécessaire. **Conclure** sur la réponse de la technologie V2G à l'accroissement de l'autonomie énergétique de l'île d'El Hierro.

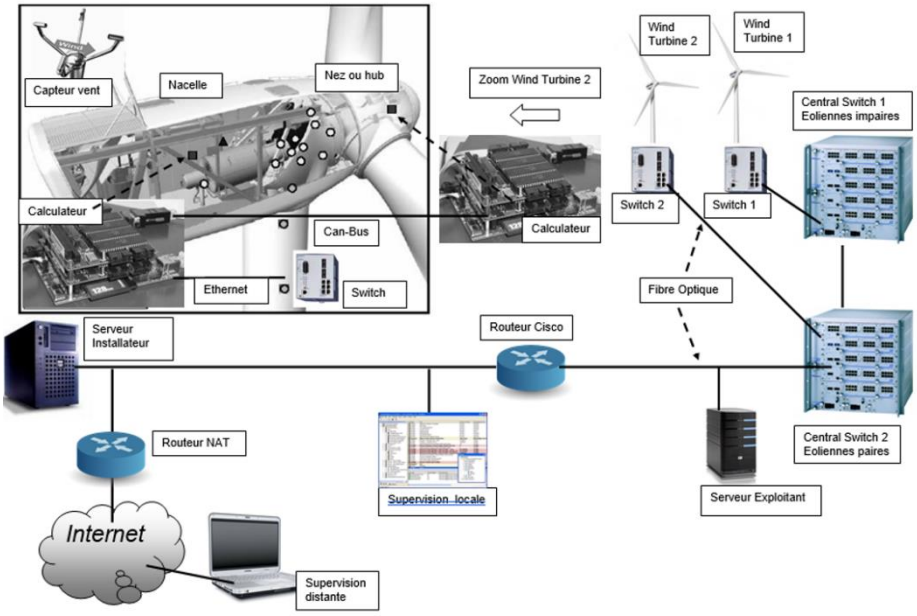
Partie 5 - Comment le système d'information permet-il la supervision du parc éolien ?

L'objectif est de valider la surveillance du parc éolien par le système d'information.

Le système d'information du parc éolien est structuré en plusieurs réseaux distincts :

- réseau installateur : c'est le réseau interne à chaque éolienne, incluant notamment la nacelle et le mât ;
- réseau exploitant : c'est le réseau intranet du parc, assurant la communication entre les différentes éoliennes et le centre de contrôle ;
- réseau de gestion : c'est le réseau d'accès externe, permettant la connexion avec des systèmes ou entités situés en dehors du parc.

Une représentation simplifiée de l'architecture du système d'information est présentée ci-dessous :



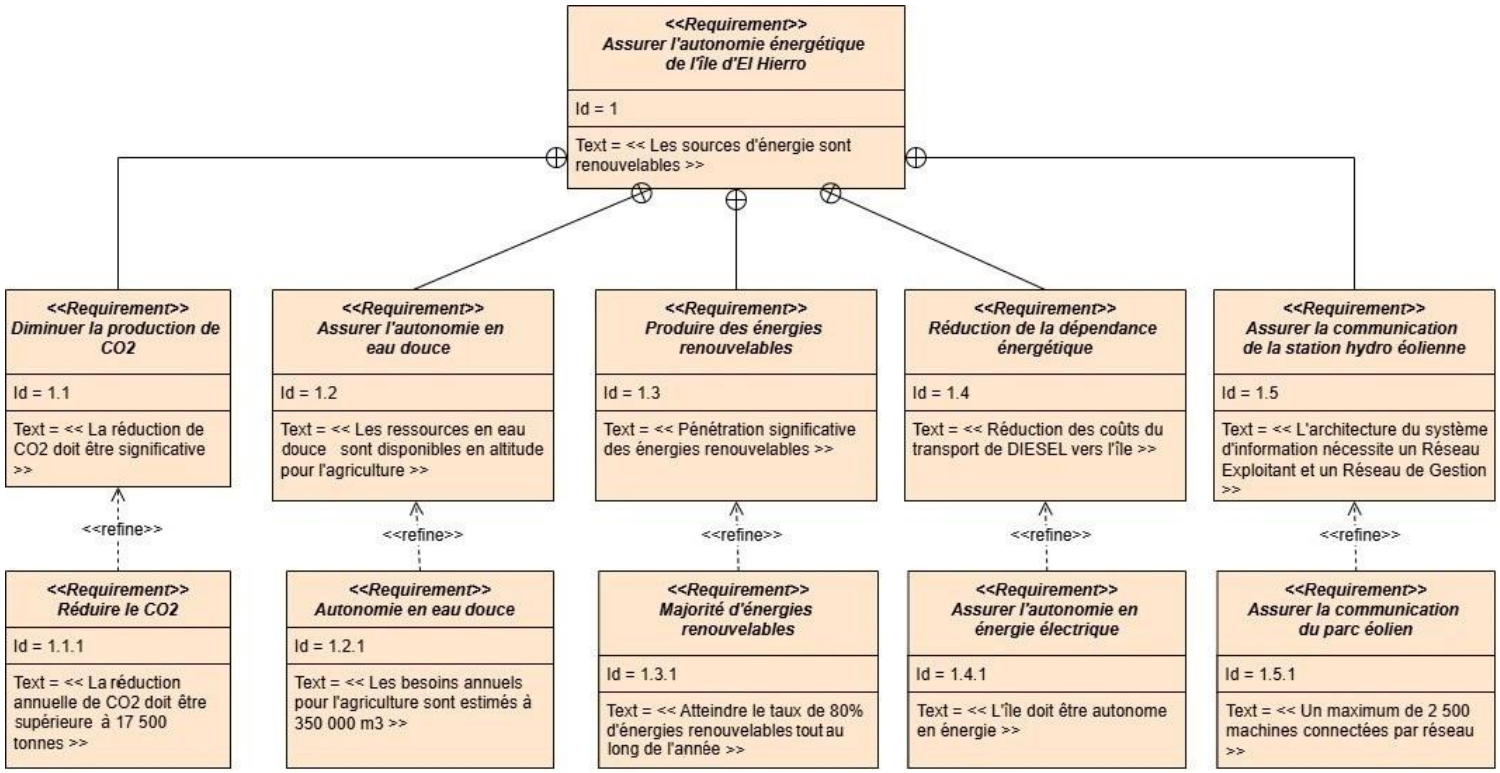
Question 5.1 DT8	**Relever** l'adresse IP de l'éolienne 5 sur le réseau exploitant.
Question 5.2 DT1	**Justifier** que le masque de sous-réseau du réseau exploitant est 255.255.240.0. **Indiquer** pour le réseau exploitant, les adresses IP suivantes : première machine ; dernière machine ; diffusion (Broadcast).
Question 5.3 DT1	**Déterminer** le nombre maximum de machines adressables sur le réseau exploitant. **Conclure** sur le respect de l'exigence.

Des capteurs de température sont utilisés pour surveiller la température des composants mécaniques de l'éolienne (génératrice, réducteur…). Un échauffement de ces composants au-dessus de 80 °C déclenche par sécurité une alerte au niveau du service de maintenance.

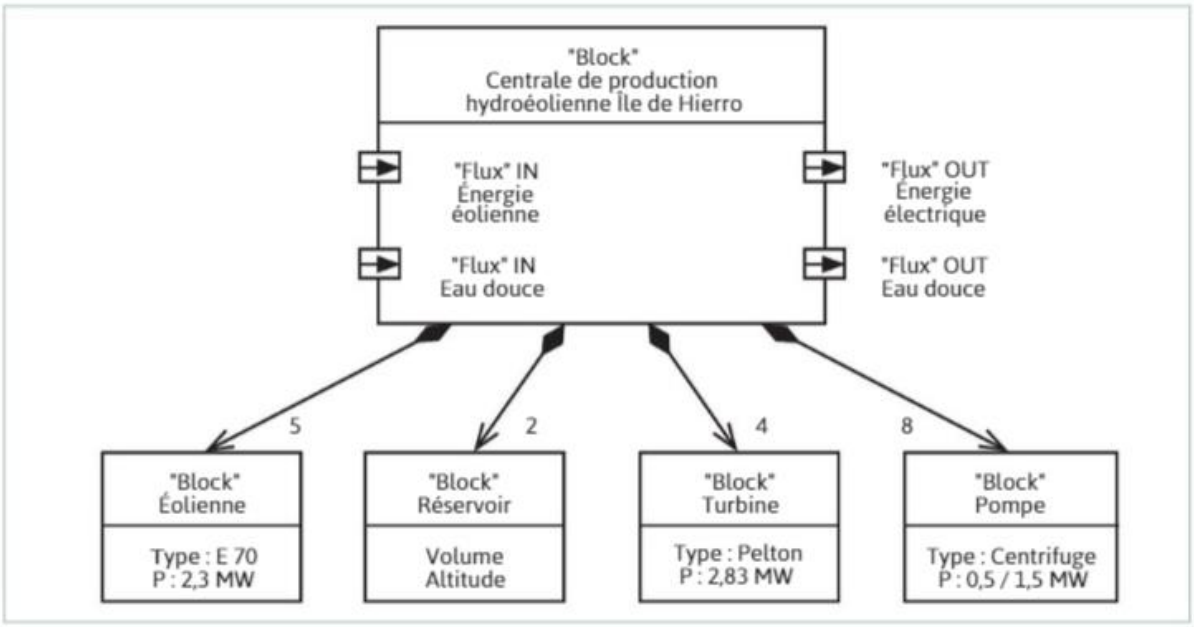
Un analyseur de trame a récupéré les données transmises par l'éolienne 5. La valeur binaire transmise pour la température du réducteur est $(01100111)_2$.

Question 5.4 DT9	**Déterminer** la valeur de cet octet en décimal. **En déduire** la température au niveau du réducteur. **Conclure** sur la présence éventuelle d'un échauffement mécanique anormal à cet instant.

DT1 – Diagramme des exigences de la station hydro-éolienne

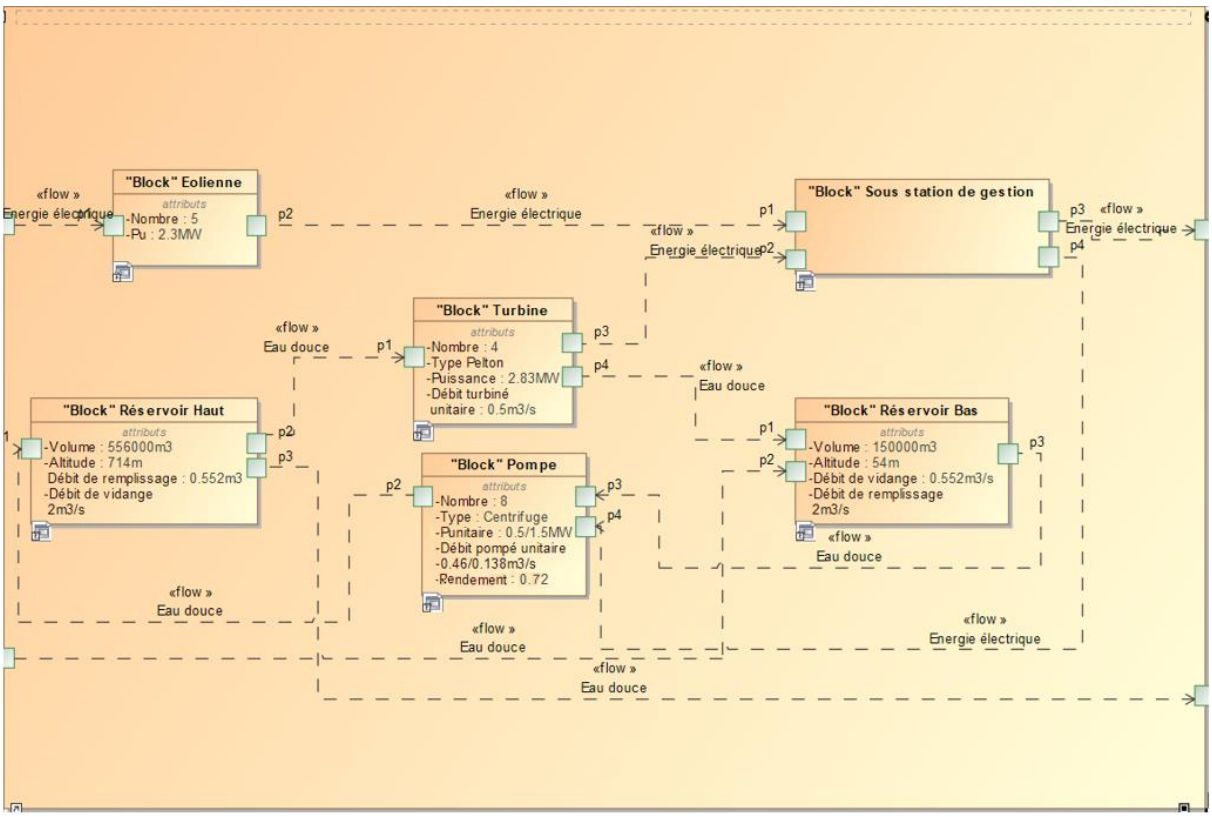


DT2 – Diagramme de définition de blocs



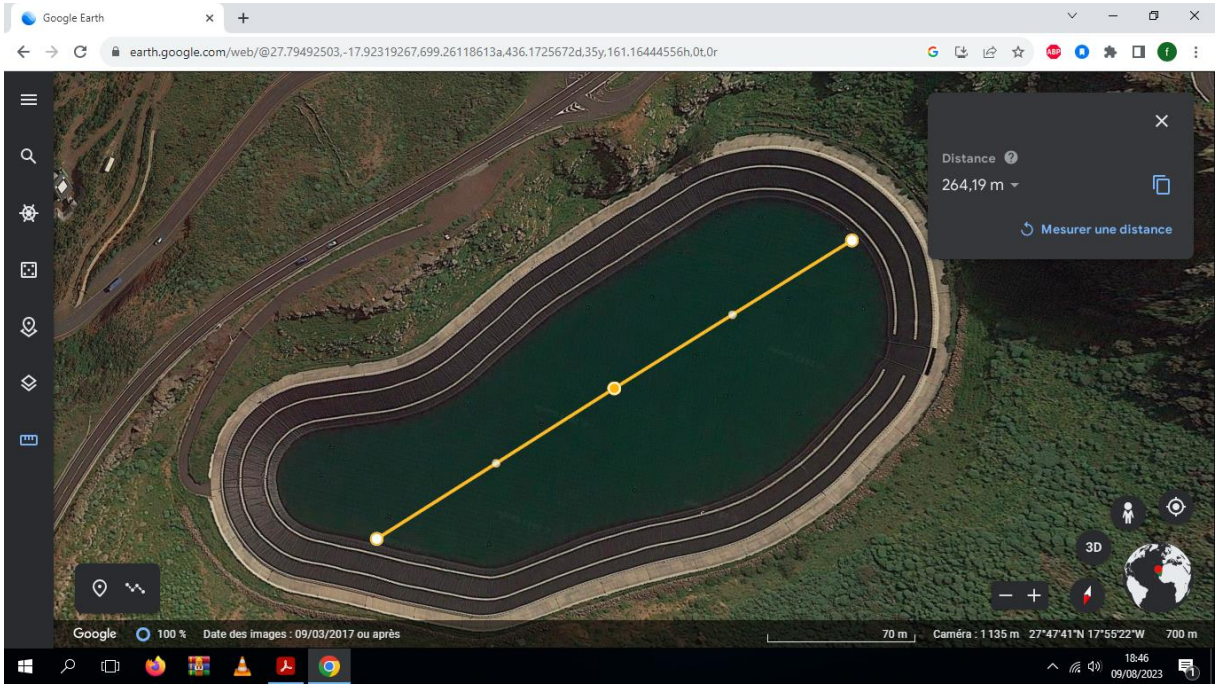
« Block » détaillé

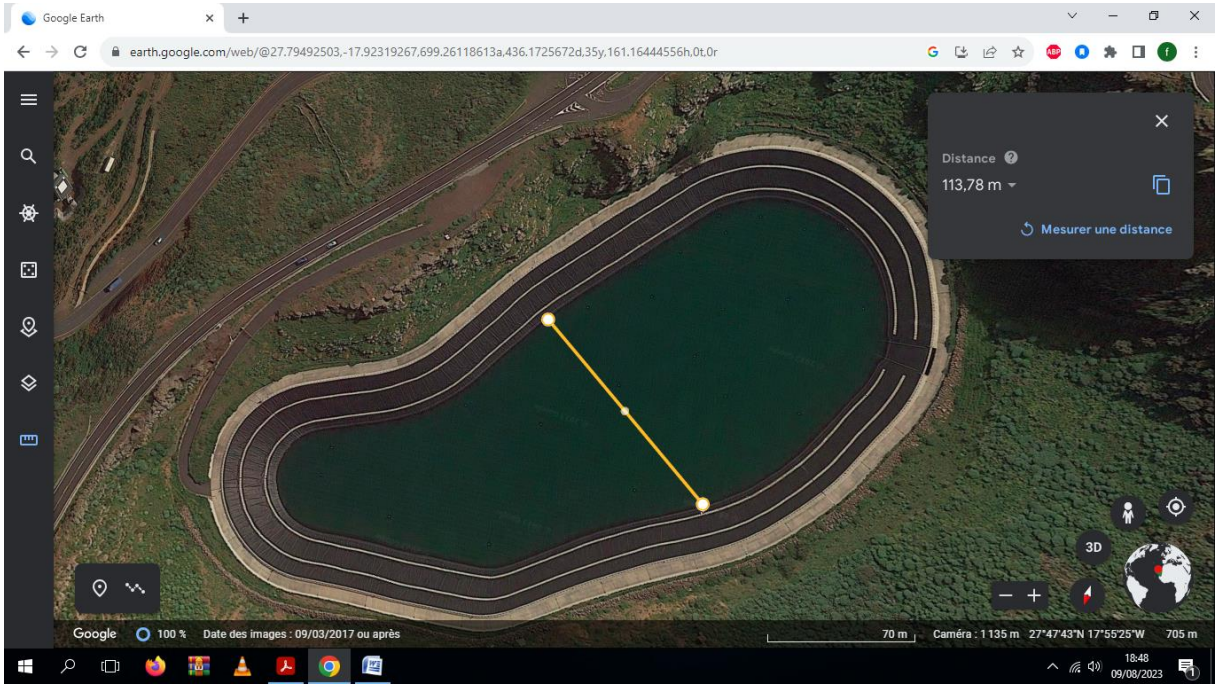
Centrale de production hydro-éolienne île d'EL HIERRO



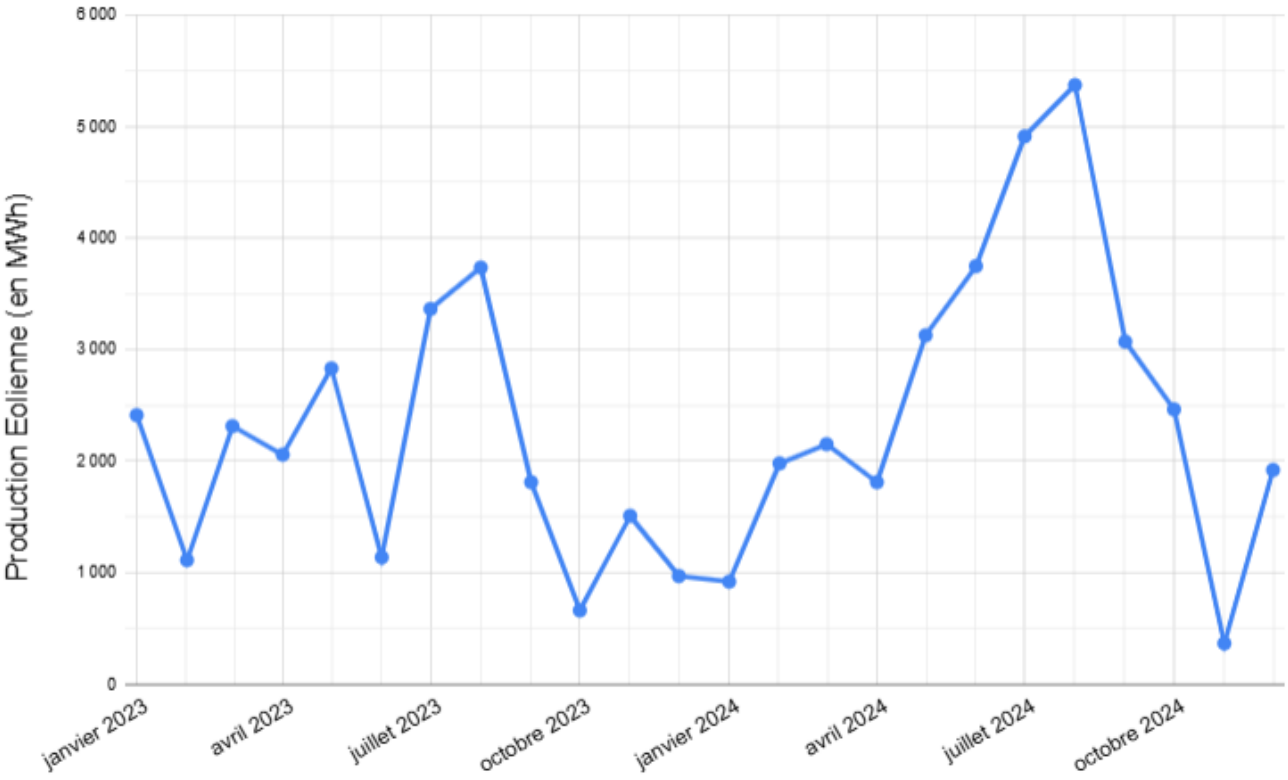
Le réservoir haut correspond au réservoir supérieur et le réservoir bas au réservoir inférieur.

DT3 – Réservoir supérieur





DT4 – Production mensuelle des éoliennes de l'île



DT5 – Bilan de la production électrique de l'île (Année 2024)

Mois	Production Electrique Totale (en MWh)	Production Centrale Diesel (en MWh)	Production Eoliennes (en MWh)
janvier 2024	4 612	3 692	920
février 2024	4 810	2 830	1 980
mars 2024	5 394	3 242	2 152
avril 2024	4 882	3 070	1 812
mai 2024	5 402	2 274	3 128
juin 2024	5 450	1 702	3 748
juillet 2024	6 119	1 208	4 911
août 2024	6 460	1 089	5 371
septembre 2024	5 466	2 395	3 071
octobre 2024	6 483	4 019	2 464
novembre 2024	4 039	3 672	367
décembre 2024	4 560	2 639	1 921
Total Année 2024	**63 677**	**31 832**	**31 845**

DT6 – Intensité carbone par mode de production

Mode de production énergétique	Intensité carbone (en g CO_2 eq par kW·h)
Biomasse	230
Charbon	1 236
Diesel	956
Eolien	13
Gaz	547
Solaire	26

DT7 – Étude statique du véhicule électrique

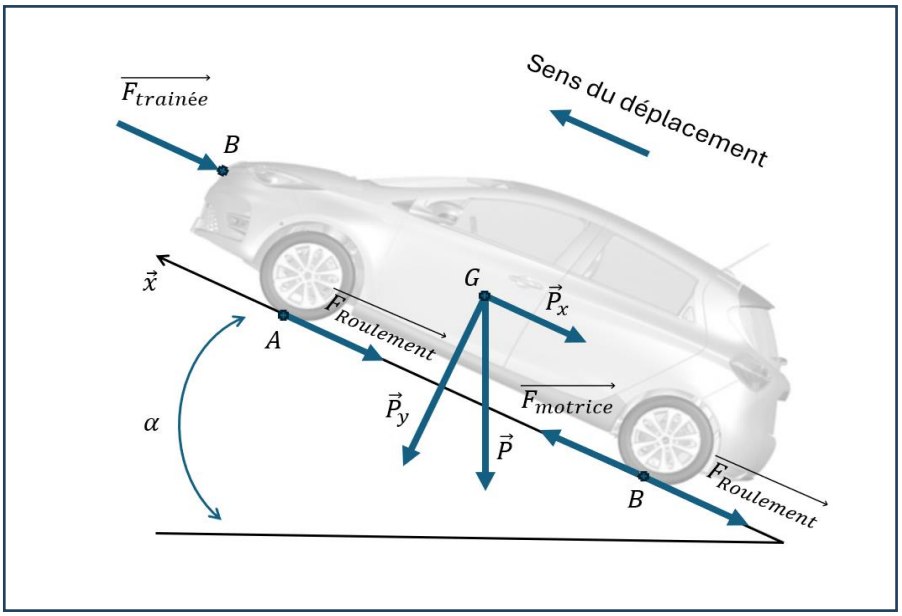
L'étude est réalisée lorsque le véhicule monte une pente de 5 % à la vitesse constante de 40 km·h^{-1}.

La masse totale du véhicule et de son pilote est m = 1500 kg.

L'accélération de la pesanteur est g = 9,81 m·s^{-2}.

La résistance totale au roulement est $F_{roulement}$ = 178 N

La résistance aérodynamique est $F_{trainée}$ = 55,5 N



DT8 – Système d'information

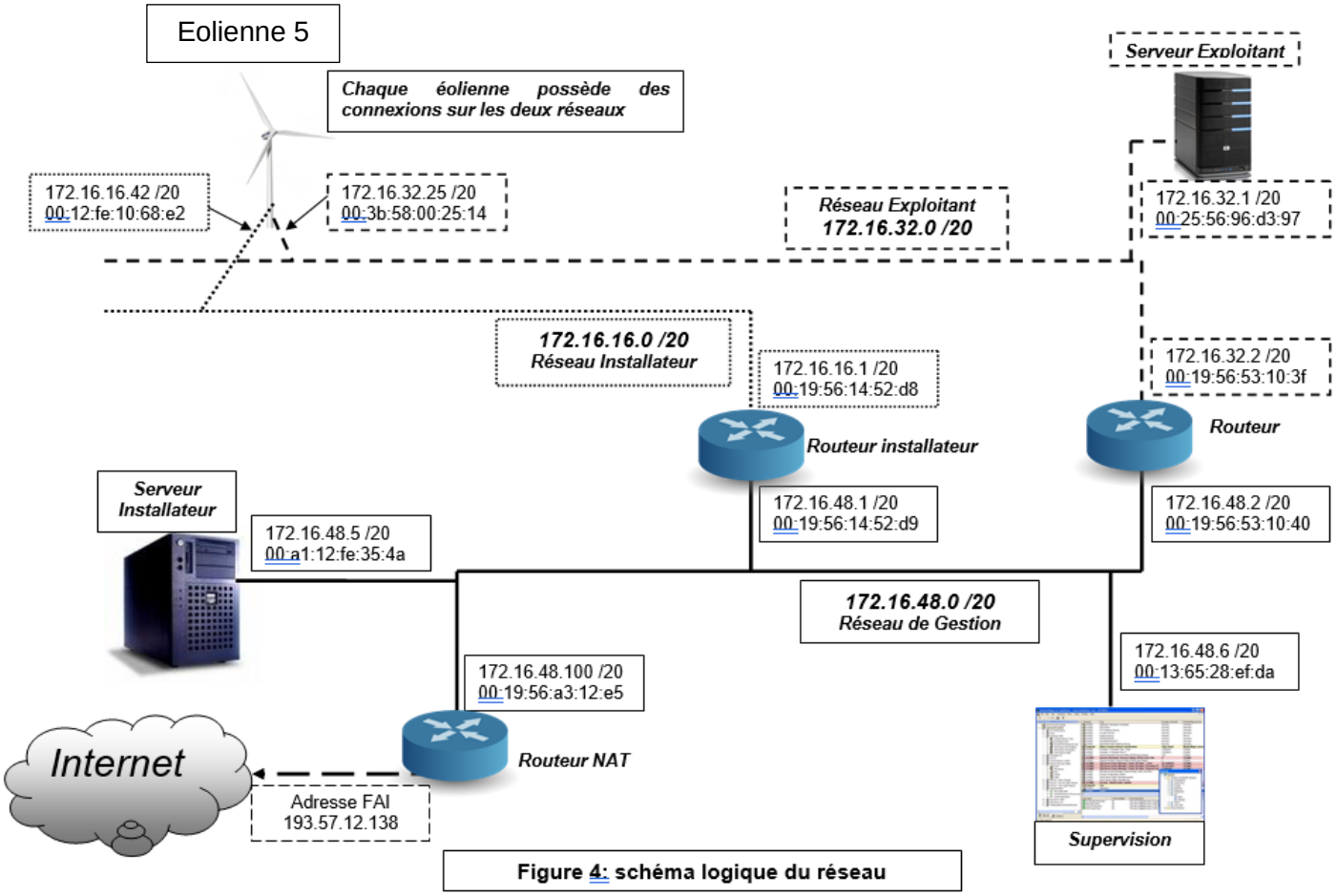
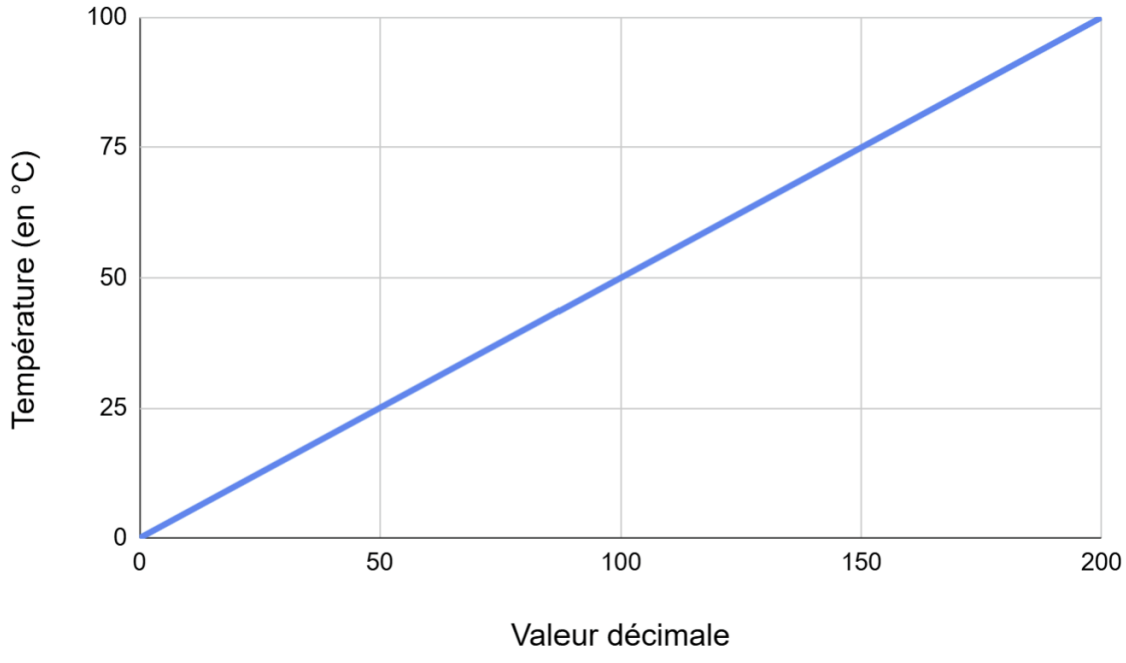
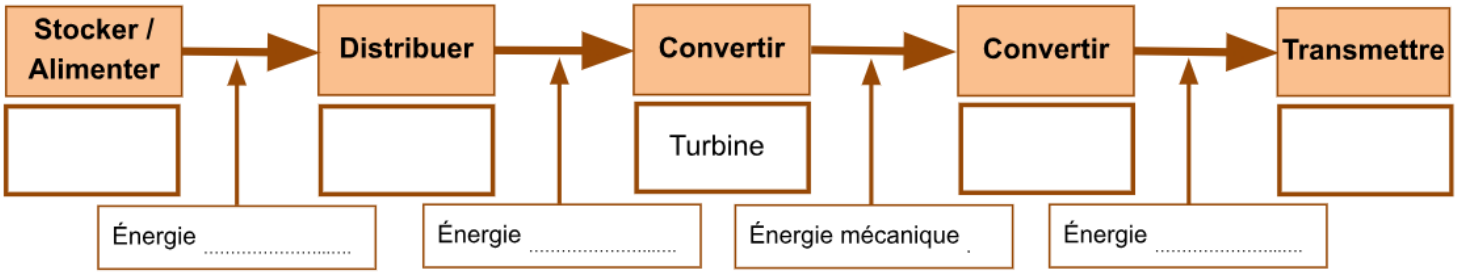


Figure 4: schéma logique du réseau

DT9 – Courbe de conversion du capteur de température



DR1 – Chaîne d'énergie de la STEP en turbinage



Constituants impliqués : conduite forcée, réseau électrique, alternateur, réservoir supérieur

Types d'énergie impliqués : électrique, hydraulique, potentielle

DR2 – Part des énergies renouvelables dans la production électrique

	Production électrique totale (MW·h)	**Production éolienne (MW·h)**	**Part des énergies renouvelables (%)**
Juillet 2024			
Décembre 2024			
Année 2024			

PARTIE SPÉCIFIQUE (6 points)

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Salle des turbines

- Présentation de l'étude et questionnement……pages 18 à 20
- Documents techniques……..……pages 21 à 28

Mise en situation

La centrale hydroélectrique nécessite une salle pour accueillir quatre machines électro-hydrauliques. Chaque machine est constituée d'une turbine et d'un alternateur.

Travail demandé

Partie A – Comment vérifier la conformité aux exigences d'isolation thermique et acoustique de la salle des turbines ?

L'objectif est de contrôler la conformité aux exigences d'isolation thermique et acoustique de la salle des turbines.

En phase de fonctionnement, les quatre machines électro-hydrauliques génèrent des vibrations et de la chaleur.

La salle des turbines, où les machines sont installées, doit donc être isolée à la fois thermiquement et acoustiquement.

Question A.1 DTS1	À partir du DTS1, **identifier** les exigences concernant l'isolation thermique et acoustique et **préciser** les valeurs associées.

Question A.2 DTS1, DTS2	À partir de ses caractéristiques thermiques, **calculer** la résistance thermique totale du mur de la salle des turbines, $R_{th,mur,}$ en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

Question A.3 DTS1	**Justifier** que l'exigence d'isolation thermique est respectée.

Dans la salle de turbines, une fréquence sonore de 500 Hz est mesurée.

Question A.4 DTS2, DTS3	À partir de ses caractéristiques acoustiques, **calculer** la masse surfacique totale du mur de la salle des turbines, M_{mur} en $kg \cdot m^{-2}$.

Pour la suite de l'étude, la masse surfacique M_{mur} est 700 $kg \cdot m^{-2}$.

Question A.5 DTS1, DTS3	**Calculer** l'indice d'affaiblissement acoustique du mur de la salle des turbines, R_{mur}, en dB. **Justifier** que l'exigence d'isolation acoustique est respectée.

Partie B – Comment vérifier le choix des poutres supportant les machines électro-hydrauliques ?

L'objectif est de vérifier le choix des poutres de support des machines électro-hydrauliques.

Deux poutres en acier type IPE 140 transmettent le poids de chaque machine électro-hydraulique à la dalle en béton. Afin de préserver cette dalle de béton, chaque poutre repose sur des supports amortisseurs de vibrations (supposés rigides).

Le poids total d'une machine, $P_{machine}$, s'élève à 90 kN. Ce poids est réparti sur les deux poutres de manière uniforme**.**

Pour vérifier la résistance d'une poutre, l'Eurocode 3 définit deux états limites :

- État Limite de Service (ELS) : les contraintes de déformation et de fissuration en service sont vérifiées ;
- État Limite Ultime (ELU) : la sécurité de la structure à la ruine est vérifiée.

Pour rappel :

$ELU = 1{,}35 \times G + 1{,}5 \times Q$ $ELS = G + Q$	G : charges permanentes Q : charges variables

Question B.1 DTS4	**Calculer** le poids linéique q_{poutre} supporté par une poutre en $N \cdot m^{-1}$. **En déduire** le poids linéique à l'ELU, $q_{tot,ELU}$, supporté par une poutre en $N \cdot m^{-1}$ en prenant en compte uniquement les charges permanentes.

Question B.2 DTS4, DTS5	**Choisir** le modèle le mieux adapté à chaque poutre supportant une machine. **Justifier** la réponse**.**

Pour la suite de l'étude, le modèle d'une poutre articulée à une extrémité et simplement appuyée à l'autre extrémité soumise à une charge uniformément répartie de 13 000 $N \cdot m^{-1}$ à l'ELU est considérée.

Question B.3 DTS6	**Identifier** le moment fléchissant maximal M_{fz} atteint dans la poutre à partir des résultats de la simulation en N·m.

Pour rappel, la contrainte maximale σ_{max}, en Pa, en fonction de la sollicitation mécanique :

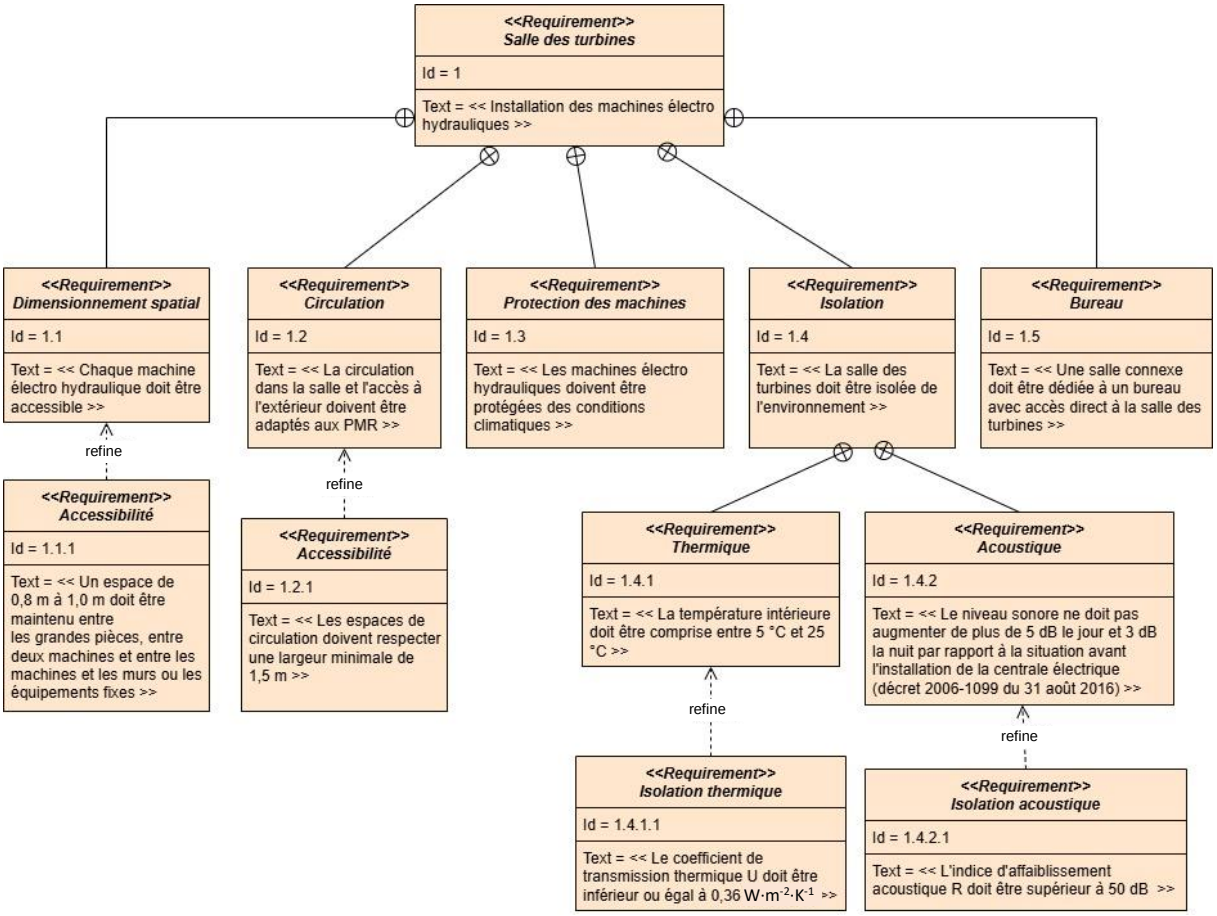
Compression / Traction	*Flexion*
$\sigma_{max} = \frac{N}{S}$ *- N : effort normal maximal en N* *- S : surface de la section en m^2*	$\sigma_{max} = \frac{M_{fz}}{I_z} * (\frac{h}{2})$ *- M_{fz} : moment fléchissant maximal en N·m* *- I_z : moment quadratique en m^4* *- h : hauteur de la poutre en m*

Question B.4 DTS7	**Calculer** la valeur de la contrainte correspondante maximale exercée sur la poutre à l'ELU en MPa.

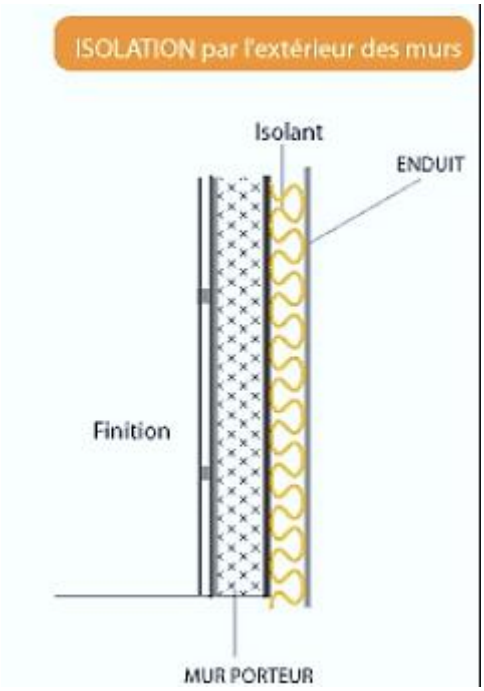
L'acier utilisé est un acier de type S275.

Question B.5 DTS7, DTS8	**Relever** la limite élastique de l'acier, fy en MPa. **Conclure** sur le choix des poutres IPE.

DTS1 – Diagramme d’exigences de la salle des turbines



DTS2 – Caractéristiques thermiques d'un mur de la salle des turbines



Caractéristiques du mur ci-contre

Finition : négligeable

Enduit : négligeable

Béton (mur porteur) : $e_{béton}$ = 300 mm,
$\lambda_{béton}$ = 1,5 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Isolant : $e_{isolant}$ = 50 mm,
$\lambda_{isolant}$ = 0,02 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Résistance superficielle interne :
R_{si} = 0,13 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Résistance superficielle externe :
R_{se} = 0,04 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Rappels :

- pour un matériau :

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

  - R_{th} : résistance thermique en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
  - e : épaisseur en m
  - λ : conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

- pour un mur composé de i matériaux en série :

$$R_{th,mur} = \sum_i R_{th_i} + R_{se} + R_{si} = \frac{1}{U}$$

  - U : coefficient de transmission thermique en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

DTS3 – Caractéristiques acoustiques d'un mur de la salle des turbines

L'indice d'affaiblissement acoustique, R, en dB, d'un mur peut être estimé à partir de sa masse surfacique, M, en kg·m^{-2}, et de la fréquence, f, en Hz, en utilisant la loi de masse.

Cette loi indique que l'affaiblissement augmente avec la masse surfacique et la fréquence.

Une approximation courante de cette loi est donnée par :

$$R = 20 \cdot \log_{10}(f) + 20 \cdot \log_{10}(M) - 47$$

Rappels :

- pour un matériau :

$M = \rho \cdot e$

  - M : masse surfacique en kg·m^{-2}
  - ρ : densité en kg·m^{-3}
  - e : épaisseur en m

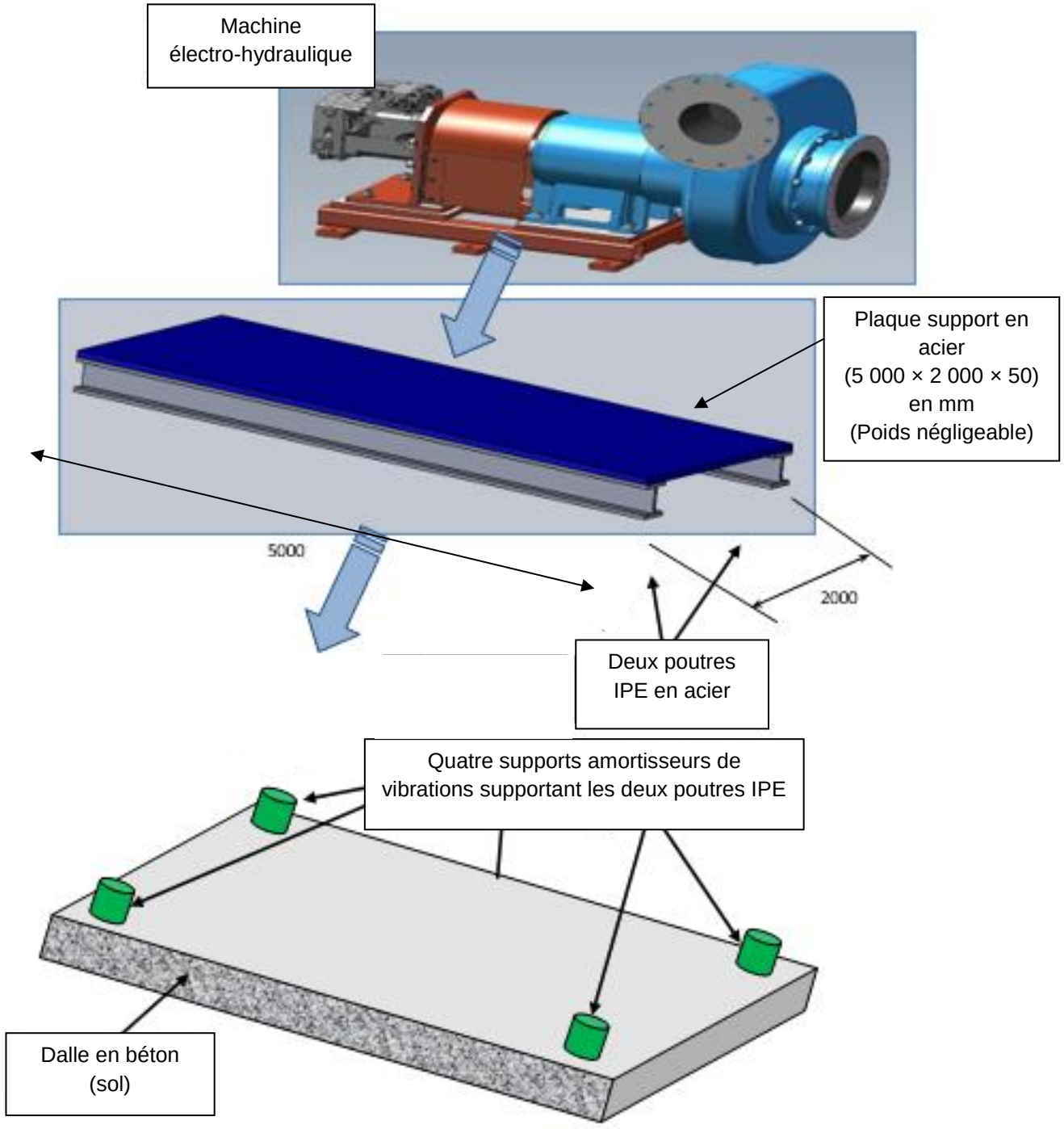
- pour un mur composé de i matériaux en série :

$$M_{mur} = \sum_i M_i$$

Pour l'application de la loi de masse, le guide Qualitel donne les valeurs de densité suivantes :

- béton lourd parois verticales : 2 300 kg·m^{-3}
- béton lourd parois horizontales : 2 400 kg·m^{-3}
- brique pleine : 1 850 kg·m^{-3}
- laine de verre (isolant), épaisseur de 5 cm : 30 kg·m^{-3}

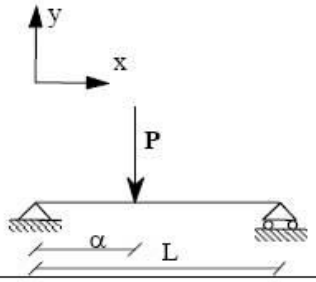
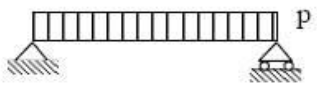
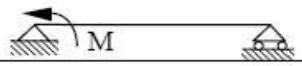
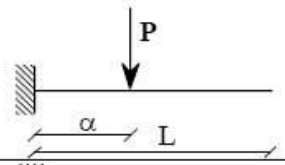
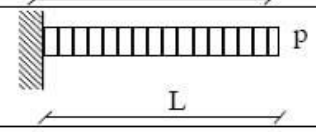
DTS4 – Support d’une machine électro-hydraulique



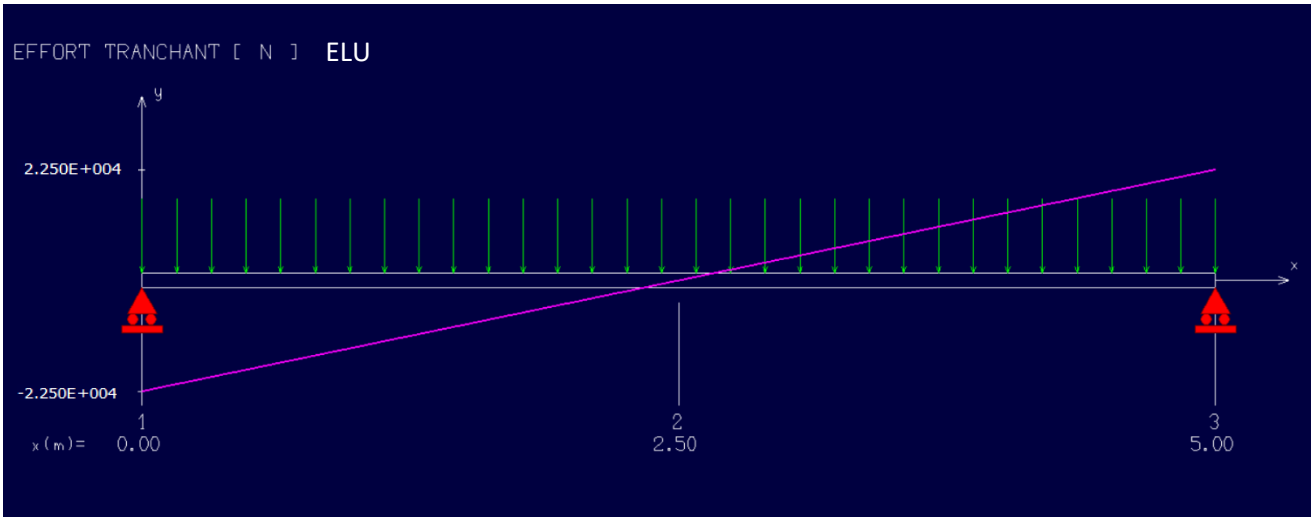
DTS5 – Formulaire des poutres soumises à de la flexion

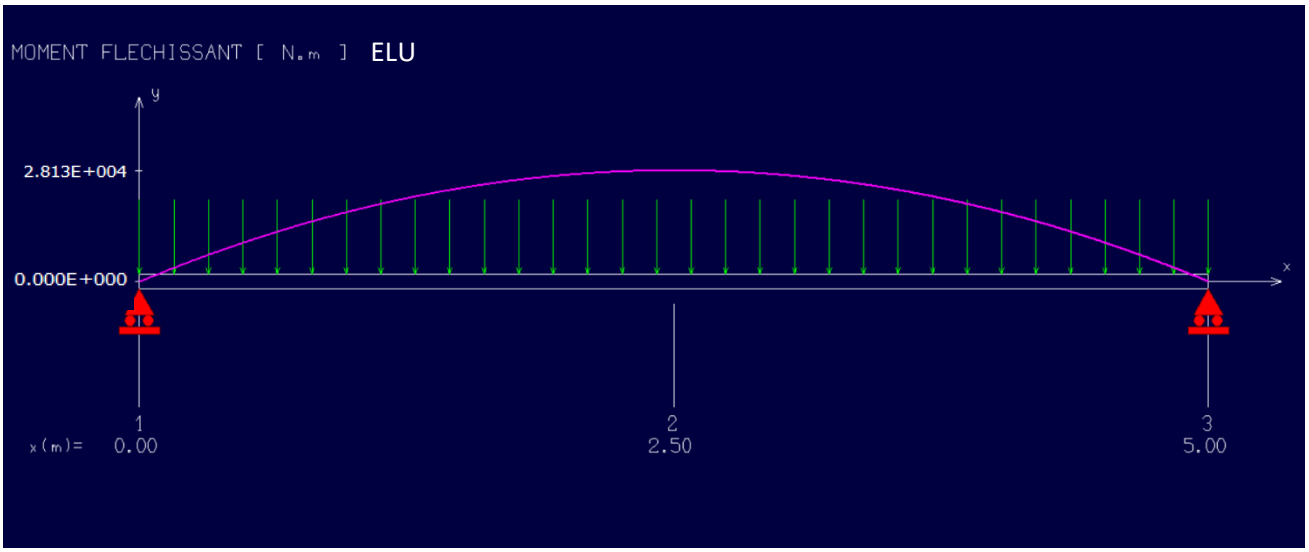
Dans le formulaire ci-dessous :

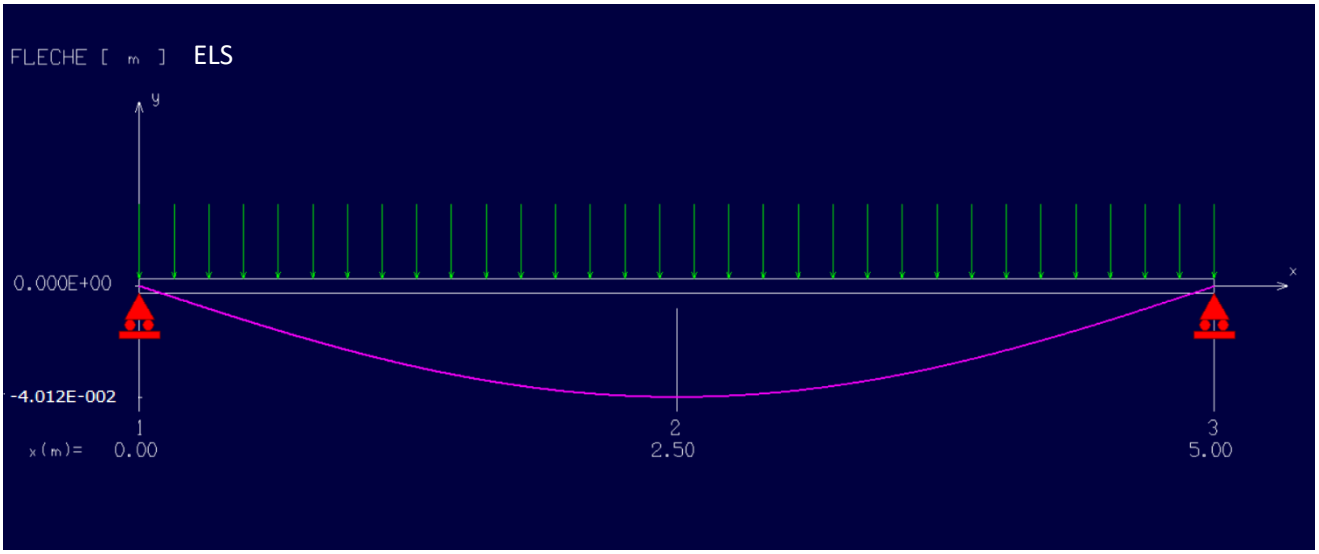
- P : charge ponctuelle en N
- p : charge linéique en $N \cdot m^{-1}$
- M : moment fléchissant en N·m
- L : portée de la poutre en m
- α : distance de la charge ponctuelle en m
- E : module de Young en Pa
- I : moment quadratique en m^4
- y(x): flèche à une distance x en m
- y(α): flèche à une distance α en m
- y($\frac{L}{2}$): flèche à une distance $\frac{L}{2}$ en m
- y(L): flèche à une distance L en m

Modèle	Schéma	Formulaire
1		$\underline{0 \le x \le \alpha}$: $y(x) = \frac{P(L-\alpha)}{6EIL}[x^3-\alpha(2L-\alpha)x]$ $\quad y'(x) = \frac{P(L-\alpha)}{6EIL}[3x^2-\alpha(2L-\alpha)]$ $\underline{\alpha \le x \le L}$: $y(x) = \frac{P\alpha}{6EIL}[(L-x)^3-(L-\alpha)(L+\alpha)(L-x)]$ $y'(x) = \frac{P\alpha}{6EIL}[-3(L-x)^2+(L-\alpha)(L+\alpha)]$ $y(\alpha) = -\frac{P\alpha^2(L-\alpha)^2}{3EIL}$ pour $x=\alpha$ $y(\frac{L}{2}) = -\frac{PL^3}{48EI}$ pour $x=\alpha=\frac{L}{2}$
2		$y(x) = -\frac{p}{24EI}(x^4-2Lx^3+L^3x)$ $\quad y'(x) = -\frac{p}{24EI}(4x^3-6Lx^2+L^3)$ $y(\frac{L}{2}) = -\frac{5pL^4}{384EI}$ pour $x=\frac{L}{2}$
3		$y(x) = \frac{M}{6EIL}(x^3-3Lx^2+2L^2x)$ $\quad y'(x) = \frac{M}{6EIL}(3x^2-6Lx+2L^2)$
4		$\underline{0 \le x \le \alpha}$: $y(x) = \frac{Px^2(x-3\alpha)}{6EI}$ $\quad y'(x) = \frac{Px(x-2\alpha)}{2EI}$ $\underline{\alpha \le x \le L}$: $y(x) = \frac{P\alpha^2(\alpha-3x)}{6EI}$ $y(L) = -\frac{PL^3}{3EI}$ pour $x=\alpha=L$
5		$y(x) = -\frac{p}{24EI}(x^4-4Lx^3+6L^2x^2)$ $\quad y'(x) = -\frac{p}{6EI}(x^3-3Lx^2+3L^2x)$ $y(L) = -\frac{pL^4}{8EI}$ pour $x=L$

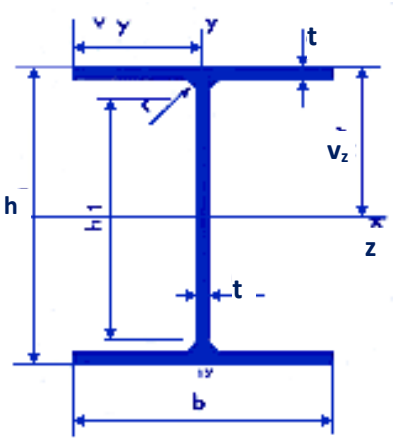
DTS6 – Résultats de la simulation d'une poutre chargée uniformément







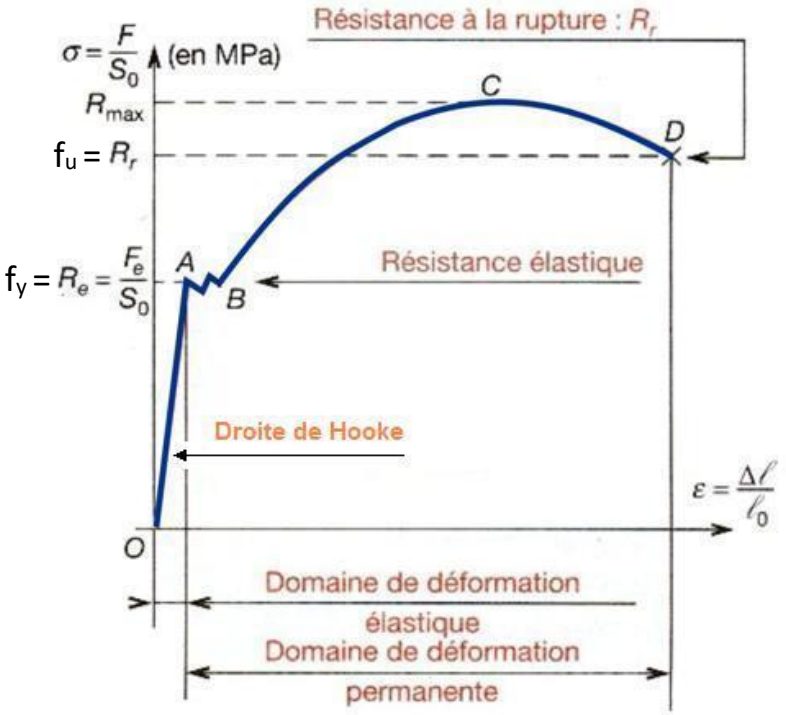
DTS7 – Extrait du catalogue des poutres IPE



IPE

Profils	Poids kg/m	Dimensions mm						Section cm²	Surface de peinture		Moment quadratique		Modules de résistance		Rayons de giration	
		h	b	a	t	r	h1		m² / m	m² / t	Iz cm4	Iy cm4	Iz / Vz cm³	Iy / Vy cm³	Vz cm	Vy cm
80	6,0	80	46	3,8	5,2	5	60	7,64	0,329	54,8	80,1	8,49	20,0	3,69	3,24	1,05
100	8,1	100	55	4,1	5,7	7	75	10,3	0,401	49,5	171	15,9	34,2	5,79	4,07	1,24
120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	93	13,2	0,474	45,6	318	27,7	53,0	8,65	4,90	1,45
140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	112	16,4	0,550	42,6	541	44,9	77,3	12,3	5,74	1,65
160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	127	20,1	0,622	39,4	869	68,3	109	16,7	6,58	1,84
180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	146	23,9	0,698	37,1	1317	101	146	22,2	7,42	2,05
200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	159	28,5	0,768	34,3	1943	142	194	28,5	8,26	2,24
220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	178	33,4	0,848	32,4	2772	205	252	37,3	9,11	2,48
240	30,7	240	120	6,2	9,8	15	190	39,1	0,921	30,0	3892	284	324	47,3	9,97	2,69
270	36,1	270	135	6,6	10,2	15	220	45,9	1,04	28,8	5790	420	429	62,2	11,2	3,02
300	42,2	300	150	7,1	10,7	15	249	53,8	1,16	27,5	8356	604	557	80,5	12,5	3,35

DTS8 – Caractéristiques mécaniques de trois nuances d'acier (Eurocode 3)



Caractéristiques mécaniques des profilés en fonction de leur épaisseur t	Nuances des aciers		
	S.235	**S.275**	**S.355**
Limites élastique fy (MPa) t ≤ 16 mm 16 ≤ t ≤ 40 mm 40 ≤ t ≤ 63 mm	 235 225 215	 275 265 255	 355 345 335
Contraintes de rupture en traction fu (MPa) t ≤ 3 mm 3 ≤ t ≤ 100 mm	 360/510 340/470	 430/580 410/560	 510/680 490/630
Allongement minimal moyen ε t ≤ 3 mm 3 ≤ t ≤ 150 mm	 18% 23%	 15% 19%	 15% 19%