

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

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 collègue » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 32 pages numérotées de 1/32 à 32/32.

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.

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

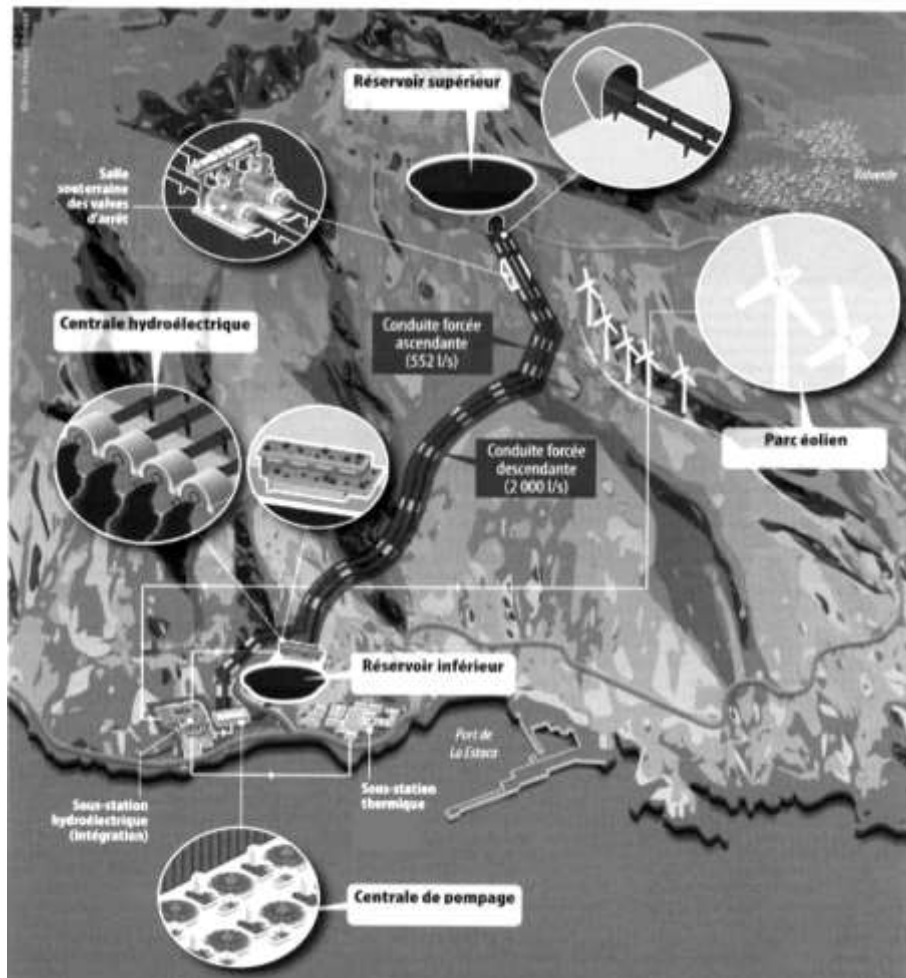
El Hierro est une île volcanique des Canaries, aux pentes abruptes et escarpées, façonnée par le vent et aux versants balayés en permanence par celui-ci. D'une surface de 278 km², elle est peuplée de 10 700 habitants et reçoit environ 2 500 touristes par mois.

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.

SCHEMA 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'Énergie 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 | **Compléter** la chaîne d'énergie de la STEP en turbinage.

DR1

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

$$W_p = m \times g \times h$$

W_p : énergie potentielle en J (3600 J = 1 W·h)

m : masse en kg

g : accélération due à la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

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 $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ avec $\rho = \frac{m}{V}$ et V : volume en m^3 .

Question 2.2 | **Déterminer** la hauteur de chute entre les 2 réservoirs.

DT2

Calculer l'énergie potentielle maximale de turbinage $W_{p\max}$ en MW·h.

Le rendement du turbinage est égal à 0,85.

Question 2.3 | **Calculer** l'énergie électrique maximale $W_{e\max}$ 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'île 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 : $F_{\text{motrice}} = F_{\text{trainée}} + F_{\text{roulement}} + P_x$

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·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 :

$$P = F \times V$$

P : puissance mécanique en W

F : force motrice en N

V : vitesse du déplacement en m·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.

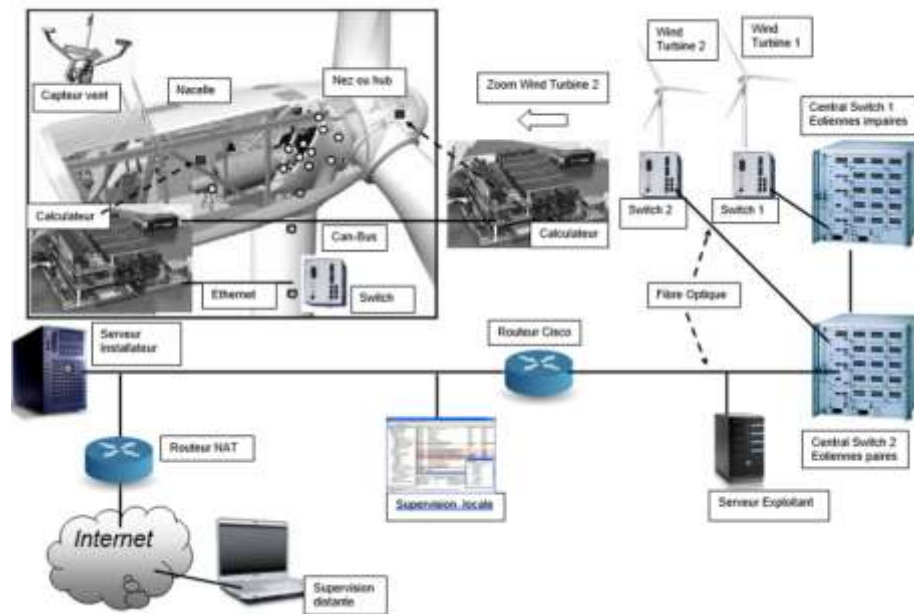
Partie 5 - Comment le système d'information permet-il la supervision du parc éolien ?

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 | **Relever** l'adresse IP de l'éolienne 5 sur le réseau exploitant.

DT8

Question 5.2 | **Justifier** que le masque de sous-réseau du réseau exploitant est 255.255.240.0.

DT1

Indiquer pour le réseau exploitant, les adresses IP suivantes : première machine ; dernière machine ; diffusion (Broadcast).

Question 5.3 | **Déterminer** le nombre maximum de machines adressables sur le réseau exploitant.

DT1

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.

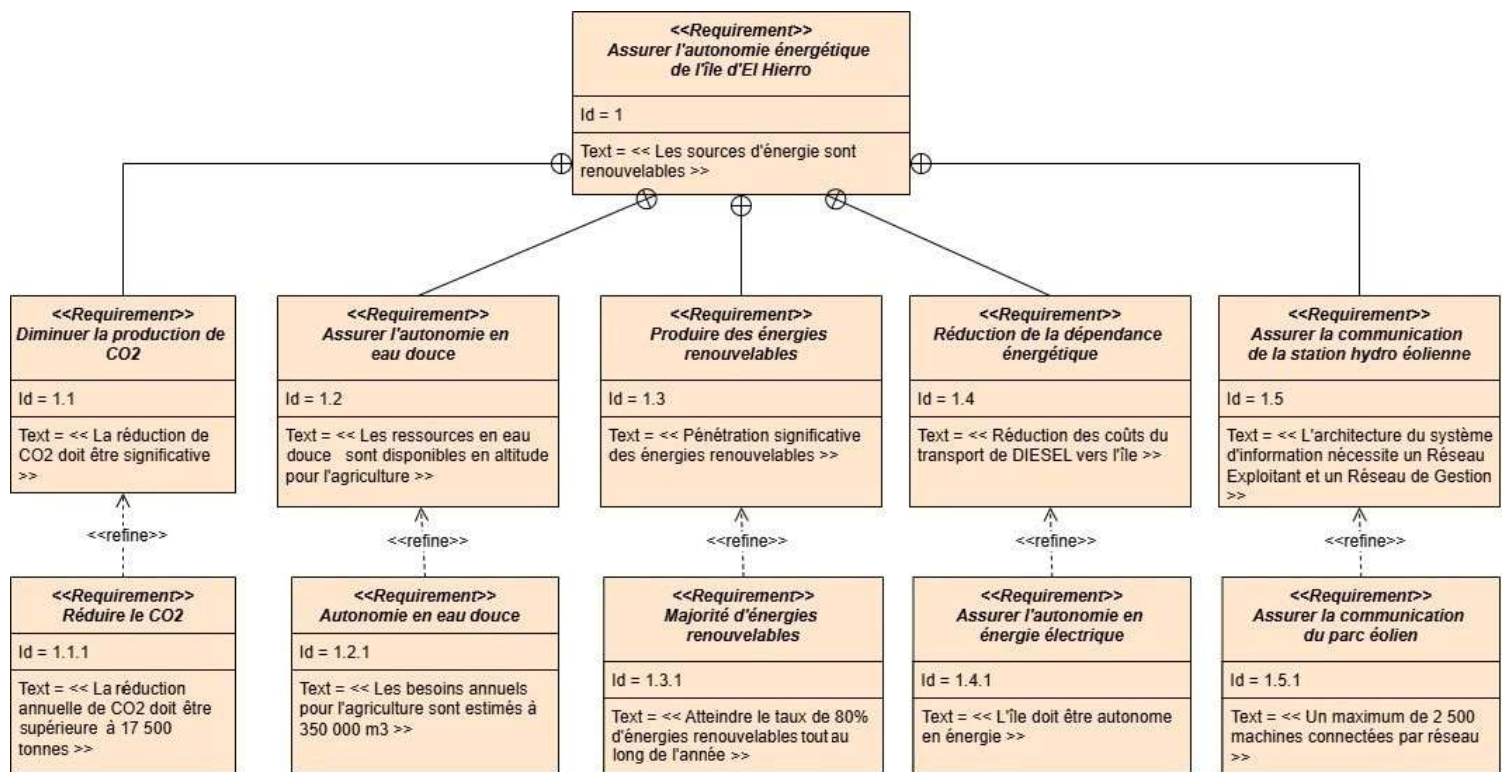
Question 5.4 | **Déterminer** la valeur de cet octet en décimal.

DT9

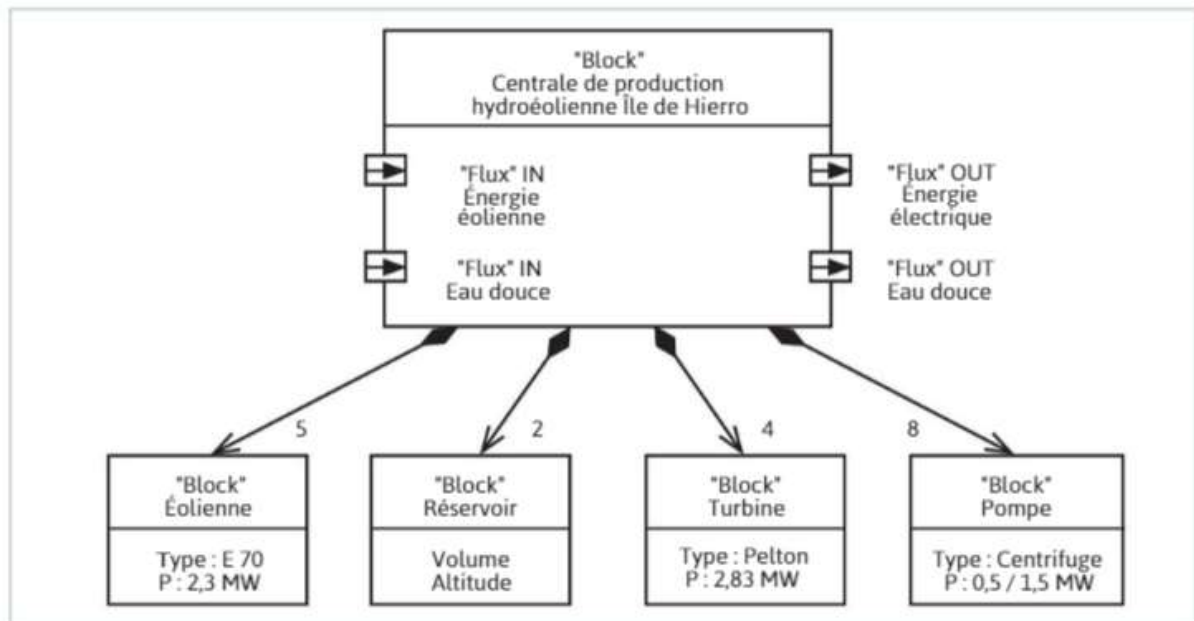
En déduire la température au niveau du réducteur.

Conclure sur la présence éventuelle d'un échauffement mécanique anormal à cet instant.

DT1 – Diagramme des exigences de la station hydroéolienne

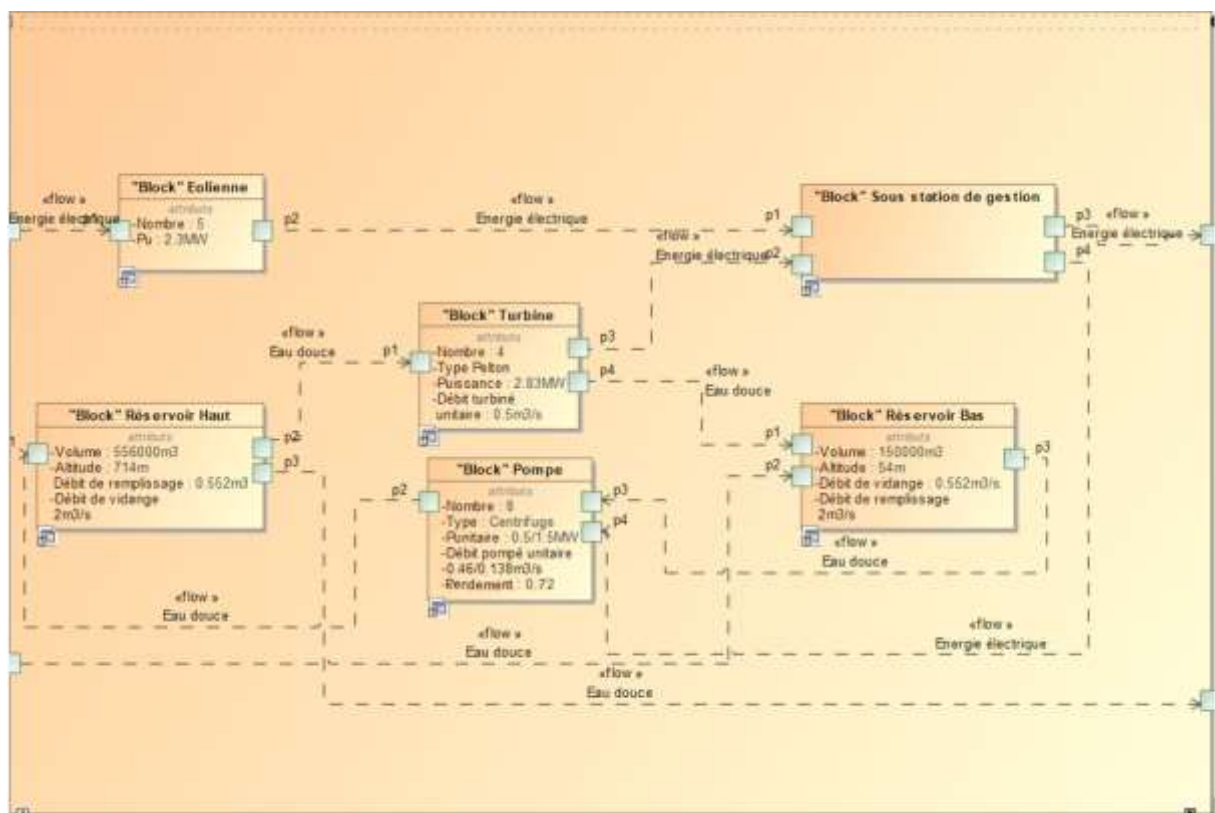


DT2 – Diagramme de définition de blocs



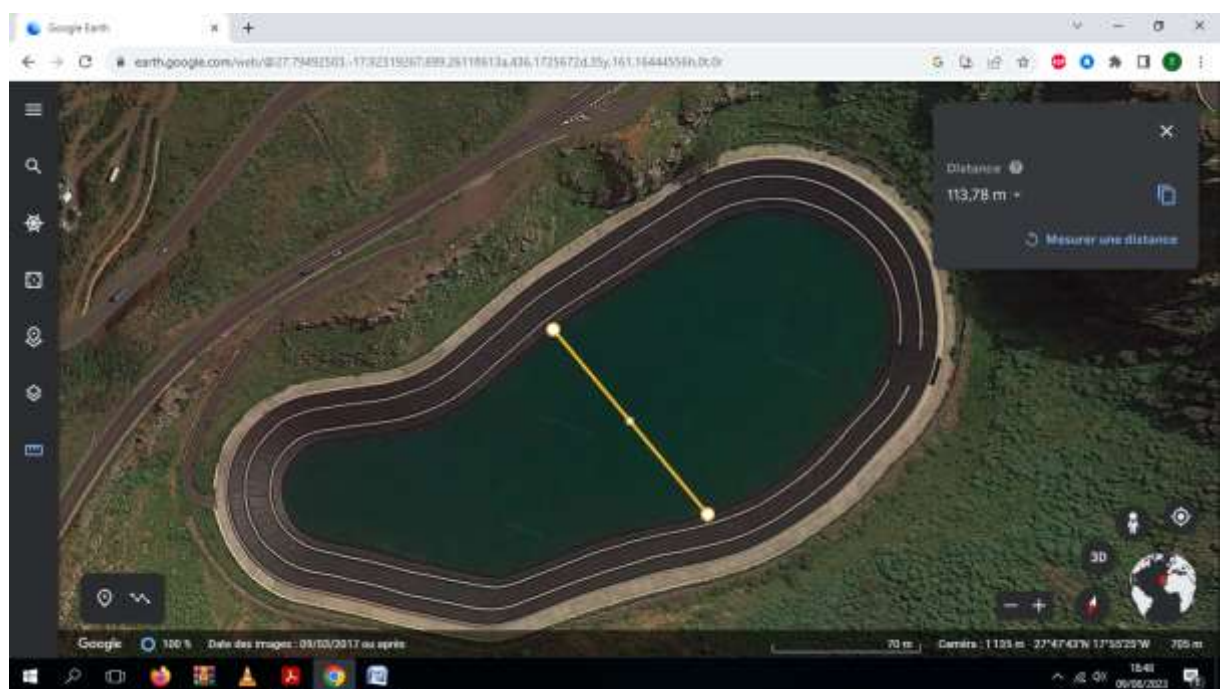
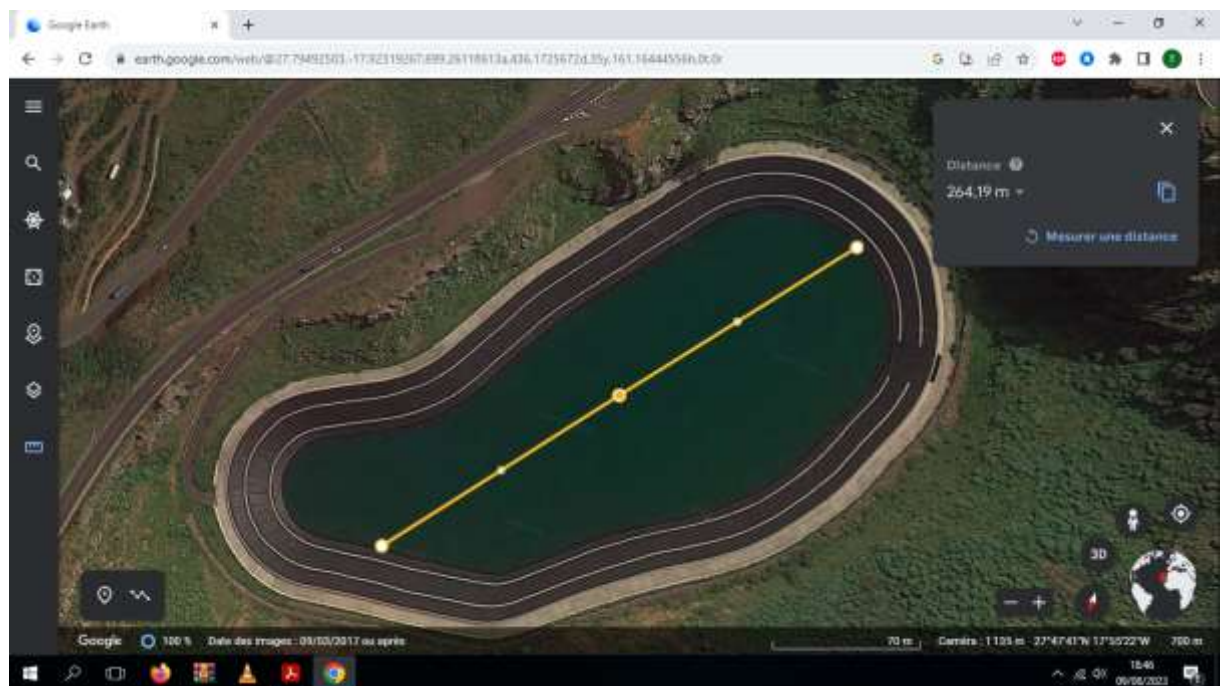
« Block » détaillé

Centrale de production hydroéolienne île d'EL HIERRO

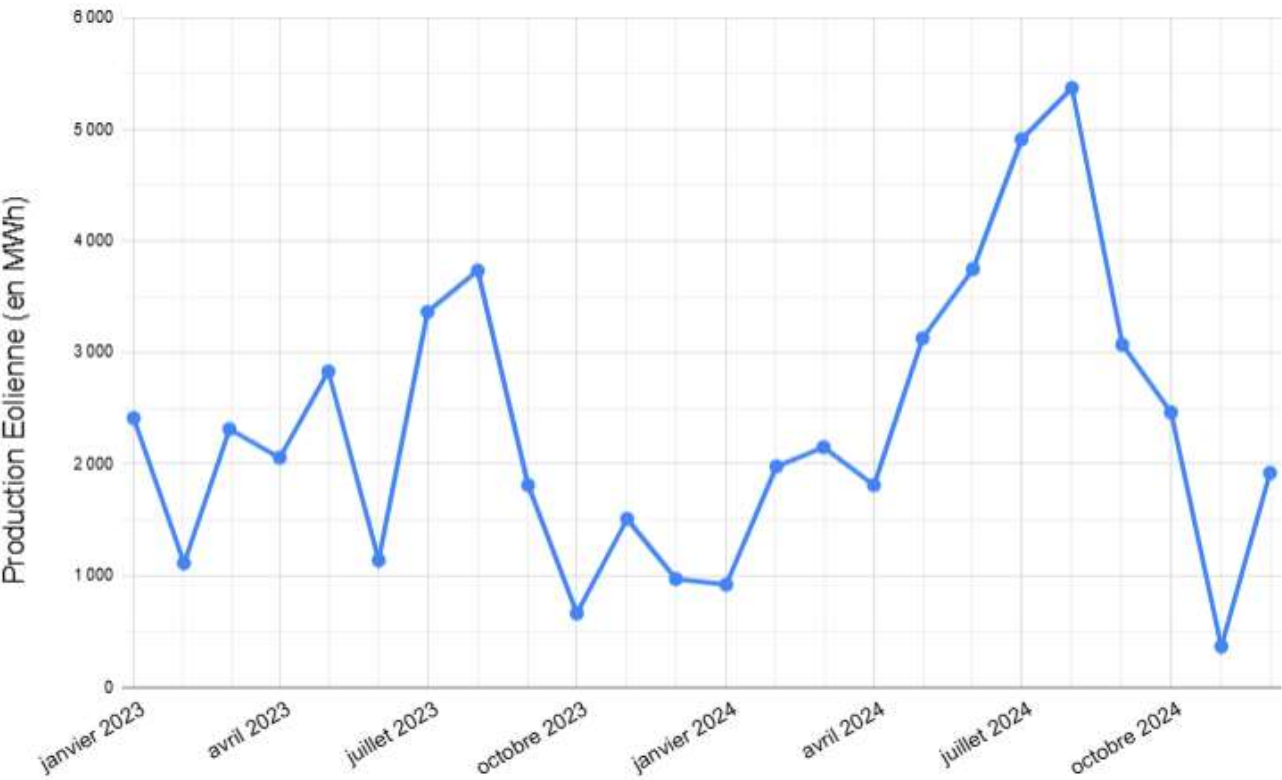


Le réservoir haut correspond au réservoir supérieur et le réservoir bas au réservoir inférieur.

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

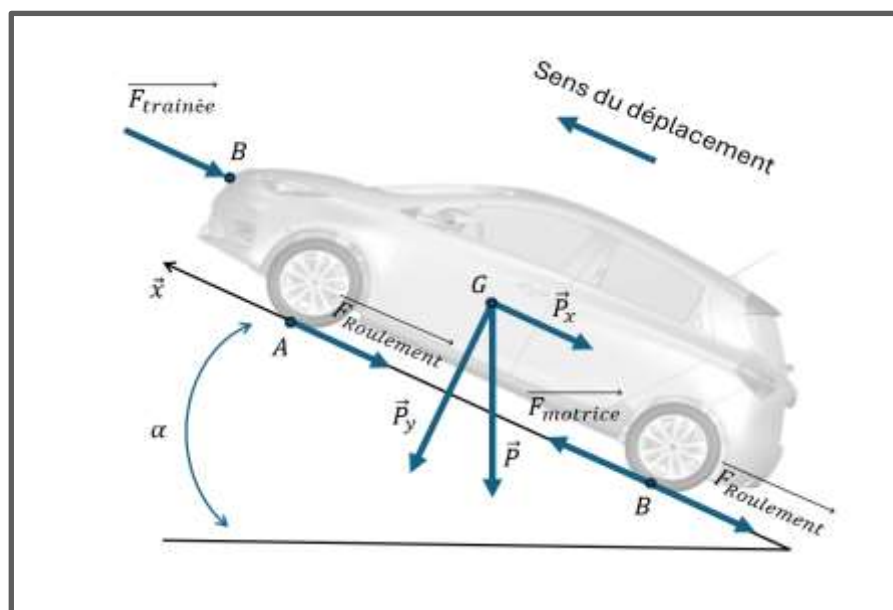
L'étude est réalisée lorsque le véhicule monte une pente de 5 % à la vitesse constante de 40 km·h⁻¹.

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

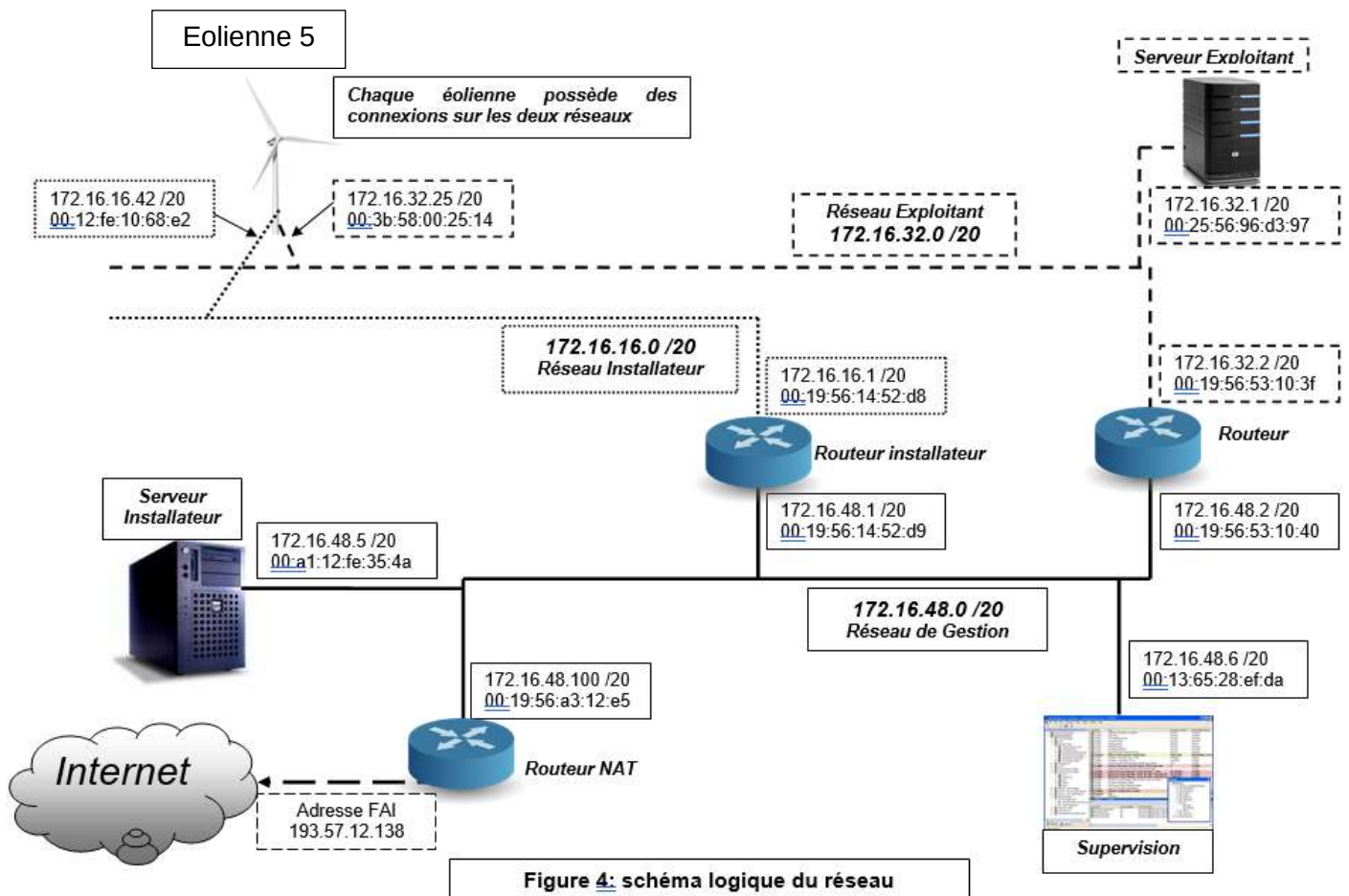
L'accélération de la pesanteur est $g = 9,81$ m·s⁻².

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

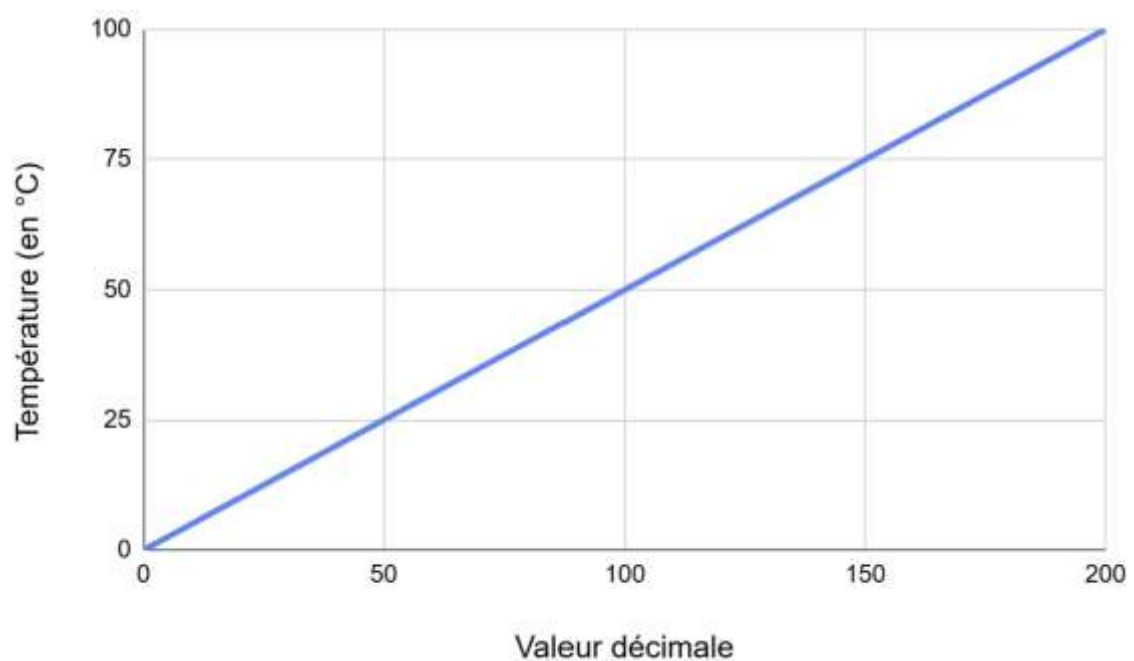
La résistance aérodynamique est $F_{\text{trainée}} = 55,5$ N



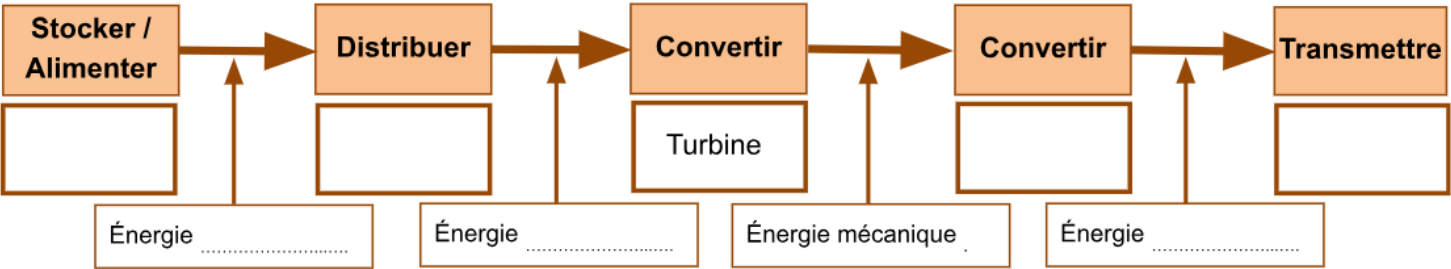
DT8 – Système d'information



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)

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Système d'information du parc éolien

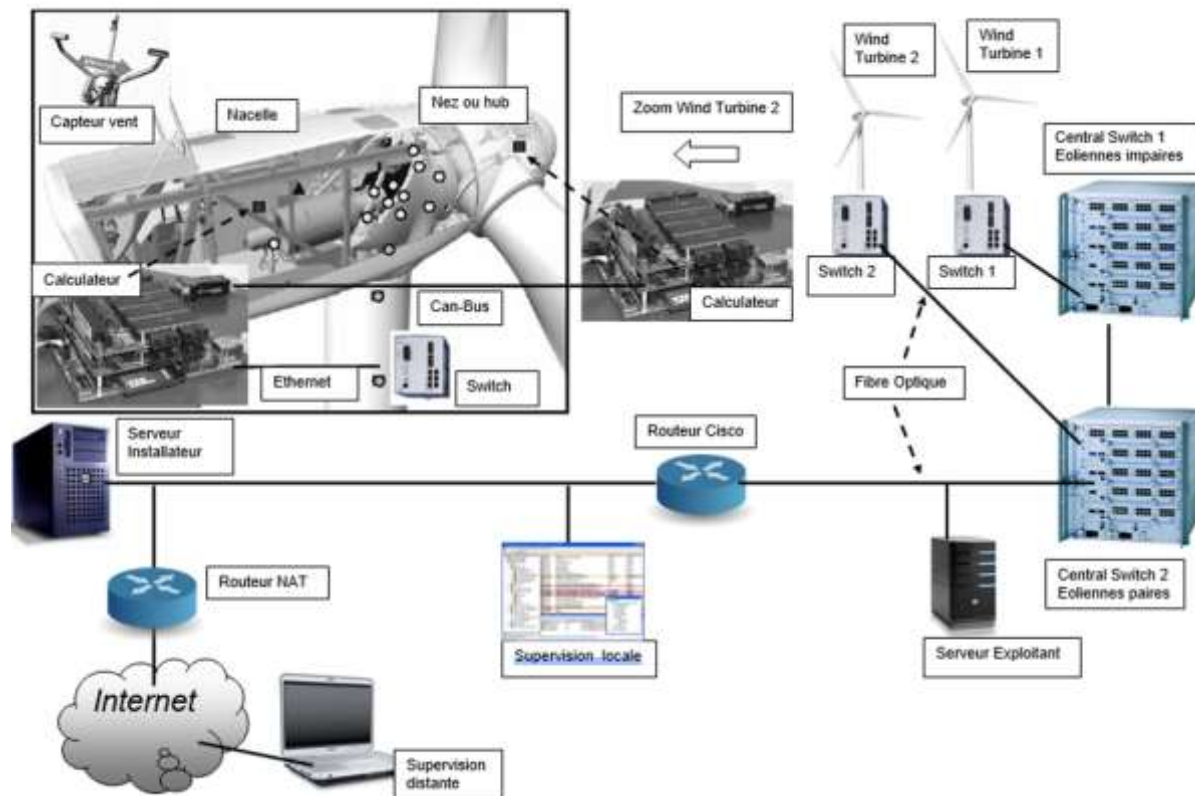


- Présentation de l'étude et du questionnaire..... pages 18 à 21
- Documents techniques pages 22 à 27
- Documents réponses..... pages 28 à 32

Mise en situation

Le parc éolien doit disposer d'un système d'information capable de surveiller en temps réel les paramètres climatiques, en particulier la vitesse et la direction du vent. Il doit également permettre la transmission et la synchronisation des données entre l'infrastructure informatique centrale et chacune des éoliennes, afin d'assurer une gestion optimale du parc et de ses performances.

L'architecture du système d'information du parc éolien est présentée ci-dessous :



Travail demandé

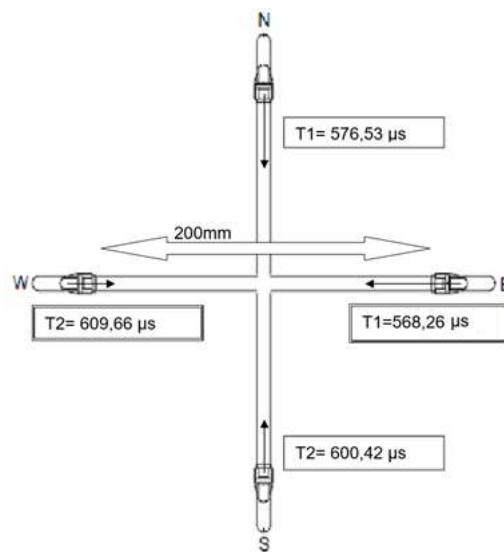
Partie A – Comment acquérir et traiter la vitesse et la direction du vent?

L'objectif de la partie est de gérer les informations collectées par des anémomètres communicants. Ces capteurs de vent fournissent simultanément la vitesse et la direction du vent grâce à un principe basé sur le calcul du temps de propagation du son à une vitesse de $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ entre un émetteur et un récepteur espacé de 0,2 m.

Question A.1 | À partir du DTS1, **justifier** le choix d'un capteur de vent intelligent.

DTS1

La vitesse et la direction du vent influent directement sur les temps de transmission entre l'émetteur et le récepteur. La figure suivante donne les temps mesurés par le capteur pour effectuer des calculs nécessaires à l'exploitation du vent.



Question A.2 À partir de la figure ci-dessus, sachant que les transducteurs de l'anémomètre sont distants de 0,2 m, **compléter** le tableau du DRS1.

DTS1

DRS1

Question A.3 Sur la figure de vitesse et direction des vents donnée, **tracer** les vitesses obtenues $\vec{V}_{NS}$ dans la direction N-S et $\vec{V}_{EW}$ dans la direction E-W en arrondissant, pour le tracé, les résultats obtenus à la valeur entière supérieure.

DRS1

Tracer la résultante de la vitesse du vent $\vec{V}_r$.

Question A.4 **Déterminer** le module ou la norme de la résultante de la vitesse du vent en $m \cdot s^{-1}$, puis en $km \cdot h^{-1}$ et l'angle de la direction du vent θ en $^\circ$ par rapport à l'axe nord.

DRS1

Préciser l'angle de la direction du vent sur le DRS1.

La capture d'une réponse d'un anémomètre, prise de façon aléatoire, donne la trame suivante :

<soh>	104	A	<stx>	C13	♥	30113	22165	31128	2136	101159	22165	0878	<eot>	6
-------	-----	---	-------	-----	---	-------	-------	-------	------	--------	-------	------	-------	---

Remarque codage ASCII ♥ : 0x03

Question A.5 | À partir de cette trame de communication sous le protocole CIBus, **déterminer** la direction et la vitesse du vent pour les deux dernières minutes.

DTS3

L'anémomètre est connecté via une liaison série configurée à un débit de 9 600 bauds, permettant un échange rapide et sécurisé des données avec le système d'information de l'éolienne.

Pour calculer la vitesse et la direction du vent, la fonction calcul intégrée dans l'anémomètre est programmée.

Question A.6 | À partir de l'algorithme, **compléter** le pseudo-code de la fonction calcul.

DTS4

DRS2

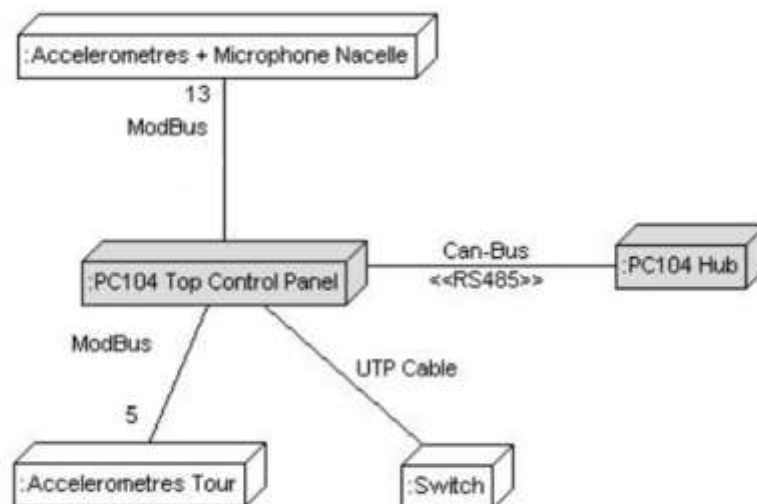
Question A.7 | **Finaliser** le code Arduino afin de calculer la vitesse et la direction du vent pour afficher les valeurs du vent sur le moniteur série.

DRS3

Partie B – Comment assurer la communication des données dans une éolienne ?

L'objectif de la partie est de transmettre des informations entre les équipements communicants dans une éolienne.

Le schéma de principe présenté ci-dessous définit le périmètre de l'étude :



L'éolienne est équipée de pales fixées à l'avant, nommé nez ou hub. À l'intérieur de ce nez se trouve un ordinateur désigné PC104 Hub. Cette unité de calcul récupère en particulier les informations liées à la rotation des pâles et à l'échauffement du rotor. PC104 Hub communique avec un autre ordinateur, situé dans la nacelle, désigné

PC104 Top Control Panel. Cette unité de calcul traite notamment les informations des douze accéléromètres et d'un microphone de la nacelle et les informations des cinq accéléromètres de la tour ou du mât.

Les accéléromètres mesurent les vibrations dues au mouvement de rotation des pales et les vibrations provenant du mât sous l'effet du vent.

Le ModBus RTU est utilisé pour la communication entre les accéléromètres, le microphone et le calculateur de la nacelle.

Question B.1 DTS2	Identifier la couche du modèle OSI à laquelle appartient le Modbus RTU.
----------------------	--

Question B.2 DTS5 DRS4	À l'aide du DTS5, compléter le document pour définir les liaisons séries permettant la communication entre les accéléromètres, le microphone et le calculateur de la nacelle.
------------------------------	--

Une carte de gestion des trois liaisons série est enfichée sur le PC104 Top Control Panel.

Question B.3 DTS6	Choisir la carte de gestion des trois liaisons séries.
----------------------	---

Le Can-Bus est utilisé pour la communication entre les calculateurs de la nacelle et du nez.

Question B.4 DTS2	Identifier la couche du modèle OSI à laquelle appartient le Can-Bus.
----------------------	---

Le ModBus fonctionne en mode maître/esclave et le Can-Bus fonctionne en mode multi-maître.

Question B.5 DRS5	Compléter le document en précisant, pour chaque liaison série, si la communication est de type : hiérarchique ou distribué.
----------------------	--

DTS1 – Fiche technique d'un anémomètre communicant



Les capteurs numériques adaptés au givrage utilisent un anémomètre ultrasonique pouvant se réchauffer facilement.

Ces équipements sont principalement destinés à être installés en montagne.

Les capteurs réalisent des mesures de vitesse et de direction du vent **2 fois par seconde** et effectuent les **calculs nécessaires à l'exploitation du vent**, conformément aux règles de l'OMM* et de l'OACI**.

Principaux calculs effectués :

- Vitesse maximum du vent et sa direction associée, calculées sur une et dix minutes
- Variation calculée sur 10 minutes de la vitesse et de la direction du vent
- Vitesse moyenne du vent et argument du vecteur vent moyen sur 2 et 10 minutes
- Vent passé sur une minute
- Écart type de la vitesse et de la direction du vent sur 10 minutes
- Indicateur de grain
- Les capteurs intelligents gèrent le **protocole Cibus** et transmettent les données à un afficheur pour visualiser les valeurs instantanées du vent.

Câble : longueur 10m

Cette chaîne de mesure du vent est utilisée dans le réseau national de Météo-France.

Caractéristiques du capteur :

Vitesse :

- Étendue de mesure : **0–85 m/s**
- Précision :
 - $\pm 0,1$ m/s jusqu'à 5 m/s
 - ± 2 % au-delà de 5 m/s

Direction :

- Étendue de mesure : **0–360°**
- Précision : $\pm 1^\circ$

Domaine d'utilisation :

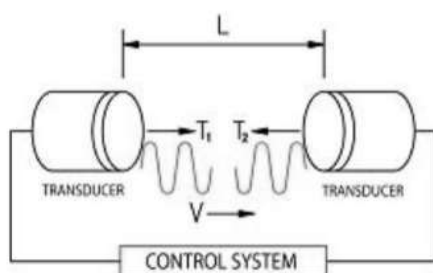
- **-40 °C à +70 °C**
- Réchauffage : **24 V – 70 W**

Fixation sur tube 1"½ (40/49 mm)



* OMM : Organisation Météorologique Mondiale

** OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale



La vitesse **V** se calcule de la façon suivante :

$$V = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

V : vitesse de l'onde sonore en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

L : distance entre l'émetteur et le récepteur en m

T1, T2 : temps de déplacement de l'onde en μs

DTS2 – Modèle OSI

Le modèle OSI est une norme créée par l'ISO pour faciliter la communication entre les ordinateurs d'un réseau. Il explique comment les informations sont transmises en les divisant en différentes étapes appelées « couches », où chaque couche a un rôle précis dans l'échange de données.

	Modèle OSI	Périphérique / Description	Protocoles
7	Application	 Services applicatifs au plus proche des utilisateurs	HTTP, DNS, DHCP, MODBUS
6	Présentation	 Encode, chiffre, compresse les données utiles	HTTP, DNS, DHCP
5	Session	 Etablit des sessions entre des applications	HTTP, DNS, DHCP
4	Transport	 Etablit, maintien et termine des sessions entre des périphériques terminaux	TCP ou UDP
3	Réseau	 Adresse les interfaces globalement et détermine les meilleurs chemins à travers un inter-réseau	IPv4 ou IPv6
2	Liaison de Données	 Adresse localement les interfaces, livre les informations localement, méthode MAC	Ethernet IEEE 802.3, Wi-Fi IEEE 802.11, CAN-bus, pontage 802.1
1	Physique	 Encodage du signal, câblage et connecteurs, spécifications physiques	Normes physiques : xDSL (WAN), 1000-BASE-TX

DTS3 – Protocole CIBus

Protocole CIBus :

Requête du centralisateur

<ENQ> N <SOH> 0 00 A <EOT><CRC>

Le caractère N prend successivement les valeurs .0. .1,9. .A. B, .M. .0....

Remarques :

« DD » représente la direction du vent en dizaine de degrés pour les 2 premiers chiffres.

« VVi » représente la vitesse du vent en dixième de m.s⁻¹ pour les 3 derniers chiffres.

Exemple :

Si DDVV1 = 28 455, Direction = 280 °, Vitesse 45,5 m.s⁻¹

Réponse transmise par le capteur, CIBus

<SOH> Raa A <STX> Cx VSS DDVV1 DDVV2 DDVV3 ddDD fffVVV DDVV4 VVVV <EOT> <CRC>

Raa Adresse physique du capteur dans le réseau CIBUS

A Identification de message de données minutes

Cx Identification logique de la mesure de vent

VSS Version du message du capteur vent/status public/status privé (V= 3)

DDVV1 Vent moyen 10 min

DDVV2 Vent instantané : maximum dans les 10 min précédentes

DDVV3 Vent moyen 2 min

ddDD Vent moyen 3 s : domaine de variation des directions dans les 10 min précédentes

fffVVV Vent moyen 3 s : domaine de variation des vitesses dans les 10 min précédentes

DDVV4 Vent instantané : maximum dans la minute précédente ;

VVVV Vent passé dans la minute précédente.

DTS4 – Langage de description d'algorithmes

Notation Pseudo-code	Notation Mathématique	Sens
$a + b$	$a + b$	Addition de a et de b
$a - b$	$a - b$	Valeur de a à laquelle on aurait soustrait b
$a * b$	$a . b$	Produit de a et de b
a / b	$\frac{a}{b}$	Quotient de la division de a par b (indéfini si b=0)
$a \% b$	$a \bmod b$	Reste de la division de a par b (indéfini si b=0)
$a ^ b$	a^b	Résultat de l'élévation de a à la puissance b
racine(a)	$\sqrt{a}$	Racine carré de a
sin(a)	$\sin a$	Sinus de a
cos(a)	$\cos a$	Cosinus de a
tan(a)	$\tan a$	Tangente de a
arctan(a)	$\tan^{-1} a$	Arctangente de a

DTS5 – Liaisons série RS-232, RS-422 et RS-485

Caractéristiques	RS-232	RS-422	RS-485
Mode de fonctionnement	Single-Ended	Différentiel	Différentiel
Nombre total de pilotes et de récepteurs sur une seule ligne	1 Pilote 1 Récepteurs	1 Pilote 10 Récepteurs	1 pilote 32 Récepteurs
Longueur maximale du câble	50 pieds	4 000 pieds	4 000 pieds
Débit de données maximal	460 Ko·s ⁻¹	10 Mo·s ⁻¹	30 Mo·s ⁻¹
Tension de sortie maximale du pilote	+/- 25 V	- 0,25 V à + 6 V	- 7 V à + 12 V
Plage de tension d'entrée du récepteur	+/- 15 V	- 10 V à + 10 V	- 7 V à + 12 V

DTS6 – Cartes de gestion de liaison série

PCL-841 PCI-1680U PCM-3680/I



PCL-841



Features

- Operates two separate CAN networks simultaneously
- High speed transmission up to 500 kbps
- Optical Isolation protection of 1000 V_{DC}
- Windows DLL library and examples included
- Wide IRQ selection for each port: IRQ 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15
- Supports 32-bit/64-bit Windows 2000/XP/Vista/7 and Linux

Specifications

General

- **Card Interface** ISA
- **Certification** CE, FCC
- **Connectors** 2 x DB9-M
- **Dimensions** 185 x 100 mm (7.3" x 3.9")
- **Ports** 2
- **Power Consumption** 5 V @ 400 mA typical

Communications

- **CAN Controller** SJA-1000
- **CAN Transceiver** 82C250
- **Protocol** CAN2.0 A/B
- **Speed** 500 kbps
- **IRQ** 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, or 15
- **Memory Segment Base Address** From C800H to EF00H
- **Signal Support** CAN_H, CAN_L

Protection

- **Isolation Protection** 1,000 V_{DC}

Environment

- **Operating Temp.** 0 ~ 50°C (32 ~ 122°F)

Ordering Information

- **PCL-841** 2-port CAN-bus ISA Comm. Card w/ Iso



PCI-1680U



Features

- Operates two separate CAN networks simultaneously
- High speed transmission up to 1 Mbps
- Optical Isolation protection of 2500 V_{DC}
- Windows DLL library and examples included
- I/O address automatically assigned by PCI PnP
- Supports 32-bit/64-bit Windows 2000/XP/Vista/7 and Linux

Specifications

General

- **Card Interface** Universal PCI
- **Certification** CE, FCC
- **Connectors** 2 x DB9-M
- **Dimensions** 175 x 107 mm (6.9" x 4.2")
- **Ports** 2
- **Power Consumption** 5 V @ 400 mA typical

Communications

- **CAN Controller** SJA-1000
- **CAN Transceiver** TJA1051T
- **Protocol** CAN2.0 A/B
- **Speed** 1 Mbps
- **CAN Frequency** 16 MHz
- **Signal Support** CAN_H, CAN_L

Protection

- **Isolation Protection** 2,500 V_{DC}

Environment

- **Operating Temp.** 0 ~ 70°C (32 ~ 158°F)

Ordering Information

- **PCI-1680U** 2-port CAN Uni-PCI COMM Card w/Iso



PCM-3680I



Features

- Operates two separate CAN networks simultaneously
- High speed transmission up to 1 Mbps
- 16 MHz CAN controller frequency
- Optical isolation protection
- Transmit/receive status LED indicators on each port
- Supports wide operating temperature
- Supports 32/64-bit WinXP/Vista/7 and Linux
- Supports WinCE 5.0/6.0

Specifications

General

- **Card Interface** PCM-3680: PC/104
PCM-3680I: PCI-104
- **Certification** CE, FCC
- **Connectors** 2 x DB9-M with cable
- **Dimensions** 90 x 96 mm (3.6" x 3.8")
- **Ports** 2
- **Power Consumption** 5 V @ 400 mA

Communications

- **CAN Controller** SJA-1000
- **CAN Transceiver** 82C250
- **Protocol** CAN2.0 A/B
- **Speed** Up to 1 Mbps programmable transfer rate
- **CAN Frequency** 16 MHz
- **Signal Support** CAN_H, CAN_L

Protection

- **Isolation Protection** 2,500 V_{DC}

Environment

- **Operating Temp.** -40 ~ 85°C (-40 ~ 185°F)

Ordering Information

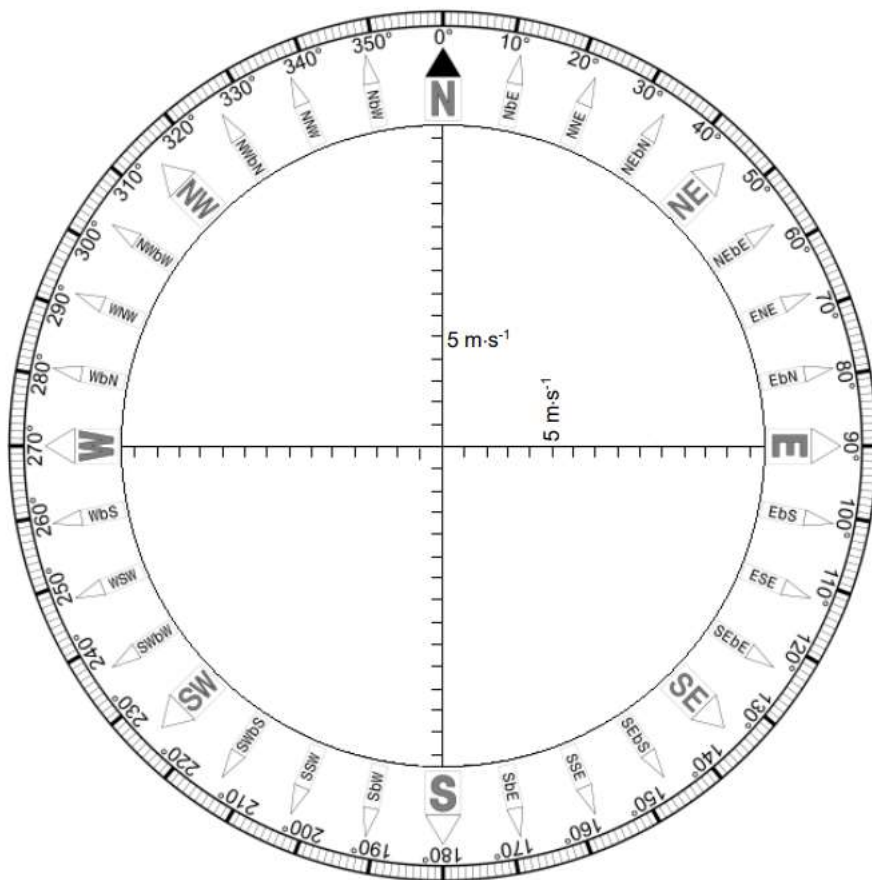
- **PCM-3680** 4-port RS-422/485 High-speed Module
- **PCM-3680I** Dual-port Iso CAN-bus PCI-104 Module

DRS1–Vitesse et direction du vent

Question A.2

Direction du vent	T1 (μs)	T2 (μs)	Vitesse des composantes du vent ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
Axe N-S	576,53	600,42	
Axe E-W	568,26	609,66	

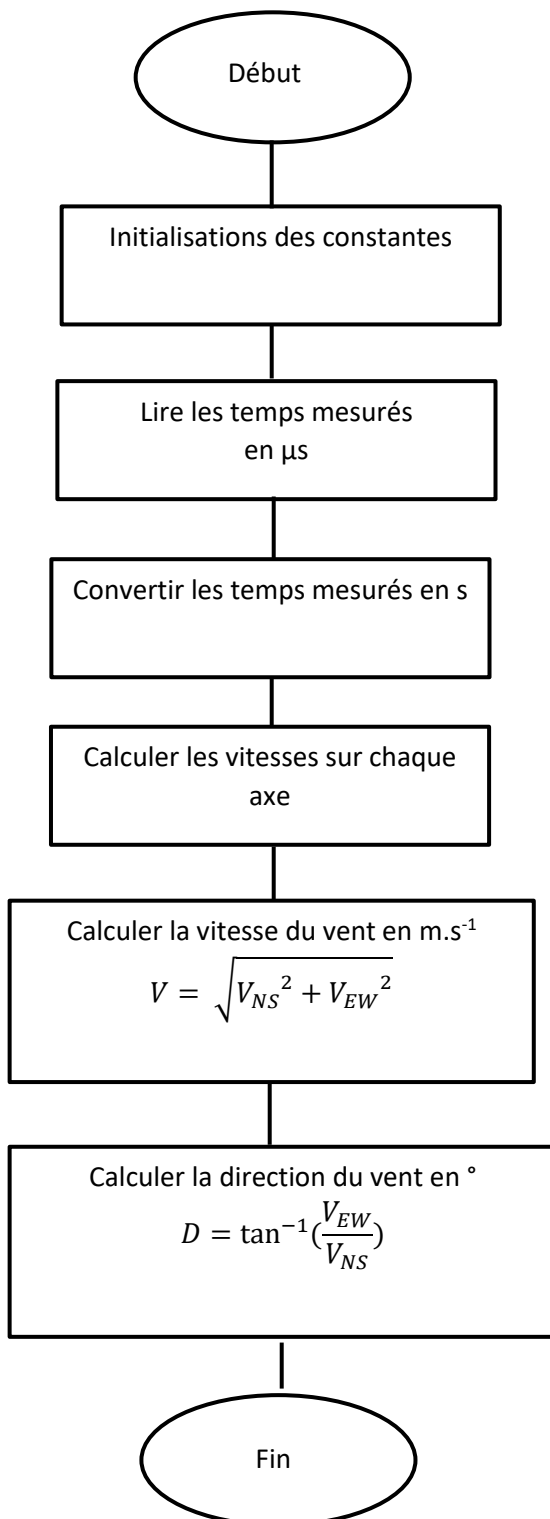
Question A.3



Question A.4

Vr = D =	Théorème de Pythagore $AB^2 = AC^2 + BC^2$ $\tan(\alpha) = \frac{BC}{AC}$
--	--

DRS2 – Algorithme de la fonction calcul



FONCTION Calcul

```

// Initialisation des constantes
distance ← 0.2 // distance entre les capteurs en mètres

..... // déclaration de la variable vitesse
..... // déclaration de la variable direction

// Lecture des temps mesurés (en microsecondes)
T_NS_aller ← lireTempsNordSud() // T1
T_NS_retour ← lireTempsSudNord() // T2
T_EW_aller ← lireTempsEstOuest() // T3
T_EW_retour ← lireTempsOuestEst() // T4

// Conversion des temps en secondes
T1 ← T_NS_aller / 1 000 000
T2 ← T_NS_retour / 1 000 000
T3 ← T_EW_aller / 1 000 000
T4 ← T_EW_retour / 1 000 000

// Calcul des vitesses sur chaque axe
V_NS ← ( (distance / T1) - (distance / T2) ) / 2
V_EW ← ( (distance / T3) - (distance / T4) ) / 2

// Calcul de la vitesse du vent
.....

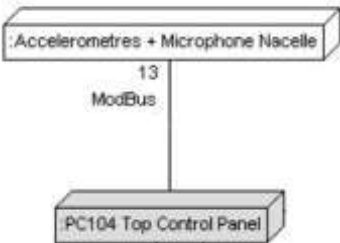
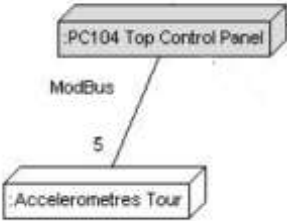
// Calcul de la direction du vent
.....
  
```

FIN FONCTION

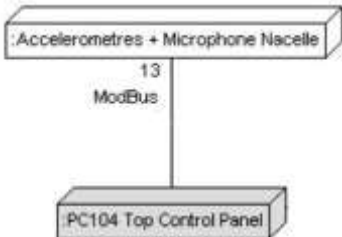
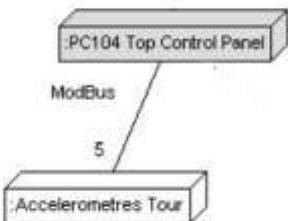
DRS3 – Code Arduino

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2
3  // Déclare une liaison série
4  SoftwareSerial capteurSerial(____); // liaison série sur les broches 18 (RX) et 11 (TX)
5
6  void setup() {
7    // Initialiser la liaison série USB
8    Serial.begin(____); // Pour une vitesse de transmission de 9600 bauds
9
10   // Initialiser la liaison série avec le capteur
11   capteurSerial.begin(____); // Pour une vitesse de transmission de 9600 bauds
12
13   Serial.println("Demarrage du capteur de vent...");
14 }
15
16 void loop() {
17   // Vérifie si des données sont disponibles depuis le capteur
18   if (capteurSerial.available()) {
19     // Lire la trame complète envoyée par le capteur
20     String trame = capteurSerial.readStringUntil('\n'); //Lire une trame complète jusqu'à un saut de ligne '\n'
21     // Extraire la vitesse du vent
22     int indexSPD = trame.indexOf("SPD:");
23     int indexDIR = trame.indexOf("DIR:");
24
25     String vitesse = trame.substring(indexSPD + 4, indexDIR - 1);
26
27     // Extraire la direction du vent
28     String direction = trame.substring(indexDIR + 4);
29
30     // Afficher les résultats
31     Serial.print("Vitesse : "); //Afficher sur le moniteur serie le texte Vitesse :
32     _____; //Afficher sur le moniteur serie les valeurs de la vitesse du vent
33     Serial.println(" m/s"); // Afficher sur le moniteur serie le texte m/s
34
35     Serial.print("Direction : "); //Afficher sur le moniteur serie le texte Direction :
36     _____; //Afficher sur le moniteur serie les valeurs de la direction du vent
37     Serial.println(""); //Afficher sur le moniteur serie le symbole ''
38   }
39
40   _____; //Attendre une ls
41 }
```

DRS4 – Liaisons série du ModBus RTU

	Justification de la liaison série retenue
 The diagram shows a vertical connection between two rectangular boxes. The top box is labeled 'Accelerometres + Microphone Nacelle' and the bottom box is labeled 'PC104 Top Control Panel'. A vertical line connects them, with the number '13' above the line and the text 'ModBus' below it.	
 The diagram shows a diagonal connection between two rectangular boxes. The top box is labeled 'PC104 Top Control Panel' and the bottom box is labeled 'Accelerometres Tour'. A diagonal line connects them, with the text 'ModBus' above the line and the number '5' below it.	

DRS5 – Types de communication des liaisons série

	Type de communication
 <pre> graph TD A[Accelerometers + Microphone Nacelle] --- 13 ModBus B[PC104 Top Control Panel] </pre>	
 <pre> graph TD A[PC104 Top Control Panel] --- 5 ModBus B[Accelerometers Tour] </pre>	
 <pre> graph LR A[PC104 Top Control Panel] --- Can-Bus <<RS485>> B[PC104 Hub] </pre>	