SysML

par Thierry Vaira © v.1.00

Ce sujet comprend 9 questions pour un total de 20 points.
Aucun document autorisé
Durée : 2 h

Nom : _____

La partie "SysML" regroupe notamment les savoirs suivants :

- Diagrammes d'exigences
- Diagrammes de blocs
- Diagrammes de bloc interne

A. Diagrammes d'exigences

A..1 le chauffe-eau solaire individuel (CESI)

Une famille lyonnaise souhaite investir dans la construction de leur nouvelle habitation principale. Consciente des enjeux liés au développement durable, elle souhaite que leur habitat soit respectueux de l'environnement et le plus économe possible en énergie.

Leur projet d'habitat, situé en bordure d'une route très fréquentée, est organisé sur deux niveaux (rez-de-chaussée et un étage). Les futurs propriétaires ont exprimé à l'architecte leur souhait de ne pas avoir d'ouverture en front de rue dans le séjour. Pour satisfaire à cette demande, l'architecte confit, à un bureau d'étude technique, la conception d'une nouvelle solution d'éclairage naturel du séjour pour maintenir le niveau de confort visuel.

L'agencement intérieur de la maison est organisé de la manière suivante :

- une cuisine, une entrée, une chambre et un séjour au rez-de-chaussée ;
- deux chambres, une salle de bain, un WC et un palier à l'étage.

La couverture de la maison est composée d'une toiture terrasse végétalisée et d'une couverture en ardoise.

Les futurs propriétaires de la maison individuelle, située près de Lyon (69), sont soucieux des problèmes environnementaux et économiques actuels. Ils décident d'équiper leur logement d'un chauffe-eau solaire.

La conception et l'installation d'un CESI doit répondre aux besoins et aux contraintes suivantes :

- chauffer l'eau sanitaire en utilisant au maximum l'énergie solaire ;
- garantir un investissement durable (économique et environnemental) ;
- minimiser les pertes thermiques du ballon de stockage ;
- optimiser les échanges énergétiques et la durée de vie du CESI.

Le CESI de type électro-solaire à circulation forcée (de référence solaire C-300-2-CHA) est fabriquée par la société applications thermiques européennes (SATE), filiale du groupe Atlantic implantée à Fontaine (territoire de Belfort).

Il comprend :

- deux capteurs solaires « Solar Plan 230 H » avec châssis et système de fixation incliné à 45 ° ;
- un réservoir de stockage de 300 litres en acier émaillé équipé d'un échangeur solaire et d'un appoint intégré électrique ;
- une pompe de circulation du fluide caloporteur (eau glycolée) constituant avec les capteurs, l'échangeur solaire et les accessoires hydrauliques et de sécurité, le circuit primaire du procédé. Ce circuit permet le transfert du fluide chauffé dans les capteurs solaires vers l'échangeur solaire du réservoir de stockage ;
- un système de régulation gérant les fonctions chauffage de l'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire et par l'appoint.

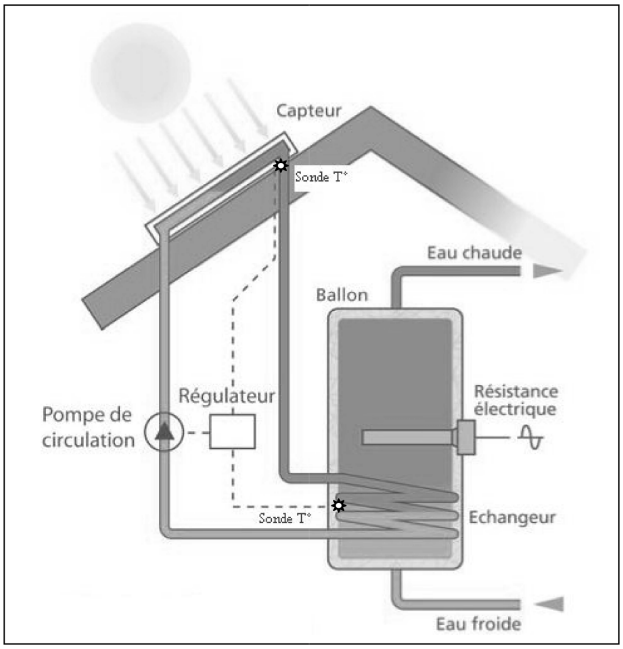
L'objectif de cette étude est de répondre à la problématique suivante : « Comment chauffer l'eau sanitaire en utilisant au maximum l'énergie solaire ? »

Analyse de la solution retenue par le constructeur pour assurer le chauffage de l'eau sanitaire avec l'énergie solaire.

Document à consulter : « DT6 ».

Document technique DT6

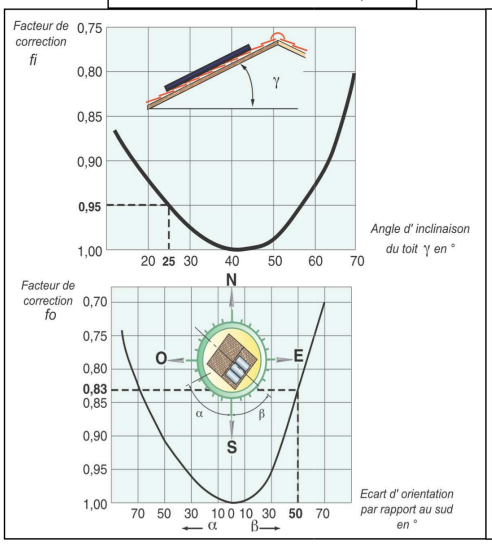
Schéma de l'installation



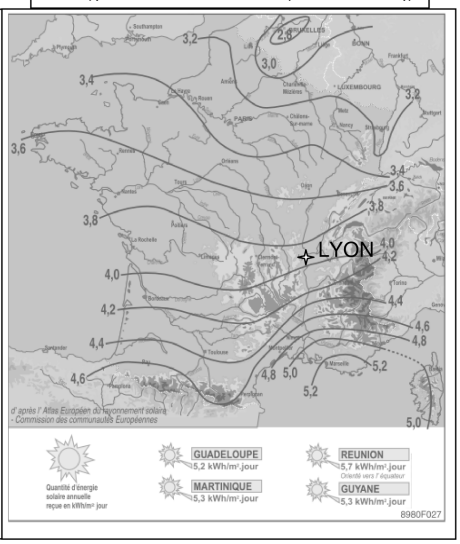
Caractéristiques capteur solaire

Type capteur	Solar Plan 230
Superficie hors tout (m^2)	2,30
Superficie d'absorbeur (m^2)	2,00
Superficie d'entrée (m^2)	2,00
Pression de service maximale (bars)	10
Masse à vide (hors support) (kg)	40
Contenance en eau de l'absorbeur (L)	1,7
Dimensions hors tout l x h x ep (mm)	2099 x 1099 x 110

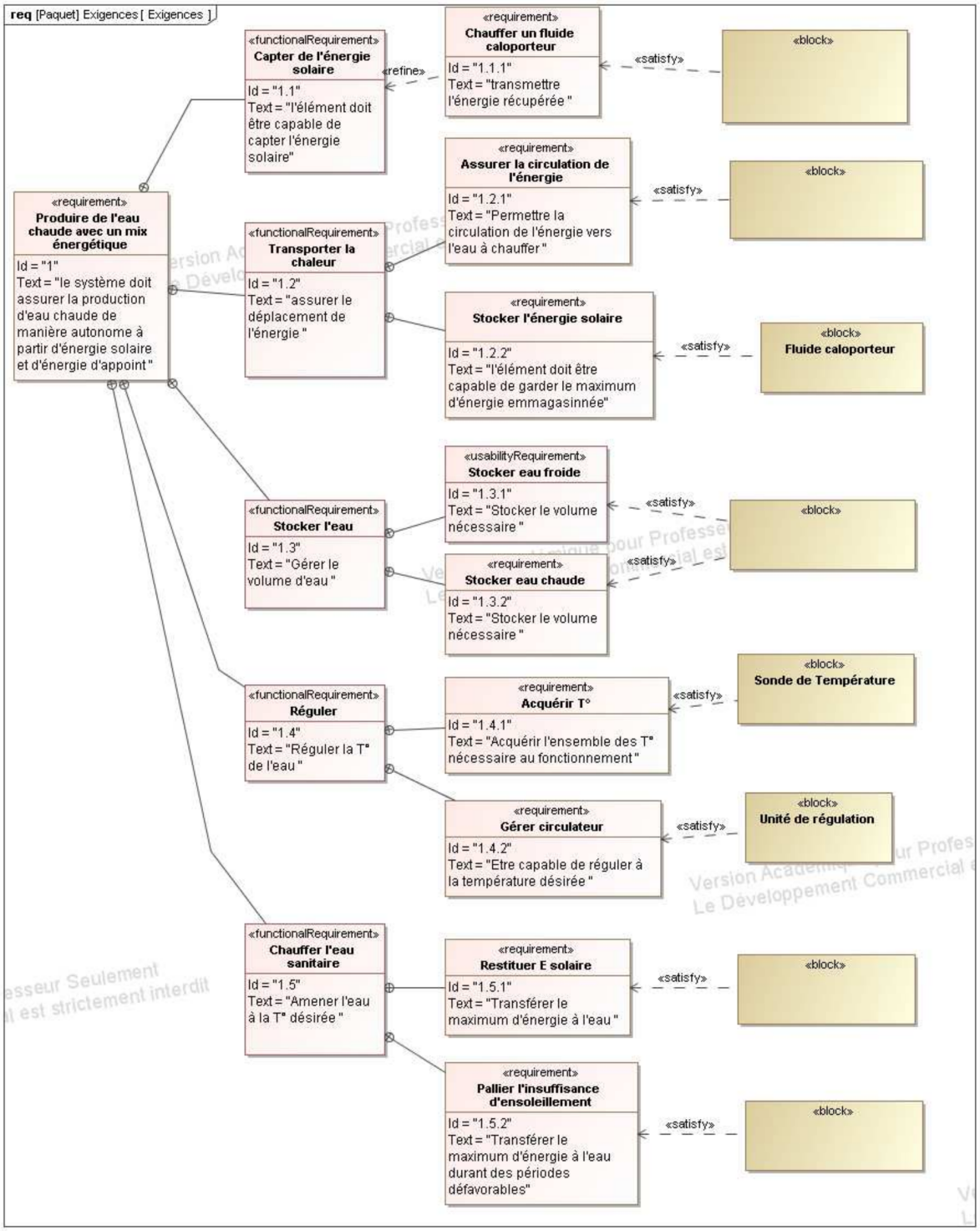
Facteurs de correction fi, fo



Energie solaire en France *(en kWh·m^{-2}.j)*



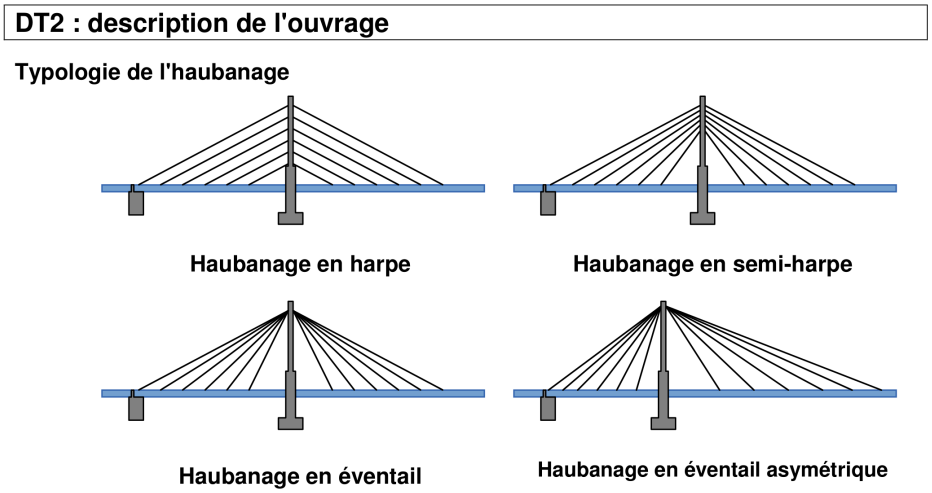
Question 1 (4 points)
À partir du schéma d'installation fourni dans le document DT6, renseigner les « blocks » du diagramme d'exigences représenté sur le document DR1, avec les noms des composants de l'installation.


req [Paquet] Exigences [Exigences]
«requirement»
Produire de l'eau chaude avec un mix énergétique
Id = "1"
Text = "le système doit assurer la production d'eau chaude de manière autonome à partir d'énergie solaire et d'énergie d'appoint"
«functionalRequirement»
Capter de l'énergie solaire
Id = "1.1"
Text = "l'élément doit être capable de capter l'énergie solaire"
«refine»
«requirement»
Chauffer un fluide caloporteur
Id = "1.1.1"
Text = "transmettre l'énergie récupérée "
«satisfy»
«block»
«functionalRequirement»
Transporter la chaleur
Id = "1.2"
Text = "assurer le déplacement de l'énergie "
«requirement»
Assurer la circulation de l'énergie
Id = "1.2.1"
Text = "Permettre la circulation de l'énergie vers l'eau à chauffer "
«satisfy»
«block»
«requirement»
Stocker l'énergie solaire
Id = "1.2.2"
Text = "l'élément doit être capable de garder le maximum d'énergie emmagasinnée"
«satisfy»
«block»
Fluide caloporteur
«functionalRequirement»
Stocker l'eau
Id = "1.3"
Text = "Gérer le volume d'eau "
«usabilityRequirement»
Stocker eau froide
Id = "1.3.1"
Text = "Stocker le volume nécessaire "
«satisfy»
«block»
«requirement»
Stocker eau chaude
Id = "1.3.2"
Text = "Stocker le volume nécessaire "
«satisfy»
«functionalRequirement»
Réguler
Id = "1.4"
Text = "Réguler la T° de l'eau "
«requirement»
Acquérir T°
Id = "1.4.1"
Text = "Acquérir l'ensemble des T° nécessaire au fonctionnement "
«satisfy»
«block»
Sonde de Température
«requirement»
Gérer circulateur
Id = "1.4.2"
Text = "Etre capable de réguler à la température désirée "
«satisfy»
«block»
Unité de régulation
«functionalRequirement»
Chauffer l'eau sanitaire
Id = "1.5"
Text = "Amener l'eau à la T° désirée "
«requirement»
Restituer E solaire
Id = "1.5.1"
Text = "Transférer le maximum d'énergie à l'eau "
«satisfy»
«block»
«requirement»
Pallier l'insuffisance d'ensoleillement
Id = "1.5.2"
Text = "Transférer le maximum d'énergie à l'eau durant des périodes défavorables"
«satisfy»
«block»

B. Diagrammes de bloc interne

La ville de Nantes est confrontée à la saturation de son périphérique à hauteur du pont de Cheviré. Ce pont, initialement prévu pour le contournement de la ville, est aussi très utilisé pour les déplacements urbains.

En juillet 2008, une association « Les Transbordés » est fondée avec l'objectif de porter le projet d'un nouveau pont transbordeur imaginé par l'architecte nantais Paul Poirier.

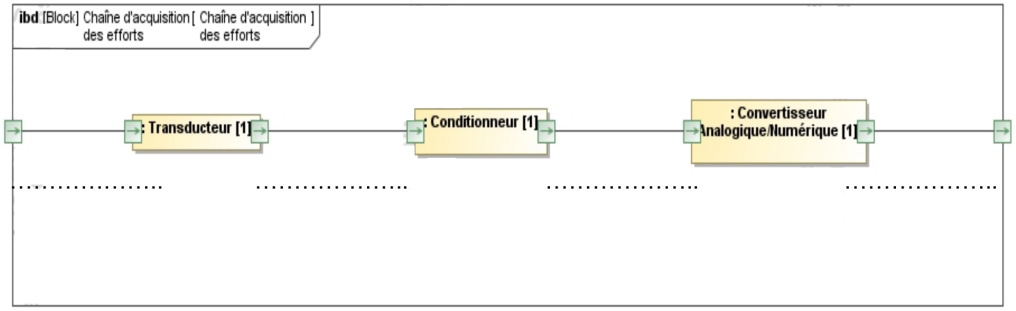


Projet de pont transbordeur à Nantes

Le pont transbordeur est soumis à des contraintes mécaniques en particulier au niveau de ses 36 haubans. Une chaîne d'acquisition est mise en œuvre pour superviser et archiver les efforts dans chacun d'entre eux. Le but de cette étude est d'analyser la chaîne d'information permettant la mesure, la transmission des valeurs liées aux efforts dans les haubans et le stockage de ces données.

L'étude concerne le hauban n° 17. La modélisation du comportement mécanique de la structure haubanée indique pour ce hauban un effort attendu de 1820 kN.

Question 2 (2 points)
Identifier les caractéristiques des flux dans le diagramme de bloc interne décrivant la chaîne d'acquisition de l'effort dans chacun des haubans du tablier. Vous utiliserez les termes suivants : nombre, tension en V, effort en kN, tension en mV.



Les capteurs d'effort dans les haubans sont connectés via un bus de transmission des données de type MODBUS.

Les réseaux de type MOBUS sont des liaisons séries industrielles différentielles RS485 qui garantissent des communications sur de grandes distances (1200 m). Le protocole de communication est basé sur l'envoi d'une requête à chacun des capteurs considérés comme des esclaves numérotés. Chaque capteur répondra par une trame réponse contenant la valeur numérique en kN liée à la mesure de l'effort dans le hauban. La valeur formatée sur 16 bits, est transmise en 2 octets de 8 bits consécutifs PF (poids fort) et pf (poids faible).

Un stockage des mesures d'effort dans les haubans est réalisé pour assurer un suivi de la surveillance à raison d'une mesure par seconde pour les 36 capteurs des 36 haubans sur une période de 365 jours.

Les mémoires de stockage SD (*Secure Digital*) permettent d'enregistrer des données numériques dans un format physique de 24 x 32 x 2,1 mm. Les capacités retenues sont 512 Mo, 1, 2, 4 et 8 Go.

Rappel : 1 ko = 1024 octets $= 2^{10}$ *octets, 1 Mo = 1024 ko* $= 2^{20}$ *octets, 1 Go = 1024 Mo* $= 2^{30}$ *octets.*

Question 3 (2 points)
Calculer la capacité mémoire nécessaire et choisir une capacité de carte SD. Vous ne prendrez en compte que les octets PF et pf codants la valeur de l'effort.

C. Diagrammes de blocs

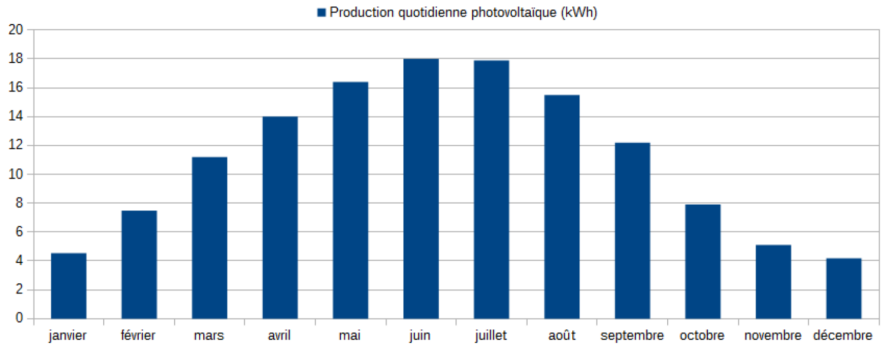
Traditionnellement, les transports maritimes, sur de courtes distances, s'effectuent sur des navires de petites dimensions appelés « navettes » ou « Ferry-boat » suivant les régions.

Les municipalités s'intéressent de plus en plus à des versions moins polluantes de ce type de transport. C'est le cas à Marseille où la traversée du vieux port s'effectuait depuis 1953 grâce à la navette « César » dotée d'un moteur diesel classique. En 2010, elle a été remplacée par le « Ferry-boat », un bateau innovant doté de moteurs électriques et de panneaux solaires. La distance parcourue à chaque trajet par le « Ferry-boat » est de 283 m. La durée de la traversée est de 5 minutes environ (déchargement / chargement des passagers compris). La vitesse autorisée est de 4 nœuds (1 nœud = 1,852km · h-1).

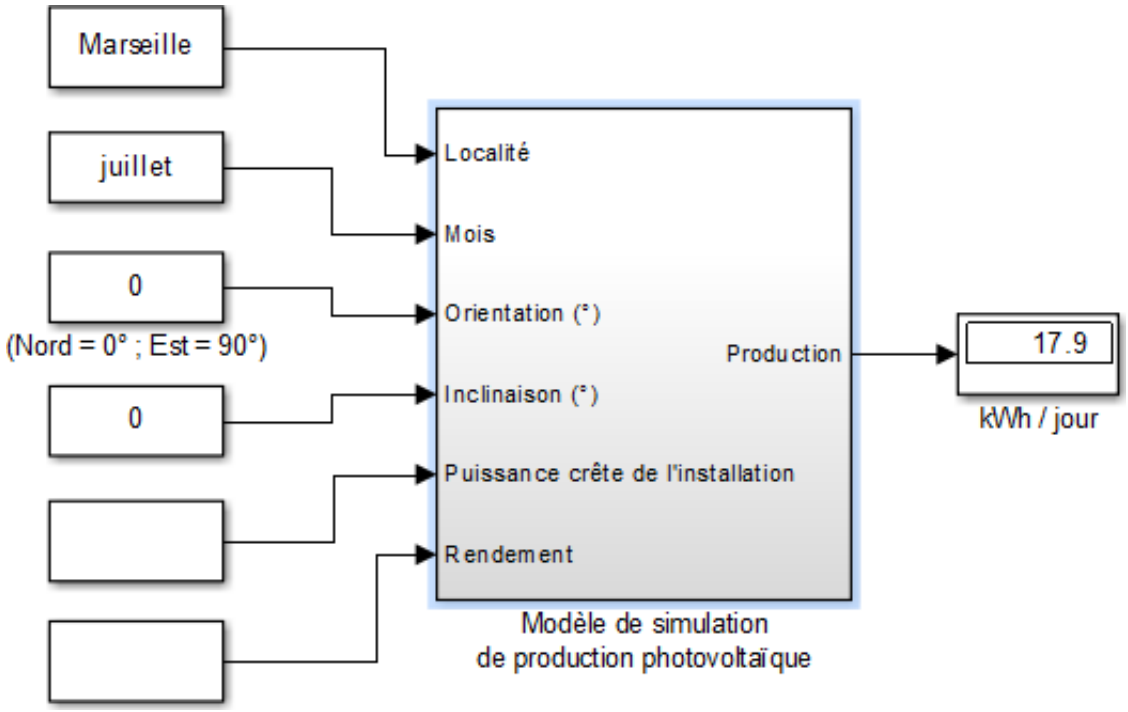
Question 4 (2 points)
En vous aidant du BDD (DT3) en Annexe, indiquer le nombre de panneaux photovoltaïques utilisés pour la propulsion et le nombre de panneaux utilisés pour le circuit service.

Pour estimer la production photovoltaïque destinée à la propulsion (DT7), on utilise un modèle de simulation (ci-dessous).

DT7 : simulation de la production d'énergie des panneaux photovoltaïques « propulsion »



Question 5 (2 points)
En vous aidant du BDD (DT3), donner la valeur des deux paramètres d'entrée manquants sur le modèle de simulation.



L'énergie nécessaire pour la propulsion est fournie par deux parcs de batteries nickel-cadmium. Chaque parc est logé dans des bacs spéciaux placés dans une coque inaccessible au public. On cherche à vérifier que la capacité de stockage d'énergie est suffisante pour assurer le service quotidien.

DT9 : batterie STM 5-140 MR*

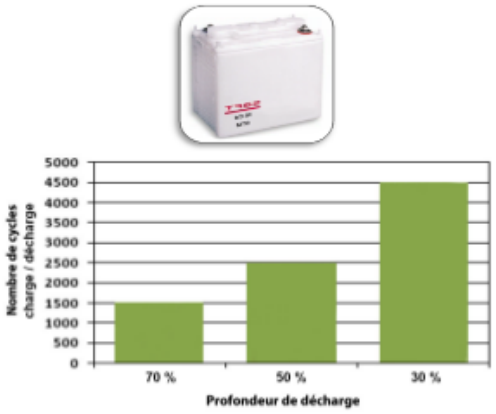
Electrical characteristics

	STM 5-100 MR*	STM 5-100 MRE**	STM 5-140 MR*	STM 5-180 ***
Nominal voltage (V)	6	6	6	6
Rated capacity (Ah)	100	100	136	180
Typical specific energy (Wh/kg)	55	55	54	54
Typical energy density (Wh/dm³)	88	87	95	93
Typical specific power at 3/4 Uo at 80% DOD (W/kg)	122	120	108	82
Typical power density (W/l)	203	200	190	142

Mechanical characteristics

Typical weight (kg)	12.9	13.2	17.0	23.2
Dimensions (mm)	248x120x260	246x123x260	244x153x260	260x190x260
Volume (dm³)	7.74	7.87	9.7	12.85

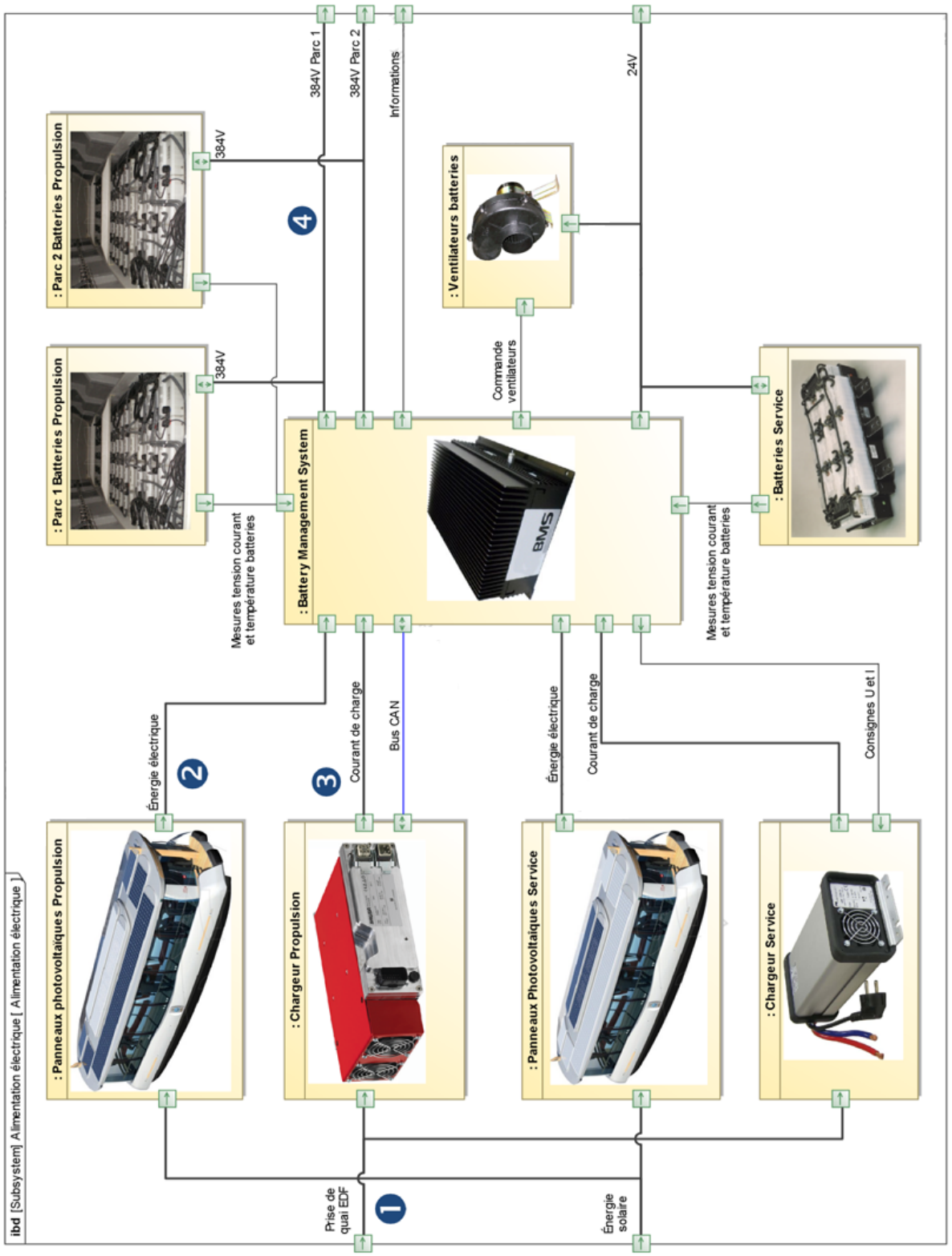
*MR: air-cooled - **MRE: integrated liquid cooling - ***Water filling system (made with individual vents)



Question 6 (2 points)
À l'aide du BDD du « Ferry-boat » (DT3) et de la documentation des batteries (DT9), calculer le nombre de batteries d'un parc permettant d'obtenir la tension nécessaire à la propulsion. Préciser le type de câblage de ces batteries.

Les deux parcs de batteries de propulsion sont chargés durant la journée par seize panneaux solaires. Les équipements du bord sont alimentés par les batteries de service 24V qui sont chargées pendant la journée par huit autres panneaux solaires. La nuit, le bateau est branché sur une prise électrique de quai afin de recharger totalement les batteries.

Question 7 (2 points)
Indiquer la nature de la tension (continue ou alternative) présente aux points repérés 1, 2, 3 et 4 de l'IBD de l'alimentation électrique (DT4).


ibd [Subsystem] Alimentation électrique [Alimentation électrique]
: Panneaux photovoltaïques Propulsion
: Chargeur Propulsion
: Panneaux Photovoltaïques Service
: Chargeur Service
: Battery Management System
BMS
: Parc 1 Batteries Propulsion
: Parc 2 Batteries Propulsion
: Batteries Service
: Ventilateurs batteries
384V
384V
384V Parc 1
384V Parc 2
Informations
24V
Commande ventilateurs
Mesures tension courant et température batteries
Mesures tension courant et température batteries
Énergie électrique
Courant de charge
Bus CAN
Énergie électrique
Courant de charge
Consignes U et I
Prise de quai EDF
Énergie solaire
1
2
3
4

La charge et la surveillance des batteries sont effectuées par le « système de contrôle des batteries » (*battery management system*). Il communique avec le chargeur propulsion grâce à un bus CAN (voir DT4 et DT10).

Le chargeur propulsion envoie la trame suivante au « *battery management system* » :

- `ID = 612`
- `DLC = 8`
- `DATA = 00 EC 07 F3 83 1E 01 A6`

Question 8 (2 points)
En déduire la valeur de la donnée « *auxiliary battery voltage* ». Donner le résultat en Volt. Justifier votre réponse.

Question 9 (2 points)
Expliquer pourquoi un octet ne suffit pas pour coder l'information « *mains current maximum* » (octets 2 et 3 de l'`ID 618`).

DT10 : protocole bus CAN chargeur propulsion NLG5

Description des spécifications du bus CAN pour les classes NLG5.

- Bitrate: 500 kbit/s
- standard Frame used
- CAN 2.0B specifications

BIT 7	6	5	4	3	2	1	BIT 0

ID = 618 : NLG5 Control

Length : 7 bytes ; Transmit time : 100 ms

Byte	Message name	Bit	Name	Value Definition
1	NLG5 Control Bitmap	7	CAN enable	0 = Disable 1 = Enable
		6	Clear error latch	0 → 1 = Clear error
		5	Control pilot ventilation request	0 = No Ventilation 1 = Ventilation

Bytes	Message name	Valid range (physical)	Resolution	Unit
2-3	**Mains current maximum**	0..50	0.1	A
4-5	Output voltage command	0..1000	0.1	V
6-7	Output current command	0..150	0.1	A

ID = 612 : NLG5 Actual Values II

Length : 8 bytes ; Transmit time : 100 ms

Bytes	Message name	Valid range (physical)	Resolution	Unit
1-2	Mains current maximum by control pilot	0..100	0.1	A
3	Mains current maximum by power indicator	0..20	0.1	A
4	**Auxiliary battery voltage**	0..25	0.1	V
5-6	Ampere hours by external shunt	-327,67 … 327,68	0.01	Ah
7-8	Output current of booster	0..50	0.01	A

Exemples d'interprétation des trames

ID	DLC	DATA
618	7	80 00 C8 0F A0 00 A0

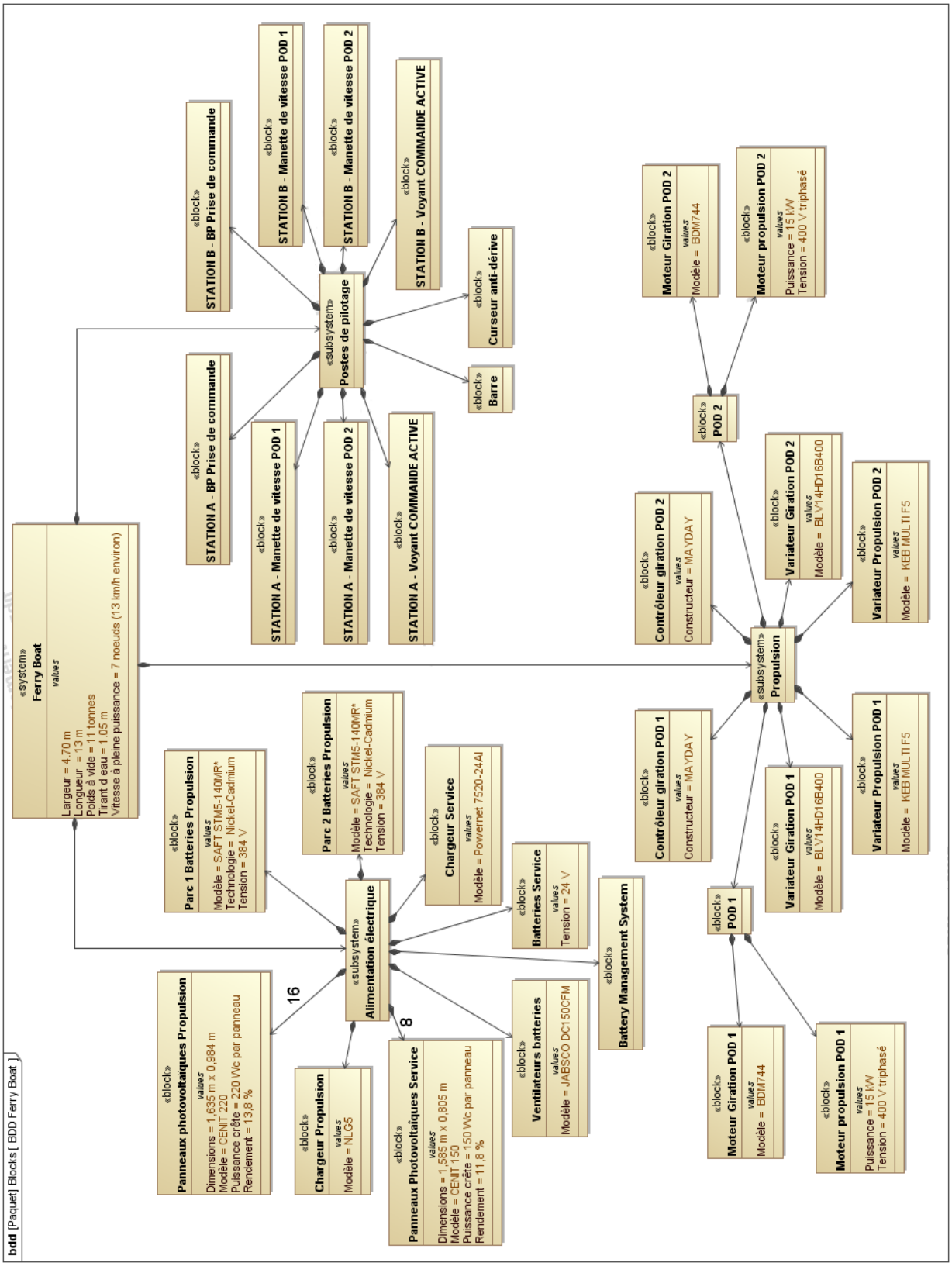
Identifiant : $618_{(16)}$ Longueur des données : 7 octets

- L'octet 1 « NLG5 Control Bitmap » : $80_{(16)}$ = 1000 $0000_{(2)}$ donc CAN Enable = 1
- Les octets 2 et 3 « Mains current maximum » : $00C8_{(16)}$ = $200_{(10)}$ soit 20,0A
- Les octets 4 et 5 « Output voltage command » : $0FA0_{(16)}$ = $4000_{(10)}$ soit 400,0V
- Les octets 6 et 7 « Output current command » : $00A0_{(16)}$ = $160_{(10)}$ soit 16,0A

ID	DLC	DATA
612	8	03 A7 16 89 00 00 0E AE

Identifiant : $612_{(16)}$ Longueur des données : 8 octets

- Les octets 1 et 2 « Mains current maximum by control pilot » : $03A7_{(16)}$ = $935_{(10)}$ soit 93,5A
- L'octet 3 « Mains current maximum by power indicator » : $16_{(16)}$ = $22_{(10)}$ soit 2,2A
- L'octet 4 « Auxiliary battery voltage » : $89_{(16)}$ = $137_{(10)}$ soit 13,7V
- Les octets 5 et 6 « Ampere hours by external shunt » : $0000_{(16)}$ = $0_{(10)}$ soit 0Ah
- Les octets 7 et 8 « Output current of booster » : $0EAE_{(16)}$ = $3758_{(10)}$ soit 37,58A


bdd [Paquet] Blocks [BDD Ferry Boat]
«system»
Ferry Boat
values
Largeur = 4.70 m
Longueur = 13 m
Poids à vide = 11 tonnes
Tirant d'eau = 1.05 m
Vitesse à pleine puissance = 7 noeuds (13 km/h environ)
«subsystem»
Postes de pilotage
«block»
STATION B - BP Prise de commande
«block»
STATION B - Manette de vitesse POD 1
«block»
STATION B - Manette de vitesse POD 2
«block»
STATION B - Voyant COMMANDE ACTIVE
«block»
Curseur anti-dérive
«block»
Barre
«block»
STATION A - BP Prise de commande
«block»
STATION A - Manette de vitesse POD 1
«block»
STATION A - Manette de vitesse POD 2
«block»
STATION A - Voyant COMMANDE ACTIVE
«subsystem»
Propulsion
«block»
POD 1
«block»
POD 2
«block»
Moteur Giration POD 1
values
Modèle = EDM744
«block»
Moteur propulsion POD 1
values
Puissance = 15 kW
Tension = 400 V triphasé
«block»
Moteur Giration POD 2
values
Modèle = EDM744
«block»
Moteur propulsion POD 2
values
Puissance = 15 kW
Tension = 400 V triphasé
«block»
Variateur Giration POD 1
values
Modèle = BLV14HD16B400
«block»
Variateur Giration POD 2
values
Modèle = BLV14HD16B400
«block»
Variateur Propulsion POD 1
values
Modèle = KEB MULTI F5
«block»
Variateur Propulsion POD 2
values
Modèle = KEB MULTI F5
«block»
Contrôleur giration POD 1
values
Constructeur = MAYDAY
«block»
Contrôleur giration POD 2
values
Constructeur = MAYDAY
«subsystem»
Alimentation électrique
«block»
Parc 1 Batteries Propulsion
values
Modèle = SAFT STM5-140MR*
Technologie = Nickel-Cadmium
Tension = 384 V
«block»
Parc 2 Batteries Propulsion
values
Modèle = SAFT STM5-140MR*
Technologie = Nickel-Cadmium
Tension = 384 V
«block»
Chargeur Service
values
Modèle = Powernet 7520-24AI
«block»
Batteries Service
values
Tension = 24 V
«block»
Battery Management System
«block»
Ventilateurs batteries
values
Modèle = JABSCO DC150CFM
«block»
Panneaux photovoltaïques Propulsion
values
Dimensions = 1,635 m x 0,984 m
Modèle = CENIT 220
Puissance crête = 220 Wc par panneau
Rendement = 13,8 %
16
«block»
Chargeur Propulsion
values
Modèle = NLG5
8
«block»
Panneaux Photovoltaïques Service
values
Dimensions = 1,585 m x 0,805 m
Modèle = CENIT 150
Puissance crête = 150 Wc par panneau
Rendement = 11,8 %