

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

Station de recharge pour véhicule électrique
Consommer mieux. Consommer plus malin.

**Ce sujet sera traité par les candidats ayant présenté les épreuves terminales du baccalauréat lors d'une session précédente
(PROGRAMME LIMITATIF)**



- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise situation** page 2
 - **Partie I (3 heures)** pages 3 à 6
 - **Partie II (1 heure)** pages 7 à 8
- **Documents techniques** pages 9 à 15
- **Documents réponses** pages 16 à 19

- Le sujet comporte **deux parties indépendantes** qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.
- **Les documents réponses DR1 à DR4 (pages 16 à 19), complétés ou non, seront à rendre avec les feuilles de copie.**
- Rédiger sur feuilles de copie quand il n'est pas précisé de compléter un document réponse.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2013
Enseignements technologiques transversaux	Code : 13ET2DDME1 Page 1 / 19

Avec le Grenelle de l'environnement, la France a fait du développement des véhicules « décarbonés » (véhicules 100% électriques ou véhicules hybrides) une priorité importante de sa politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Un plan national est mis en place pour faire circuler 2 millions de voitures électriques ou hybrides rechargeables en 2020.

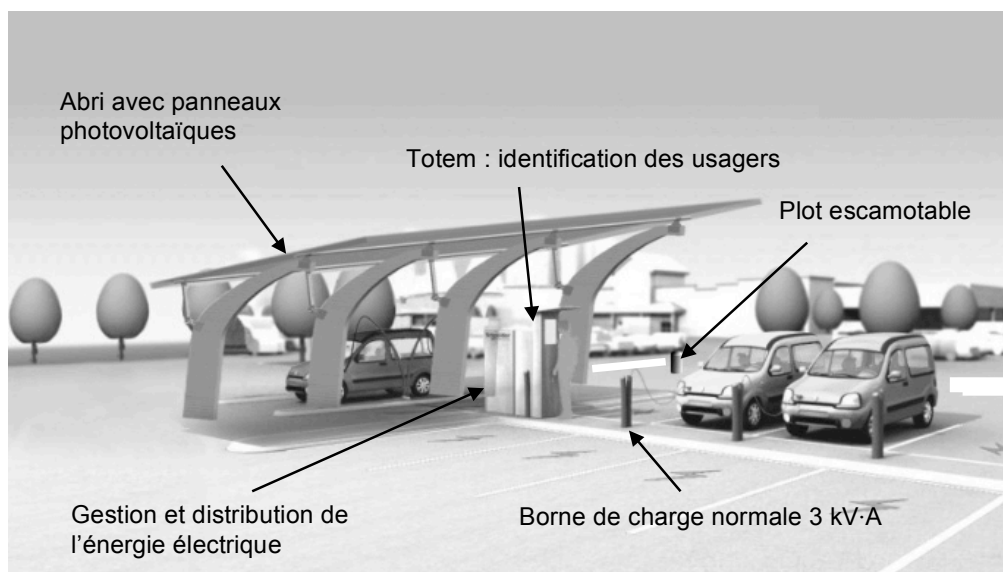
Mise en situation

Une communauté d'agglomération du Nord de la France décide de s'équiper de vingt véhicules électriques de type Kangoo. Cinquante-quatre bornes de recharge seront construites sur l'arrondissement en 2013, réparties à proximité des mairies sur l'ensemble du territoire. Les besoins à l'horizon 2020 sont estimés à 273 bornes de recharge.

Deux stations de recharge de 4 bornes en grappe pour une capacité d'accueil de huit véhicules seront implantées dans les deux principales villes. **Ces deux stations expérimentales augureront des futures infrastructures et seront configurées de la façon suivante :**

- l'accès sera protégé par un plot escamotable ;
- des bornes RFID permettront l'identification des agents d'entretien, elles évolueront ensuite vers des bornes de paiement. Elles seront implantées sous des abris pouvant accueillir des capteurs photovoltaïques. L'impact environnemental de ces infrastructures devra être limité ;
- un système de gestion d'énergie sera mis en place au niveau local. Afin de réduire les coûts, la puissance du contrat électrique souscrit par station est volontairement limitée à 22 kV·A. Elle est ainsi inférieure à la puissance totale susceptible d'être demandée par les bornes. De plus, pour des raisons d'économie, le contrat retient l'option heures creuses (HC) permettant de bénéficier de tarifs réduits sur certaines périodes de la journée.

Ces infrastructures seront également identifiées comme **parking de covoiturage** et seront **mises en réseau**. Ainsi, l'énergie des batteries des véhicules en stationnement pour une journée (8h) **pourra être injectée sur le réseau aux heures de pointe** (période où l'énergie est la plus chère) **pour permettre la recharge d'autres véhicules**. Le propriétaire récupérera son véhicule rechargé en fin de journée.






Partie I : Comment optimiser l'énergie consommée et minimiser les coûts de recharge ?


I.1 : Pourquoi et comment gérer les énergies ?

→ Utiliser l'énergie des batteries au bon moment : application d'un modèle de GDE

L'objectif est de minimiser l'impact économique d'un parc de véhicules électriques dont les batteries pourraient soutirer et/ou injecter de l'énergie sur le réseau électrique. La problématique est donc d'injecter sur le réseau de l'énergie **issue des batteries** lorsque les prix de l'énergie sont élevés (heures pleines HP). Certains modèles de gestion des échanges d'énergie dans un réseau, comme le modèle dit "Edison" utilisé dans ce cas, tentent de répondre à cette problématique.


Question I.1.1  **Compléter** le document DR1 en comparant le profil journalier de puissance optimisé grâce au modèle "Edison" (P2) à celui non optimisé (P1). **Mettre** en évidence les périodes tarifaires durant une journée.

Voir DT3
Voir DR1


 **Conclure** sur la pertinence du modèle en vérifiant la cohérence des transferts d'énergie en fonction des plages horaires.


→ Connaître le niveau de charge de la batterie d'un véhicule

Pour disposer de l'énergie des batteries que l'on souhaite injecter sur le réseau, leur taux de charge doit être supérieur à 60 %. Il est donc nécessaire de le mesurer.


Question I.1.2  En examinant les courbes DT3, **indiquer** la grandeur électrique à capter pour obtenir une information image du taux de décharge. **Noter** votre réponse sur le modèle comportemental du document DR1.


Voir DT3
Voir DR1

 **Relever** la valeur de cette grandeur pour un taux de décharge de 40 % s'il s'agit d'une batterie à anode graphite.

Question I.1.3  **Citer** deux paramètres externes qui pourraient altérer l'exactitude de la mesure.

Voir DT4, DT5
Voir DR1

 **Compléter** pour cela les paramètres d'entrée du modèle comportemental sur le document DR1.

Question I.1.4  **Compléter** la chaîne d'information permettant de mesurer le taux de décharge en caractérisant les fonctions manquantes et la nature des informations sur le document DR1.


Voir DR1

Fonctions manquantes : capter ; convertir.

L'information peut être de nature : analogique, logique ou numérique.

→ Transmettre les informations par réseau Ethernet


Toutes les informations nécessaires à la gestion d'une station, comme le niveau de charge des batteries, seront transmises à un serveur par un réseau privé type Ethernet (LAN). L'exploitant aura accès à ce serveur par un autre réseau (WAN).

Question I.1.5  **Écrire** les adresses des différents éléments de la structure en précisant la classe du réseau et la valeur du masque de sous-réseau.
Voir DR2




I.2. Comment attribuer des droits aux agents et gérer des priorités d'accès à la station ?

→ Conditions d'accès


Question I.2.1  À partir des deux diagrammes SysML, **indiquer** les conditions que doit remplir un agent pour s'identifier à la station.
Voir DT1, DT2

→ Solution technologique retenue pour l'identification des agents : badge RFID


Question I.2.2  **Décrire** les principaux avantages de la technologie RFID en relation avec le contexte étudié.
Voir DT6

→ Caractérisation des informations transmises


Un relevé des trames émises lors de la détection d'un badge a été effectué avec un logiciel d'analyse prévu à cet effet (voir DT6).


Question I.2.3  **Déterminer** :
Voir DT6

- le nombre d'octets transmis lors de la détection du badge ;
- le nombre d'octets de données (Parameters).

 À partir du signal émis à la lecture d'un badge donné dans le DT6, **retrouver** le numéro de la trame correspondante parmi les six proposées. **Expliquer** votre démarche.

→ Caractérisation des informations transmises

Question I.2.4  **Donner** la signification du contenu des messages émis par les octets de données pour les trames n°3 et n°4.
Voir DT6


Question I.2.5  La communauté d'agglomération comprend 48 communes. **Vérifier** que l'encodage de cette donnée sur un octet est suffisant pour l'identification de ces communes.
Voir DT6



I.3. Comment améliorer la performance énergétique du plot escamotable ?

Dans chaque station, en cas de coupure du réseau d'alimentation externe d'énergie, tous les systèmes auxiliaires, en dehors des bornes de recharge par elles-mêmes, doivent continuer à fonctionner. Il est donc nécessaire de chercher à améliorer leurs performances énergétiques.


On s'intéresse donc au plot escamotable permettant de contrôler l'accès à la station. Chaque plot escamotable comprend principalement un moteur, une résistance thermique (pour les périodes hivernales) et un électro-frein. Le bureau d'étude, qui cherche à optimiser ce système, s'interroge sur l'élément le plus énergivore.

→ Analyse du principe de fonctionnement du plot escamotable

Question I.3.1  **Compléter** sur le document DR3 le principe de fonctionnement du plot escamotable en vous aidant du schéma cinématique donné.
Voir DT7
Voir DR3

Question I.3.2  À partir de la nomenclature, **positionner** sur le document DR3, les différents constituants de la chaîne d'énergie.
Voir DT7
Voir DR3  **Compléter** sur le document DR3, cette chaîne d'énergie avec les caractéristiques des composants.

→ Détermination de la puissance nécessaire pour soulever un plot en acier inoxydable

Question I.3.3  **Déterminer** la vitesse moyenne de levée du plot escamotable $V_{\text{plot_inox}/\text{fût}}$ en fonction de la fréquence de rotation du moteur, du rapport de réduction du réducteur et du pas de la vis à billes (exprimer cette vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). On prendra $N_{\text{mot}} = 2800 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.
Voir DT7
On rappelle la relation entre les vitesses dans un système vis/écrou :

V : vitesse de translation ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)


n : fréquence de rotation de la vis ($\text{tr}\cdot\text{s}^{-1}$)

$$V = n \times \text{pas}$$

Rappel :

$$P = F \times V \text{ avec}$$

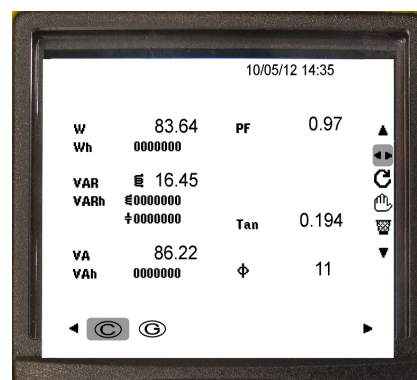
$$F = m \times g$$


 **Calculer** la puissance $P_{\text{plot_inox}}$ nécessaire pour soulever le plot. On prendra comme vitesse de levée du plot $V_{\text{plot_inox}/\text{fût}} = 0,078 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

→ Analyse de l'influence des joints d'étanchéité (voir DT7, éclaté du plot escamotable, repère 9)


Le bureau d'étude cherche à déterminer l'influence du joint torique et du joint brosse dans la consommation d'énergie du plot. Pour cela, il effectue une mesure de consommation du plot en fonctionnement.


Remarque : un cycle correspond à une montée et une descente du plot. La descente du plot se produit sous l'action de la pesanteur et n'engendre donc pas de consommation électrique durant cette phase.



Question I.3.4  Pour un cycle de fonctionnement du plot, **vérifier** que la puissance électrique attendue est de 59 W (en tenant compte des rendements de la vis à billes, du réducteur et du moteur).

Voir DT7


 Sur l'écran de l'appareil ci-dessus utilisé durant l'expérimentation, **relever** la puissance active réelle consommée par le moteur ($P_{\text{mot_plot_inox}}$).


 **Expliquer** ce résultat en tenant compte de l'effet des joints (DT7, rep 9).

→ Détermination de la consommation énergétique lors d'un cycle

Question I.3.5

Voir DT7


 **Calculer** le temps de levée du plot à l'aide de la vitesse moyenne du plot $V_{\text{plot_inox}/f\dot{u}t} = 0,078 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et de la course du plot (voir nomenclature sur DT7).


 En fonction de la puissance électrique relevée ($P_{\text{mot_plot_inox}}$), du temps de levée du plot, **calculer** l'énergie consommée par le moteur ($W_{\text{mot_plot_inox_par_cycle}}$).

→ Consommation du moteur par rapport aux autres éléments du plot d'accès

Question I.3.6

Voir DR3


 **Compléter** le tableau sur DR3 en calculant les énergies mises en jeu pour chaque composant.

 En analysant les résultats du tableau, **citer** l'élément sur lequel il serait le plus intéressant d'agir pour minimiser la consommation d'énergie sur les dix années d'exploitation.



SYNTHÈSE PARTIE I

Question I.4

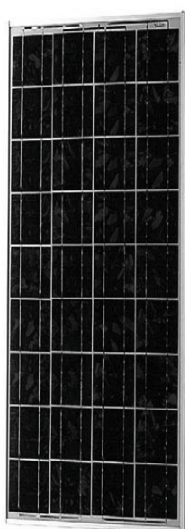
 Au regard de toute l'étude (partie I) que vous venez de mener, **indiquer** les trois domaines de recherche de solutions qui ont permis de mieux gérer et d'optimiser les énergies consommées.



Partie II : Comment minimiser l'impact environnemental des infrastructures ?

II.1. Exploitation d'une source d'énergie renouvelable supplémentaire

Dans le but d'améliorer le bilan carbone de la structure, on décide de couvrir l'abri de panneaux photovoltaïques dont les caractéristiques sont données ci-dessous. L'objectif est également de promouvoir ce type de production d'énergie. Une partie de cette énergie sera stockée dans des batteries pour permettre un fonctionnement de secours de la station, le reste sera injecté sur le réseau. La puissance photovoltaïque installée est de 3 kW.



PHOTOWATT PWX850 - 12V PHOTOVOLTAIC LARGE SCALE POWER MODULE – JBOX		
PACKING INFORMATION		
Module weight	kg	17
Module size	mm	1272 x 556 x 39
PWX850		Configuration 12 V
Typical power	W	100
Voltage at typical power	V	17
Current at typical power	A	4,4
Short circuit current	A	4,7
Short circuit voltage	V	21,5

En mode secours, le cahier des charges impose une autonomie de 3h pour l'alimentation des éléments auxiliaires de l'infrastructure de la station précisés dans le tableau suivant :

Élément de l'infrastructure	Puissance consommée (W)	Énergie consommée en 3 heures (W·h)
Plot escamotable		150
Éclairage	300	
Équipement de traitement et de gestion de l'énergie	450	
Équipement d'identification	200	

- Question II.1.1 **Estimer**, en mode secours, l'énergie nécessaire pour les 3h de fonctionnement.
- Question II.1.2 **Justifier** pourquoi la puissance des panneaux photovoltaïques permettra de réinjecter chaque jour de l'énergie sur le réseau.
- Question II.1.3 **Déterminer** le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaires pour fournir cette puissance. **En déduire** la masse supplémentaire à supporter par l'abri.



II.2. Vérification de la résistance mécanique de l'abri


L'abri installé a la particularité de pouvoir incliner les panneaux selon 2 positions (voir les 2 configurations décrites sur le DR4) :

Position	Inclinaison des panneaux	Avantages
« Hiver »	35°	Bon compromis durant la période non estivale
« Été »	15°	Augmentation de la production d'électricité d'environ 15% par rapport à la position « Hiver »

Le système n'est pas motorisé, un mécanisme non représenté permet de réaliser le changement de position par l'action d'un tirant (voir DR4, repère 2) sur une structure portant l'ensemble des panneaux. Le tirant sera assimilé à un tube de diamètre 30 mm, d'épaisseur 3 mm et de 400 mm de longueur.

Question II.2.1

Voir DR4

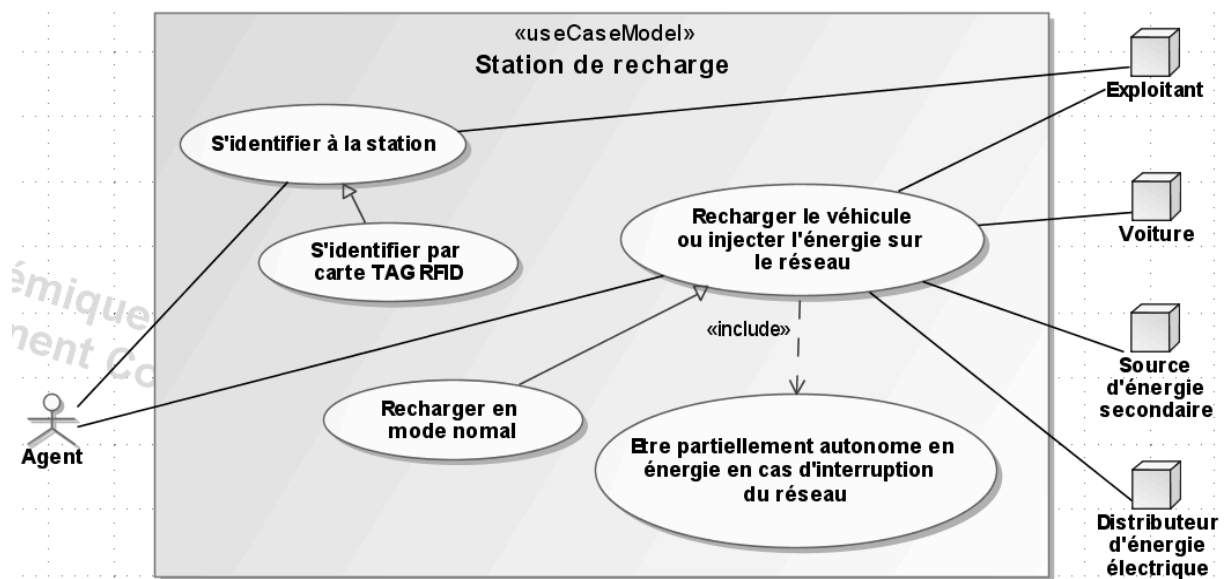
 **Compléter** le document réponse DR4.

 Sur feuille de copie, on demande de :

- **définir** la position (ÉTÉ ou HIVER) qui engendre l'effort le plus important dans le tirant (repère 2).
NOTA : l'effort dû à la pesanteur prend en compte l'ensemble des éléments panneaux et structure ;
- **identifier** le type de sollicitation **principale** (traction, compression, flexion) s'exerçant sur le tirant (repère 2). On pourra pour cela appliquer le principe des actions mutuelles ($\vec{F}_{S2 \rightarrow S1} = -\vec{F}_{S1 \rightarrow S2}$) ;
- **vérifier** que les dimensions de la section circulaire du tirant (repère 2) n'entraînent pas une contrainte supérieure à 235 MPa.

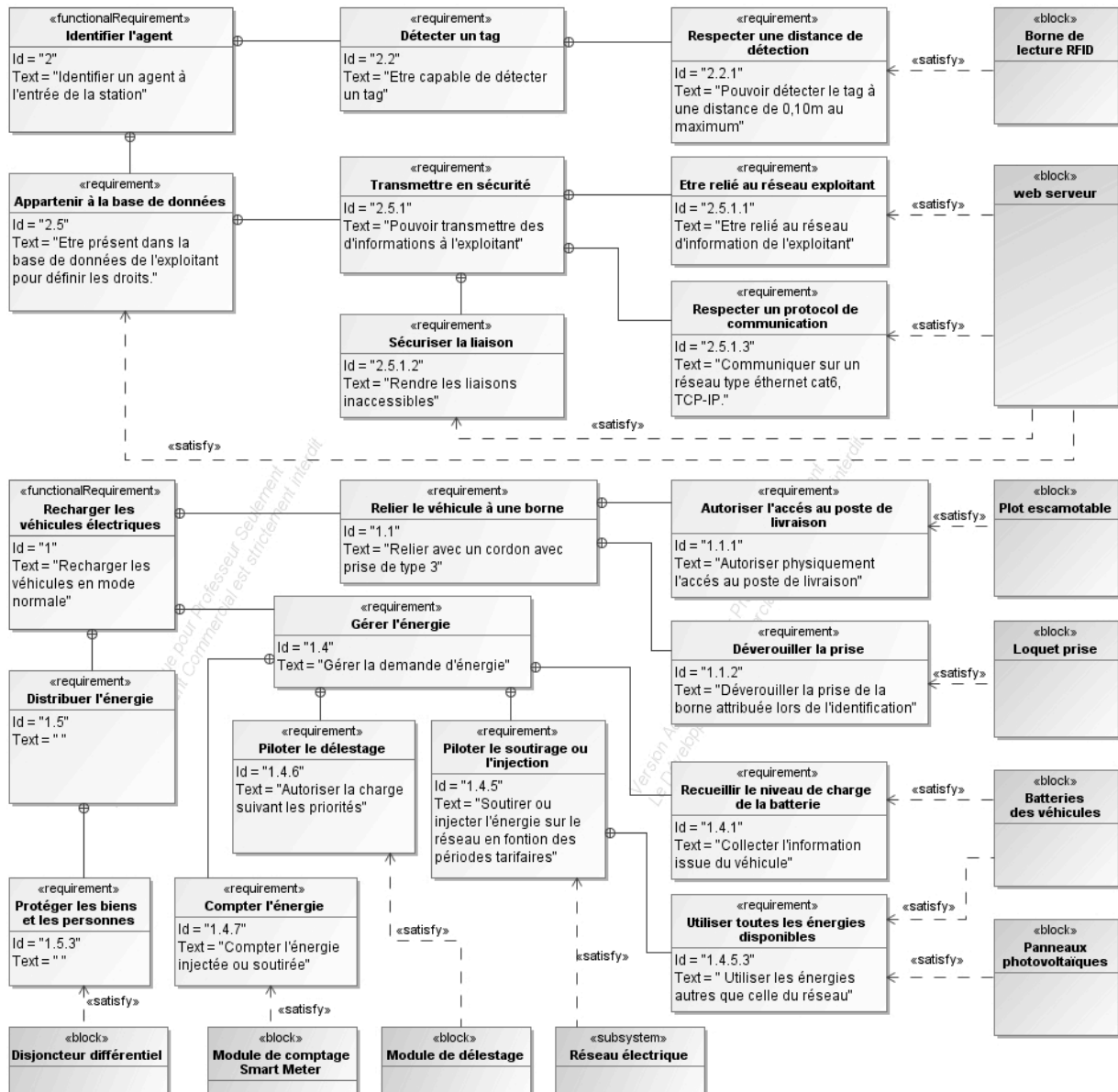
DT1 : Diagrammes SysML de description de la station de recharge

Diagramme des cas d'utilisation (*diagramme partiel*)



DT2 : Diagrammes SysML de description de la station de recharge

Diagramme des exigences (diagramme partiel)



DOCUMENT TECHNIQUE DT3

📁 Gestion de la Demande en Énergie (GDE)

Le « **smart grid** » est un réseau de distribution d'électricité « intelligent » qui utilise des technologies informatiques de manière à optimiser la production et la distribution d'énergie, et à mieux mettre en relation l'offre et la demande entre producteurs et consommateurs d'électricité. L'apport des technologies informatiques devrait économiser l'énergie, sécuriser le réseau et en réduire les coûts.

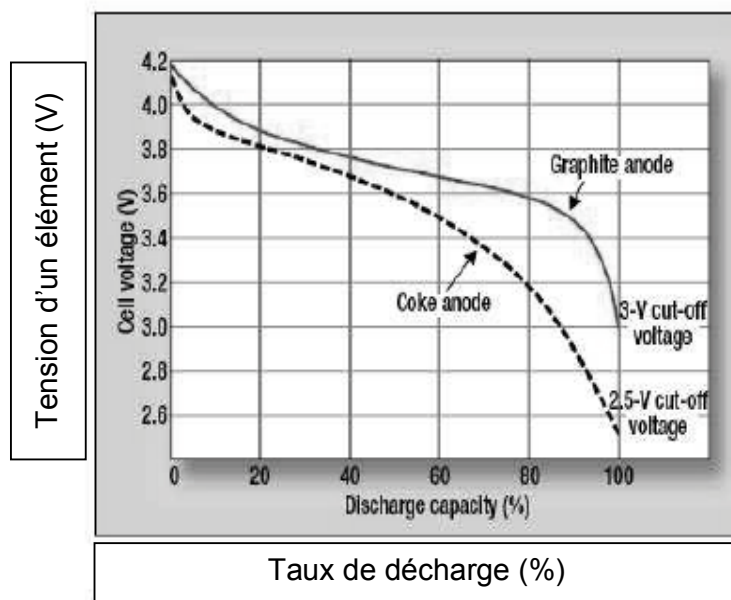
Le « **smart meter** » (compteur intelligent) est capable de choisir le meilleur tarif chez les différentes entreprises productrices, mais aussi de jouer sur les heures de consommation. Il permet ainsi une meilleure utilisation du réseau électrique.

📁 Période tarifaire journalière – Puissance < 36 kV·A (Scénario 2020 collectivité)

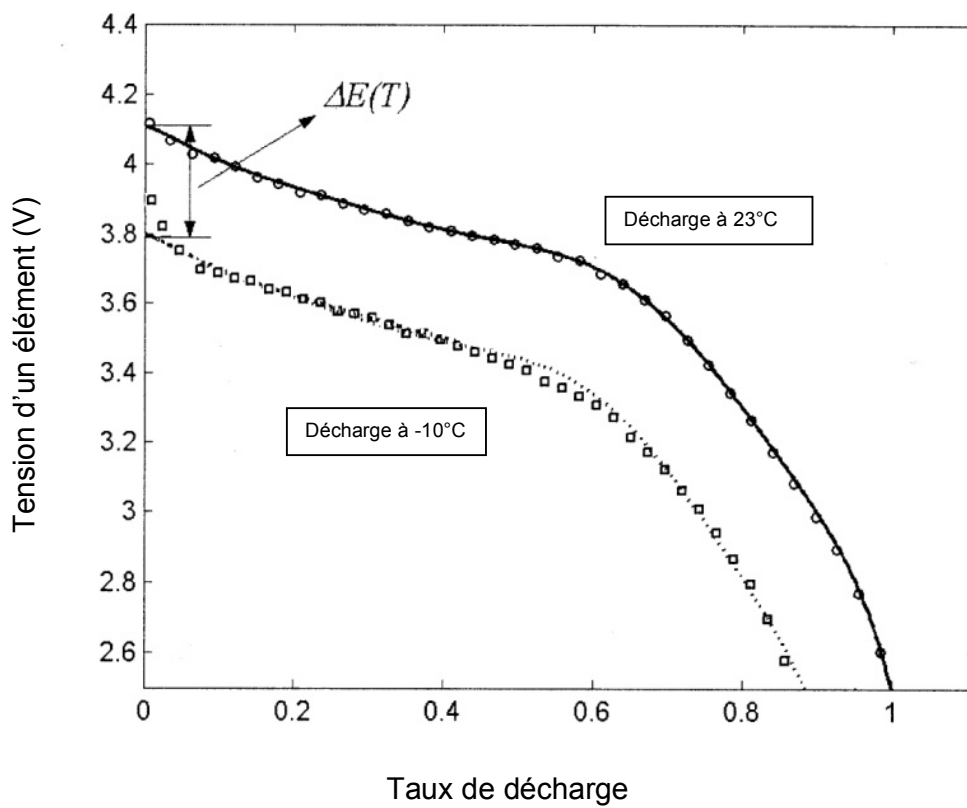
0h	7h	13h	15h	24h
Heures creuses	Heures pleines	Heures creuses	Heures pleines	
HC	HP	HC	HP	

HC : le coût de l'énergie est réduit.

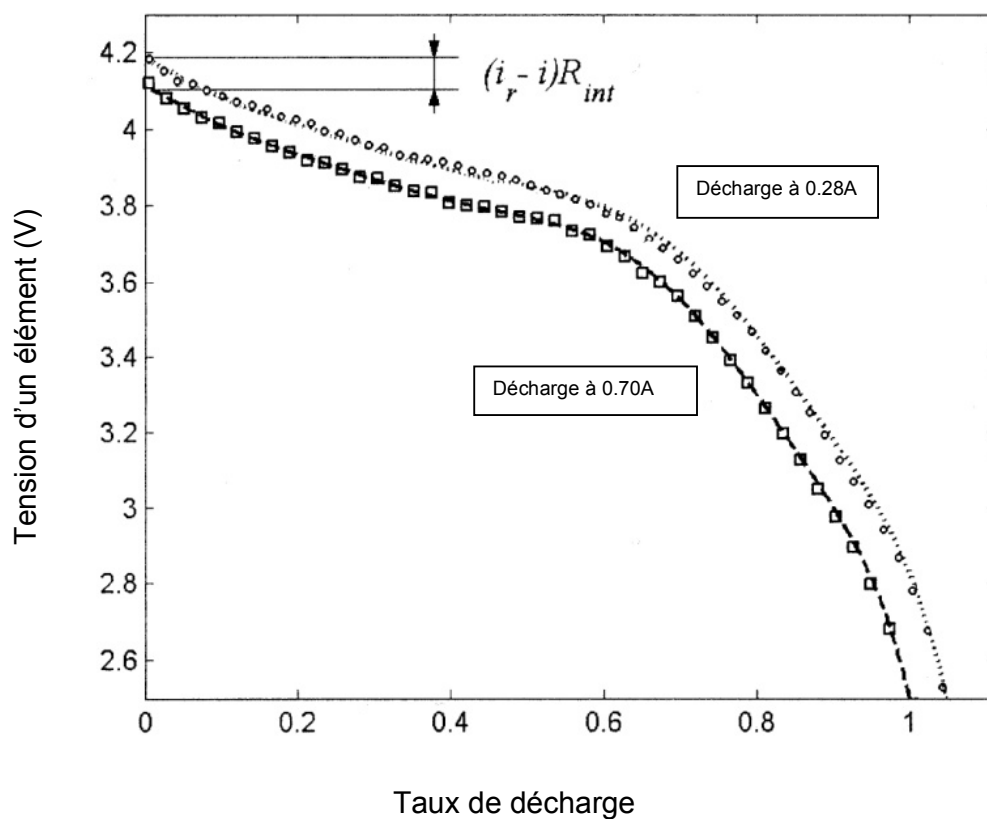
📁 Taux de décharge d'une batterie Li-Ion



DOCUMENT TECHNIQUE DT4



DOCUMENT TECHNIQUE DT5



DOCUMENT TECHNIQUE DT6

📁 Qu'est-ce que la RFID ?

La RFID (Radio Frequency IDentification), ou identification par fréquences radio, désigne l'identification d'objets à distance au moyen d'ondes radio. Si un récepteur (également appelé tag ou transpondeur) se trouve dans la zone de détection de l'émetteur, il interroge l'émetteur pour connaître son numéro d'identification unique. Ce dialogue ne peut se faire que si l'émetteur et le récepteur fonctionnent dans la même bande de fréquences. Le champ électromagnétique émis par l'émetteur va activer électriquement, c'est-à-dire « réveiller » la puce contenue dans le transpondeur.

Cette technologie permet donc de prendre connaissance d'une information sans avoir obligatoirement un contact physique ni visuel.

Deux technologies existent :

- Les puces passives : elles ne fonctionnent qu'en lecture seule. Les données transcrites ne sont plus modifiables ;
- Les puces actives : elles sont alimentées par une source d'énergie suffisamment puissante pour faire fonctionner un émetteur intégré à la puce. Il est alors possible de lire, d'écrire, de modifier et d'effacer des données contenues dans la mémoire interne de la puce du tag.

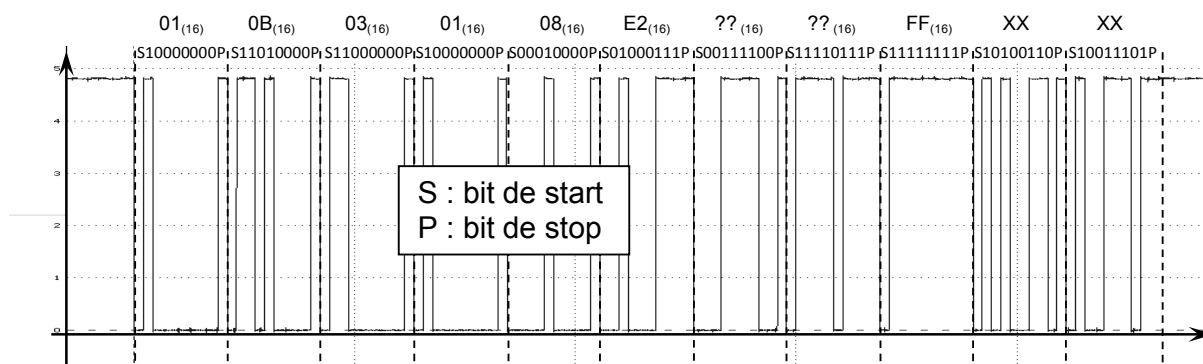
📁 Trames émises à la lecture des différents badges

Monitor						
Nr	Address	Length	Command	Parameters	Operation code	CRC
1	01	0B	03	01 08 E2 3E 06	FF	A1 F3
2	01	0B	03	01 08 E2 3C EF	FF	65 B9
3	01	0B	03	01 08 E2 3D 96	FF	E0 48
4	01	0B	03	01 07 EF 5D E6	FF	2F 05
5	01	0B	03	01 07 EF 6C 49	FF	D0 D0
6	01	0B	03	01 07 EF 4B BC	FF	3F B2

Contenu des octets de données :

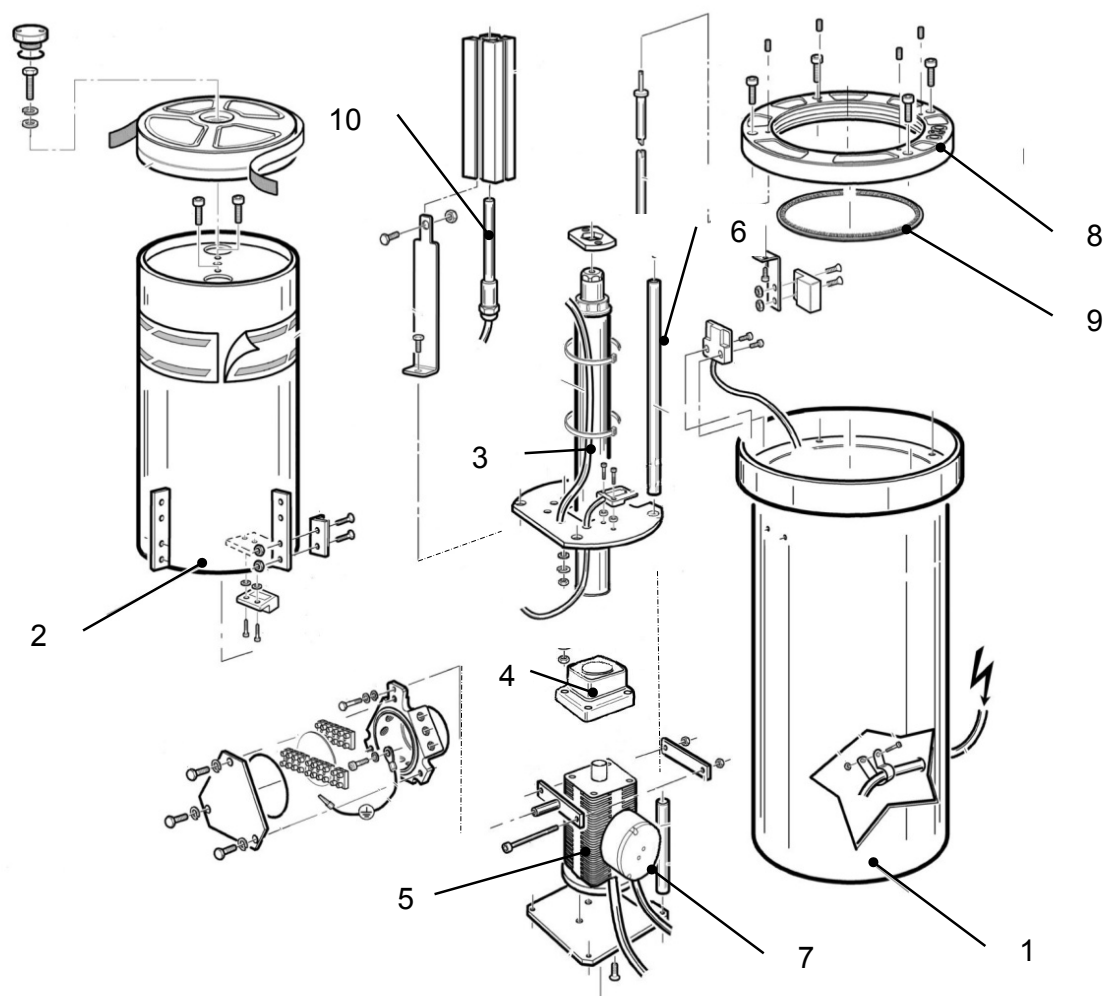
- Octet 1 : Ville : Maubeuge (01), Aulnoye Aymeries (02), ...
- Octet 2 : Véhicule non prioritaire (07), véhicule prioritaire (08).
- Octets 3, 4 et 5 : Identification de l'utilisateur.

📁 Signal émis à la lecture d'un badge



DOCUMENT TECHNIQUE DT7

Éclaté du plot escamotable

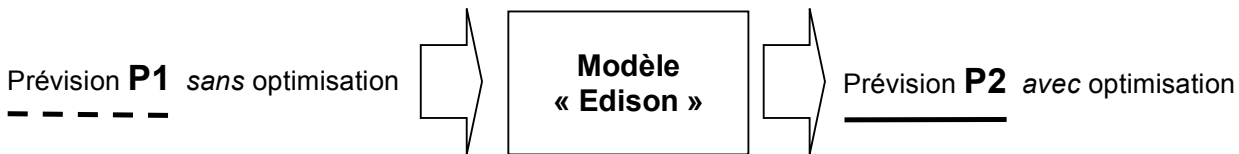


Nomenclature des principaux composants

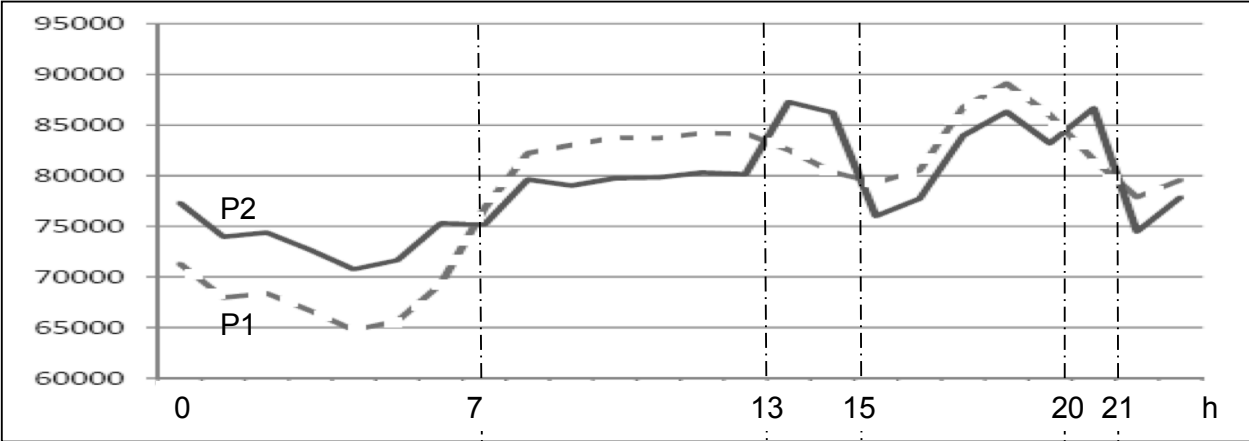
10	Résistance chauffante	100 W	1
9	Joint torique d'étanchéité + brosse		1
8	Couronne supérieure		1
7	Electro-frein	U : 24 V – puissance : 18 W	1
6	Colonne		1
5	Moteur	U : 230 V (50 Hz) – puissance moteur max : 0,13 kW – η : 0,48	1
4	Réducteur	η : 0,63 – rapport de réduction : 1/3 Réversible	1
3	Vis à billes assemblée (ensemble vis et écrou)	$\eta_{\text{vis à billes}}$: 0,95 – pas : 5 mm	1
2	Plot assemblé	Diam. : 210 mm – Ép. : 5,5 mm Course : 700 mm – Masse : 22 kg	1
1	Fût assemblé	Hauteur : 1174 mm	1
Repère	Désignation	Caractéristiques	Quantité

Document réponse DR1

Question I.1.1 Prévisions de consommation électrique journalière



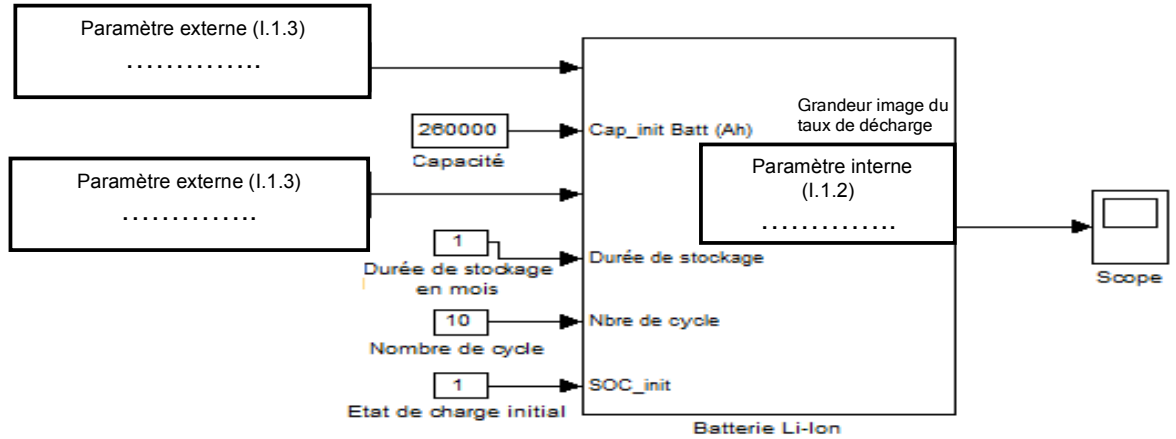
(En abscisse les heures de la journée, en ordonnée la puissance appelée en MW).



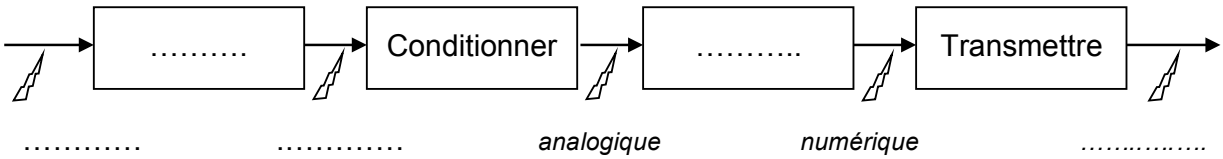
Comparer P2 à P1 (> ou <)	P2 > P1	.....	.....	.....	.....	.....
Identifier la période tarifaire (HC ou HP)	HC	.....	.....	.....	.....	.....

Question I.1.2 et I.1.3


Modèle comportemental de la batterie Li-Ion





Question I.1.4





Document réponse DR2 (Question I.1.5)

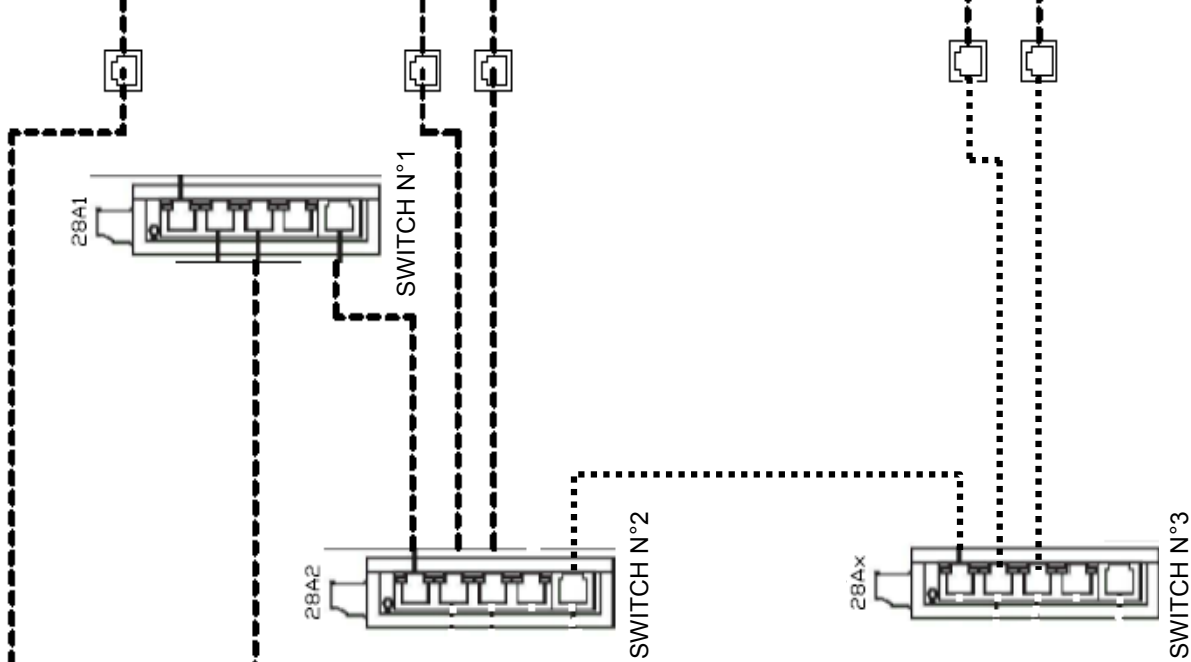
	WAN automate
Adresse IP	
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	


	Borne 1
Adresse IP	192.168.1.2
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	

	Borne 2
Adresse IP	
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	

	Borne 3
Adresse IP	
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	

	Borne 4
Adresse IP	
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	

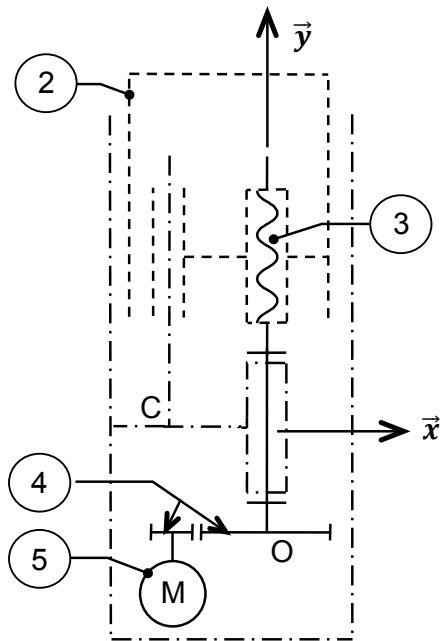


	LAN automate
Adresse IP	
Classe Réseau	
Masque sous-réseau	

Adresse réseau station : 192.168.1.x
Adresse réseau exploitant : 172.16.x.x

Document réponse DR3

Schéma cinématique :

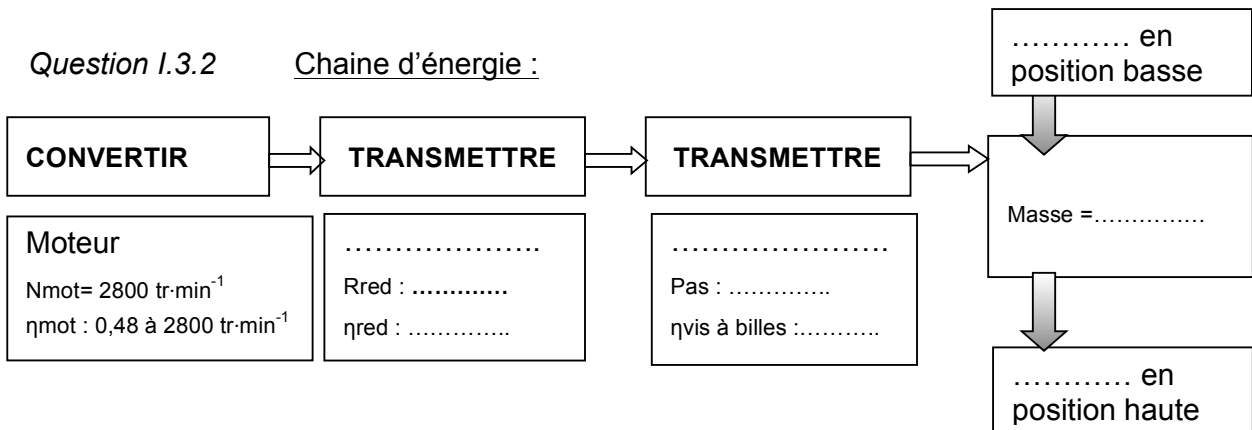


Question I.3.1

Principe de fonctionnement du plot escamotable

- Le moteur (5) entraîne l'arbre d'entrée du réducteur (....).
- La liaison pivot d'axe ($O\vec{y}$) assure le guidage en de la vis de l'ensemble vis à billes (....) par rapport au fût.
- L'ensemble vis à billes et écrou constitue une liaison qui associée à la liaison pivot glissant d'axe ($C\vec{y}$), participe à la transformation du mouvement de la vis par rapport au fût en un mouvement de du plot (2) par rapport au fût.

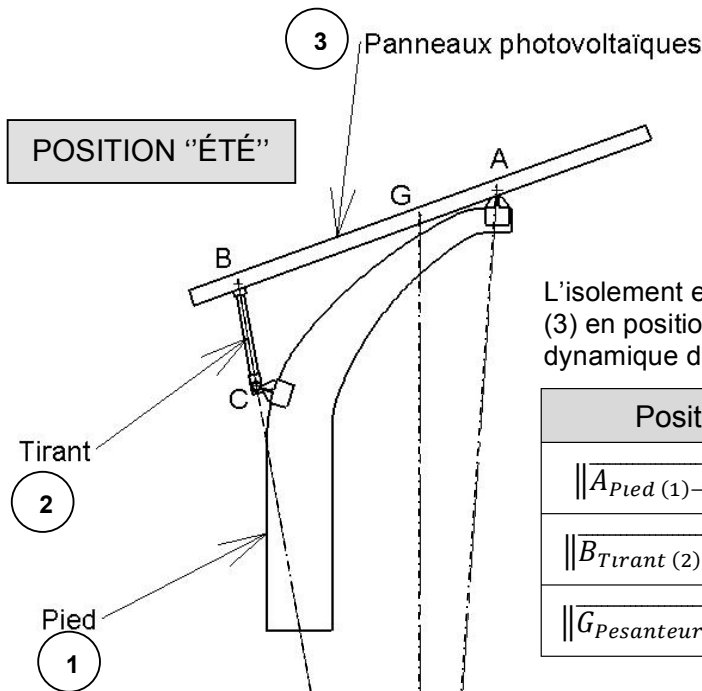
Question I.3.2 Chaîne d'énergie :



Question I.3.6 Consommation du moteur par rapport aux autres éléments du plot d'accès :

Composant	Puissance (W)	Temps de fonctionnement sur une période d'une heure	Consommation de l'énergie en une heure (W·h)
Moteur	83,6	1 minute	
Résistance chauffante	100	15 minutes durant l'hiver	
Électro-frein	18	59 minutes	
TOTAL			

Document réponse DR4



L'isolement et l'équilibre des panneaux (3) en position "ÉTÉ" conduit au dynamique des forces ci-contre.

Position "ÉTÉ"	
$\|\vec{A}_{Pied (1) \rightarrow (3)}\|$	9030 N
$\|\vec{B}_{Tirant (2) \rightarrow (3)}\|$	3350 N
$\|\vec{G}_{Pesanteur \rightarrow (3)}\|$	12500 N



← Dynamique des forces en position "HIVER" à tracer ci-contre.

Position "HIVER"	
$\|\vec{A}_{Pied (1) \rightarrow (3)}\|$	..... N
$\|\vec{B}_{Tirant (2) \rightarrow (3)}\|$	..... N
$\|\vec{G}_{Pesanteur \rightarrow (3)}\|$	12500 N

