

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2011

Série S Sciences de l'Ingénieur

EPREUVE ORALE DE CONTRÔLE

Coefficient : 9

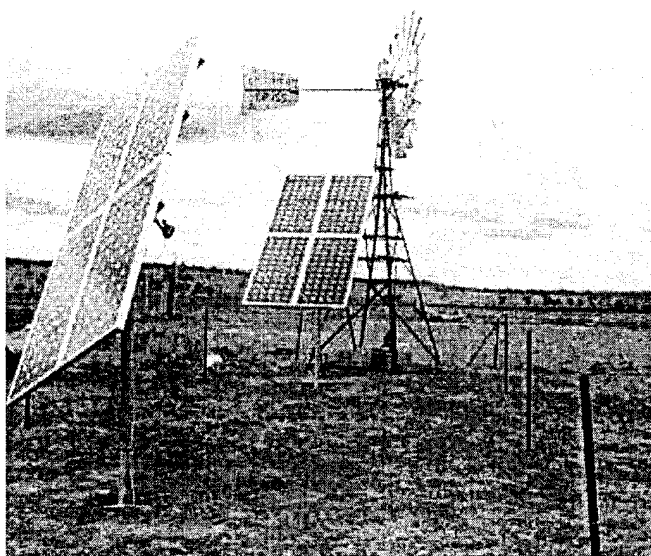
Préparation : 2 heures

Durée de l'épreuve : 30 min

Aucun document n'est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n°99-181 du 16 novembre 1999.

POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE



Composition du sujet :

- Un dossier TECHNIQUE (Pages 1/11 à 8/11)
- Un dossier GUIDE POUR LA PRESENTATION ET COMMENTAIRE DES RESULTATS (Pages 9/11 à 11/11)

Déroulement de l'épreuve :

A l'issue des 2 heures de préparation, le candidat expose le résultat de ses travaux pendant 15 minutes, en s'appuyant le cas échéant et si nécessaire sur les documents réponses qui ne seront pas évalués. Puis pendant 15 minutes, des questions relatives au contenu des travaux présentés, portant sur les connaissances nécessaires à la résolution des problèmes à résoudre sont posées au candidat.

Pompage photovoltaïque

1. PRESENTATION DU SUPPORT

1.1. INTRODUCTION

L'utilisation de ressources énergétiques locales et leur transformation sous forme énergie électrique autorise la mise en place aisée du pompage électrique. C'est très souvent une ressource renouvelable qui est exploitée comme celle fournie par le soleil. Les contraintes techniques (mise en service, maintenance) et économiques (investissement initial, coût d'exploitation) incitent donc à utiliser des systèmes de pompage entièrement photovoltaïques. Cependant, l'énergie solaire étant difficile à capter en quantité importante, il y a tout intérêt à ce que le système soit, dans son ensemble, d'une grande efficacité énergétique.

L'énergie solaire lumineuse (par opposition à l'énergie solaire calorifique) est ainsi transformée en énergie électrique puis en énergie mécanique et enfin en énergie hydraulique. Pour réaliser ces trois transformations d'énergie successives, il est nécessaire d'utiliser trois convertisseurs de technologies différentes - **des cellules photovoltaïques, un moteur électrique, une pompe** - éléments centraux de l'installation de pompage au fil du soleil.

L'entreprise allemande Lorentz© conçoit et assemble ce type de constituants pour des installations de pompage utilisées dans le monde entier.

1.2. EXPRESSION DU BESOIN

L'étude développée ici traite le cas de l'alimentation en eau potable d'un troupeau d'environ **500 têtes de bétail** consommant chacune **40 litres par jour**. Ce troupeau occupe, en période estivale uniquement, des espaces isolés dans les environs de Perth, en Australie.

Le système de pompage doit pouvoir remonter l'eau sur **plusieurs dizaines de mètres**. L'eau pompée remplit alors un réservoir d'une capacité correspondant à **cinq jours**

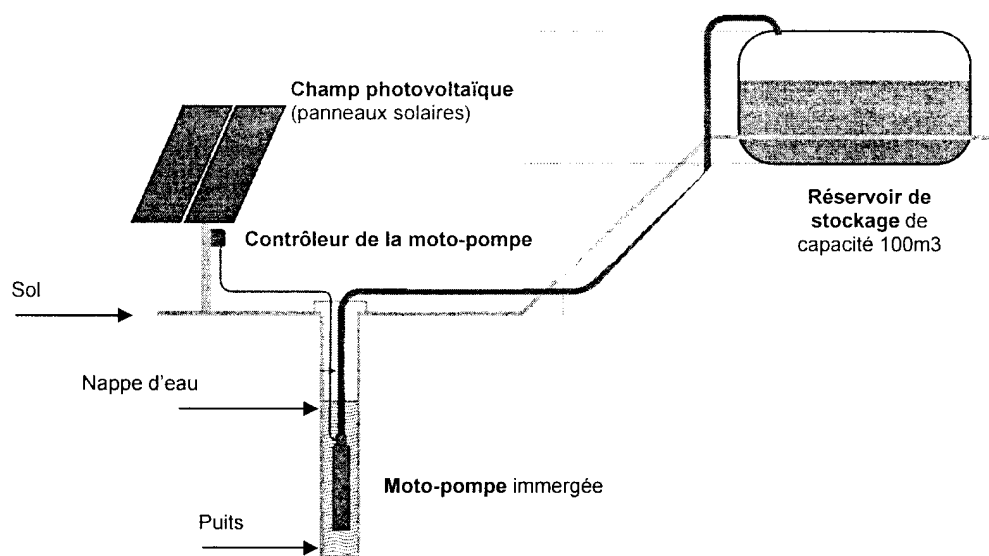
de consommation. Ce réservoir permet ainsi d'abreuver le bétail même si le système de pompage n'est pas en fonctionnement (nuit, ciel couvert, mauvais temps...). Il autorise également le pompage dès que l'ensoleillement le permet (d'où l'appellation de "pompage photovoltaïque **au fil du soleil**"). On préfère donc ici stocker le produit du pompage plutôt que de stocker l'énergie électrique nécessaire au pompage dans des accumulateurs électrochimiques au rendement médiocre. L'utilisation estivale correspond bien au besoin puisque c'est pendant la saison la plus ensoleillée que les bêtes boivent le plus.

Afin d'optimiser l'utilisation du potentiel d'énergie solaire du site, il sera ajouté un système de suivi automatique du soleil par les panneaux (d'où l'appellation de "pompage photovoltaïque **au fil du soleil avec suivi**").

On se propose dans cette étude de vérifier que les solutions technologiques employées dans cette installation de pompage concourent de façon significative à l'optimisation de son efficacité énergétique et ce sans la complexifier inutilement. On étudiera donc plus particulièrement :

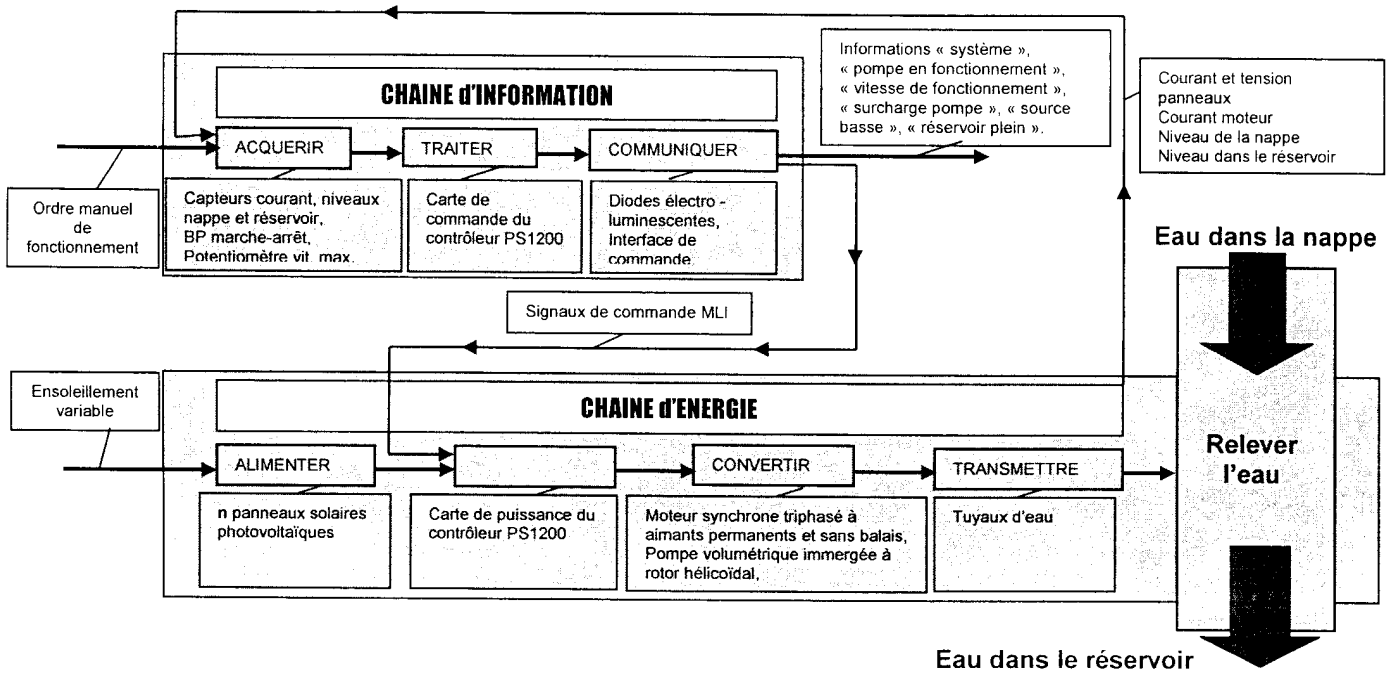
- l'utilisation de matériels au rendement élevé
- le fonctionnement et la consommation du système suiveur

Chaque partie peut-être traitée indépendamment par le candidat.



2. STRUCTURE ET FONCTION DE L'INSTALLATION

On propose ci-dessous la description structurale de l'installation :



➔ **Question 21 :** Indiquer quel élément technologique répond à la fonction "Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique".

➔ **Question 22 :** Indiquer quelle est la fonction principale réalisée par les "Panneaux solaires" et quelle conversion ils réalisent.

3. ETUDE DE L'INFLUENCE DE MATERIELS DE POMPAGE AU RENDEMENT ELEVE

Les pompes, moteurs et contrôleurs commercialisés par Lorentz® sont des matériels au rendement élevé, donc adaptés au pompage photovoltaïque puisque la ressource énergétique est difficile à capter en quantité importante. L'objectif de cette étude est de déterminer l'énergie moyenne que doivent fournir les panneaux.

Détermination de la quantité d'énergie journalière nécessaire et sélection des constituants

➔ **Question 31 :** A partir du besoin, calculer le débit volumique journalier moyen Q (m^3/j) nécessaire en période estivale afin d'abreuver toutes les bêtes sachant que $1l = 1dm^3$.

Dans une installation de pompage, la différence de pression (exprimée en mètres de colonne d'eau) entre les orifices d'aspiration (au niveau de la pompe) et de refoulement (au niveau du réservoir) s'appelle la hauteur manométrique totale HMT (m). Ici cette HMT vaut 71,4 m.

Choix de la moto-pompe électrique

➔ **Question 32 :** Effectuer le choix de la pompe à l'aide de la table de dimensionnement du constructeur Lorentz® donnée sur le DT1. Préciser sa référence sur le schéma bloc du DR1.

➔ **Question 33 :** Toujours à partir de DT1 indiquer sur le schéma bloc du DR1 les rendements maximaux η_{max} de la "Pompe" et de l'ensemble "Contrôleur-Moteur". Ces rendements correspondent à un fonctionnement supposé au point nominal.

Calcul de l'énergie moyenne nécessaire

➔ **Question 34 :** Calculer l'énergie hydraulique équivalente nécessaire à l'élévation de cette quantité d'eau sur cette hauteur pendant une journée et l'indiquer sur le schéma bloc du DR1.

Pour cela on donne l'expression suivante : $E_{hydr}(W.h) = [(g \cdot \sigma) / 3600] \times Q \times HMT$ avec :

g : constante de la gravité = $9,81m^2/s$, Q : débit volumique journalier = $20 m^3/jour$,

σ : masse volumique de l'eau = $1000kg/m^3$.

Le dimensionnement d'un système se fait en tenant compte des rendements moyens des constituants car le système de pompage ne fonctionne pas constamment au point nominal. On considère $\eta_{moy} = 0,83 \times \eta_{max}$.

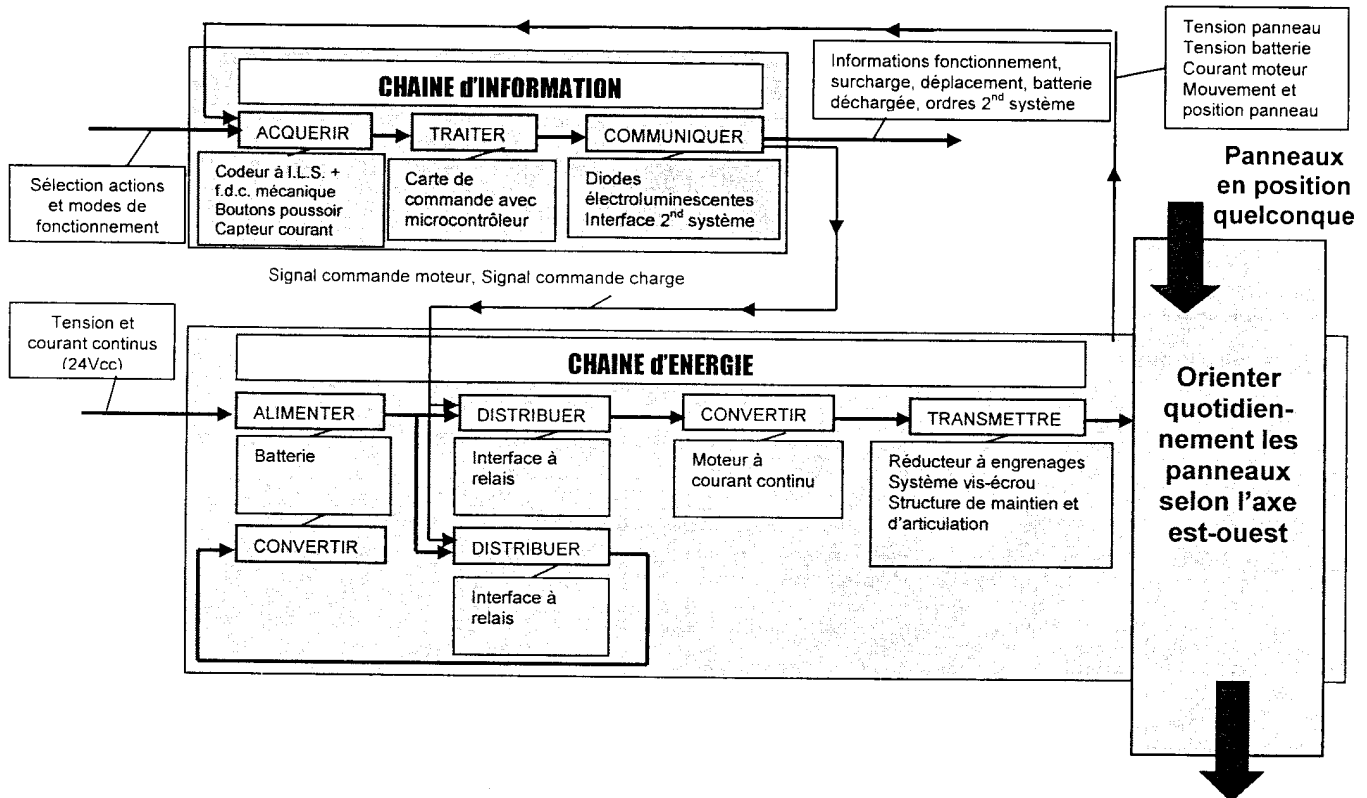
➔ **Question 35 :** Calculer l'énergie électrique moyenne $E_{elec,moy}(W.h)$ absorbée par le système de pompage en tenant compte du rendement moyen de l'ensemble {contrôleur + moteur + pompe} et l'indiquer sur le schéma bloc du DR1.

➔ **Question 36 :** Conclure sur l'influence du rendement des constituants sur l'énergie que devront fournir les panneaux.

4. ETUDE DU FONCTIONNEMENT ET DETERMINATION DE LA CONSOMMATION SUPPLEMENTAIRE ENGENDREE PAR LES SUIVEURS

Dans notre application, le suivi de trajectoire du soleil est réalisé à l'aide de systèmes **ETATRACK® 400** conçus par la société Lorentz®. Ce système oriente quotidiennement les panneaux selon l'axe est-ouest afin que leur plan reste perpendiculaire aux rayons du soleil pour maximiser le rayonnement solaire reçu. Une amplitude de **90°** est ainsi balayée en **12 pas** et le temps d'attente entre chacun d'eux (**temporisation to**) est constant et calculé à partir de la durée de la journée précédente. La tension relevée aux bornes d'un panneau informe la carte de commande sur le début et la fin de la journée.

On propose ci-dessous la **description structurelle** du système Etatrack® :



Panneaux orientés perpendiculairement aux rayons du soleil

En mode de fonctionnement automatique, et après une phase d'« apprentissage » de 2 à 3 jours, le système fonctionne de façon autonome. En début de journée, le suiveur se place face à l'est et débute la poursuite du soleil jusqu'au soir, pas à pas. En fin de journée, le suiveur regagne toujours pas à pas la **position "midi" de repos** dans l'attente du lendemain (cf. chronogramme **DR 1**).

➔ **Question 40 :** Indiquer quelle est la raison du positionnement à "midi" en fin de journée sachant que le suiveur est alimenté par une batterie.

4.1. VALIDATION DU CHOIX DE L'ACTIONNEUR / SUIVEUR

Le but de cette étude est de **vérifier les valeurs annoncées par le constructeur en termes d'effort**. Il sera également demandé d'apporter une **amélioration constructive** afin de diminuer la consommation supplémentaire engendrée par le système.

4.1.1. Vérification de la valeur d'effort à exercer par l'actionneur linéaire.

Le constructeur indique que l'actionneur linéaire utilisé (vérin électrique) peut fournir un effort maximal de **2,2 kN** et que l'effort maximal à exercer dans le cadre de l'installation de pompage photovoltaïque étudiée ici n'est que de **200 N** pour un vent de **85 km/h**. Il est à noter qu'en plus de l'effort engendré par le vent il faut prendre en compte le poids propre de la partie mobile de l'installation qui a une masse de **13 kg hors panneaux solaires**.

A partir de **DR2**, on rappelle que le panneau est incliné de **50°** par rapport à l'horizontale autour de l'axe nord-sud (valeur constante imposée par la latitude du lieu). La vérification sera faite dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire en position "matin" correspondant à une orientation sud-est ($\beta=45^\circ$ entre le sud et l'est) autour de l'axe est-ouest et pour un vent soufflant en provenance du sud avec une inclinaison de **50°** par rapport à la verticale. En position "matin", la tige de vérin est inclinée de $\varphi=63,5^\circ$ par rapport au panneau et son point d'ancrage avec celui-ci est noté **A**.

Cette étude de vérification sera réalisée à l'instant où l'actionneur démarre c'est-à-dire que l'actionneur doit pouvoir vaincre les effets du vent à cet instant mais le système n'est pas encore en mouvement, ce sera donc une étude statique.

Rechercher l'effort à exercer par le vérin revient en un premier temps à rechercher le moment du couple à exercer autour de l'axe de rotation de la liaison pivot entre le panneau mobile et le bâti.

On admet les hypothèses suivantes :

- ✓ Les solides étudiés sont supposés indéformables.
- ✓ Les frottements seront négligés dans les liaisons.
- ✓ Le centre de gravité de la partie mobile et le centre de surface du panneau solaire sont supposés confondus et seront notés G sur les schémas d'étude.
- ✓ Le vent est supposé souffler de façon constante et uniforme sur toute la surface du panneau.
- ✓ L'accélération de la pesanteur sera supposée égale à $9,81 \text{ m/s}^2$.

Les principales dimensions du système étudié sont portées sur le **schéma architectural** représenté sur le **DR2**. L'angle d'inclinaison α est réglé à 40° pour le cas étudié. Le système support peut-être équipé de **4 modules** (panneaux) photovoltaïques de **11 kg** chacun.

Sur ce schéma le panneau mobile est représenté en position "midi", le trait interrompu représente la silhouette du panneau en une position extrême. L'axe \vec{n} représente la normale au panneau en position "midi" et est tel que l'angle (\vec{Y}, \vec{n}) vaut 40° . L'étude se fera dans le plan (O, \vec{X}, \vec{n}) , plan orthogonal à l'axe de rotation.

➔ **Question 4111** : Déterminer la valeur du poids de l'ensemble mobile noté P ainsi que la valeur de la composante du poids portée par l'axe \vec{n} notée P_n ; puis tracer les vecteurs représentant le poids P en vert et la composante P_n en bleu sur le schéma architectural du **DR2** (faire un tracé explicite et annoté).

➔ **Question 4112** : Reporter la composante P_n toujours en bleu sur le schéma d'étude du **DR2** pour cette nouvelle position d'étude.

➔ **Question 4113** : Déterminer la valeur de la force de traînée notée F_T dans le cas le plus défavorable défini précédemment et tracer le vecteur la représentant en rouge sur le schéma d'étude du **DR2**.

Nota bene : une fiche de synthèse sur la force de traînée est à disposition en DT2.

➔ **Question 4114** : Déterminer la valeur du moment du couple exercé autour de l'axe de rotation par les effets de la pesanteur et du vent noté M_o .

➔ **Question 4115** : Déterminer la valeur de l'effort, noté F_v , que doit exercer le vérin pour contrer les effets de la pesanteur et du vent dans de telles conditions (préciser et redessiner à main levée sur la feuille de copie **l'ensemble isolé** ; écrire le **bilan des actions mécaniques extérieures** appliquées à l'ensemble isolé de façon littérale ; indiquer la **propriété, le principe ou le théorème** utilisé puis résoudre ; et enfin tracer le **vecteur** représentant l'effort noté F_v en noir sur le schéma d'étude du **DR2**).

➔ **Question 4116** : Conclure quant à la véracité de la valeur de l'effort maximal à exercer annoncée par le constructeur.

4.2. VALIDATION DE LA VALEUR DE CONSOMMATION AFFICHEE PAR LE CONSTRUCTEUR

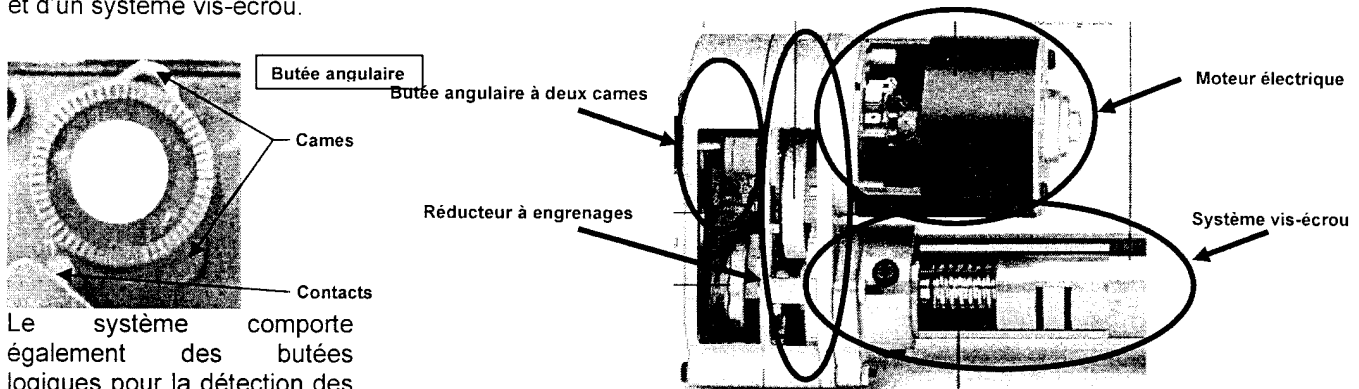
Le constructeur indique une consommation annuelle maximale de **1,25kWh** pour son plus gros modèle (Etatrack©1500). Cette énergie provient d'un des panneaux du champ photovoltaïque alimentant l'installation de pompage, d'où la nécessité de minimiser la consommation de ce système de suivi.

On se propose donc de **vérifier le temps de fonctionnement annoncé par le constructeur** afin de pouvoir estimer puis **discuter de la consommation supplémentaire** engendrée par le système.

4.2.1. Vérification du temps journalier de fonctionnement de l'actionneur.

Le constructeur indique que l'actionneur ne fonctionne que **16 minutes par jour** lors d'un fonctionnement normal de l'installation : le système part de la position "midi", en début de journée il se met en position "matin" puis suit le soleil jusqu'à la position "soir" et enfin revient en position "midi". La position "midi" correspond à une orientation plein sud, "matin" à 45° vers l'est et "soir" à 45° vers l'ouest.

Le vérin électrique est constitué d'un moteur électrique, d'un réducteur à train d'engrenages droits et d'un système vis-écrou.



Le système comporte également des butées logiques pour la détection des positions extrêmes "matin" et "soir". Ce sont des contacts dits "fin de course" qui sont actionnés par une double butée angulaire (une came à deux "bosses") qui est entraînée par le moteur électrique via une réduction de vitesse. La fréquence de rotation du moteur électrique équipant l'actionneur linéaire est de **1200 tr/min**.

Rechercher le temps journalier de fonctionnement de l'actionneur revient en un premier temps à rechercher la course du vérin.

On admet l'hypothèse suivante :

- ✓ On néglige l'existence de phases transitoires, on suppose que le système atteint sa vitesse nominale de fonctionnement de manière quasiment instantanée.

Le **schéma cinématique** fourni sur le DR3 représente le système en position "matin". On peut constater que le vérin électrique est représenté par une liaison glissière. Un autre **schéma cinématique** représentant en détail cet actionneur linéaire est réalisé en DT2.

- ➔ **Question 4211** : Représenter le système en position "soir" sur le schéma cinématique du DR3.
- ➔ **Question 4212** : Déterminer la course de la tige du vérin à partir des tracés de la question précédente (expliquer succinctement mais clairement la méthode utilisée).
- ➔ **Question 4213** : Compléter le schéma bloc représentant le flux d'énergie traversant l'actionneur qui est ébauché sur le DR3 (nom des **sous-systèmes** dans les blocs ; **grandeurs caractéristiques** des sous-systèmes sous les blocs ; **type d'énergie** au dessus des liaisons entre blocs ; **actions mécaniques, grandeurs cinématiques** et **puissances** sous les liaisons entre blocs) et indiquer quelles grandeurs physiques représentent les **abréviations** utilisées ainsi que leurs **unités**.
- ➔ **Question 4214** : Déterminer le rapport de transmission du réducteur à engrenages $r = \frac{\omega_r}{\omega_m}$.
- ➔ **Question 4215** : Déterminer le **temps de fonctionnement journalier** de l'actionneur noté **tfj**.
- ➔ **Question 4216** : Déterminer la valeur de l'angle qui doit être réglé entre les deux "bosses" de la came faisant office de butée angulaire.
- ➔ **Question 4217** : Conclure quant à la véracité de la valeur de temps journalier de fonctionnement annoncée par le constructeur.

4.2.3. Validation de la valeur de consommation supplémentaire due au suiveur.

- ➔ **Question 4231** : Compléter sur le DR1 le chronogramme relatif à la tension d'alimentation appliquée au moteur à courant continu d'un suiveur sur ordre de la carte de commande.
- ➔ **Question 4232** : Dédire les valeurs de courant moyen absorbé pour un déplacement à l'est puis à l'ouest à l'aide des deux oscillogrammes fournis dans le DT1.
- ➔ **Question 4233** : Calculer la puissance absorbée $P_{mot_abs}(W)$ par le moteur d'un suiveur. En déduire l'énergie consommée $W_{js}(W.h)$ en une journée (temps de fonctionnement journalier **tfj** de **300s**) et $W_{es}(W.h)$ en une année d'utilisation (**212 jours**). Conclure quant aux valeurs trouvées.
- ➔ **Question 4234** : Si **deux suiveurs** Etatrack400© sont nécessaires pour supporter et orienter les **n** panneaux du champ photovoltaïque, comparer la valeur de l'énergie quotidienne consommée $W_{js-2syst}$ aux **8kW.h** produits pour le pompage. Conclure.

TABLE DE DIMENSIONNEMENT DU CONSTRUCTEUR "LORENTZ®"

Puissance du champ solaire	Hauteur manométrique	60 m		70 m		80 m		90 m		100 m	
		Fixe	Suiveur	Fixe	Suiveur	Fixe	Suiveur	Fixe	Suiveur	Fixe	Suiveur
350 Wc	Débit en m ³ /j	5,7	7,9	4,9	6,8	3,8	5,1	3,4	5	3,2	4,7
	Réf. pompe	HR-04				HR-03					
420 Wc	Débit en m ³ /j	6,1	8,3	5,7	7,6	4,7	6,9	4,5	5,4	4	5
	Réf. pompe	HR-04				HR-04H		HR-03			
480 Wc	Débit en m ³ /j	8,7	12,5	6,1	8,7	5,7	8,2	5,5	8	5	7
	Réf. pompe	HR-07				HR-04H					
660 Wc	Débit en m ³ /j	9,8	14,4	8,7	12,5	8	11,5	6,5	8,8	5,5	7,8
	Réf. pompe	HR-07				HR-04H					
720 Wc	Débit en m ³ /j	11	14	10	14	9,4	13,6	8,7	12,6	6	8,7
	Réf. pompe	HR-07								HR-04H	
840 Wc	Débit en m ³ /j	14	20	10	14	10	14	9,4	13,5	8	12
	Réf. pompe	HR-10				HR-07					
1000 Wc	Débit en m ³ /j	17	25	14	20	13	18	10	13,5	9	12,5
	Réf. pompe	HR-14				HR-10				HR-07	
1200 Wc	Débit en m ³ /j	18	26	15	21	14	20	11	13,5	10	12,5
	Réf. pompe	HR-14				HR-10				HR-07	

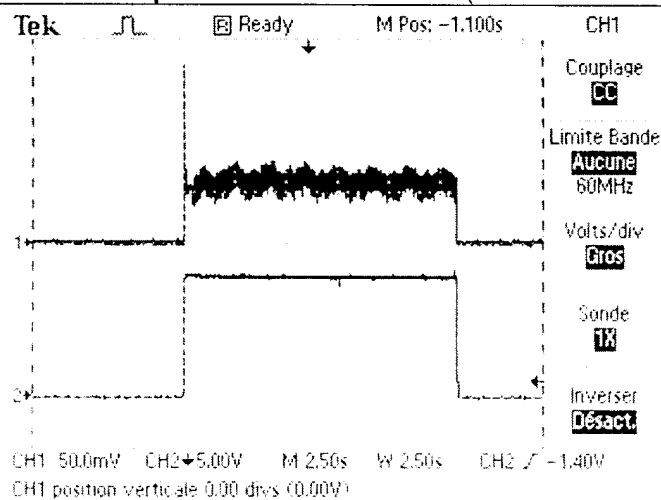
Performance

PS1200	HR-03	HR-03H	HR-04	HR-04H	HR-07
Article	1228-X	1230-X	1235-X	1240-X	1245-X
Hauteur manométrique (m)	0-140	140-240	0-80	80-160	40-120
Débit max (m ³ /h)	0,5	0,5	0,8	0,8	1,2
Rendement max (%)	60	64	60	65	64
Fonctionnement solaire direct	Tension nominale 72-96VDC Tension en circuit ouvert max 200VDC				
Générateur solaire (Wp)	350-480	420-900	350-420	420-1200	420-1200
Fonctionnement sur batteries	Tension nominale 72-96VDC				

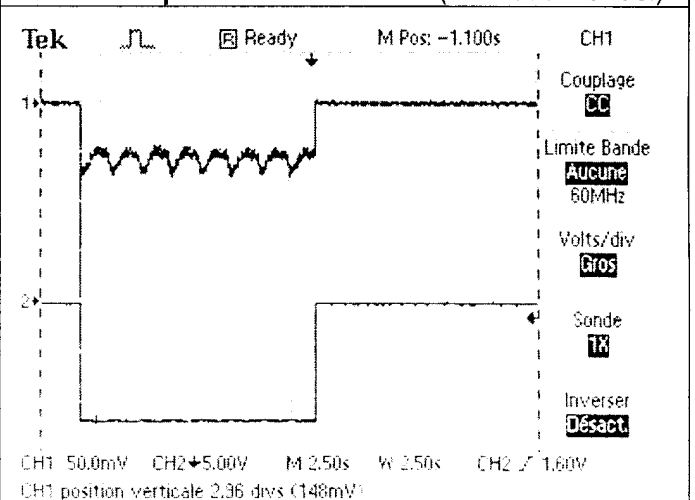
PS1200	HR-10	HR-14	HR-20	C-BF-04	C-DF-03
Article	1250-X	1255-X	1260-X	1220-X	1225-X
Hauteur manométrique (m)	30-80	0-60	0-40	0-25	0-15
Débit max (m ³ /h)	1,9	2,7	3,6	7,3	11,0
Rendement max (%)	64	65	64	40	40
Fonctionnement solaire direct	Tension nominale 72-96VDC Tension en circuit ouvert max 200VDC				
Générateur solaire (Wp)	420-1200	350-1200	480-1200	350-1200	840-1200
Fonctionnement sur batteries	Tension nominale 72-96VDC				

OSCILLOGRAMMES PRESENTANT LES RELEVÉS DE LA TENSION $U_m(t)$ APPLIQUÉE AUX BORNES DU MOTEUR ET DU COURANT $I_m(t)$ ABSORBÉ PAR CELUI-CI

Pour un déplacement vers l'ouest (en mode manuel)



Pour un déplacement vers l'est (en mode manuel)



Légende :

Voie 1 : Courant $I_m(t)$ relevé avec une pince ampèremétrique calibrée à 100mV/AVoie 2 : Tension $U_m(t)$

Nota bene : Relevés effectués en laboratoire dans les conditions nominales de fonctionnement reconstituées (panneaux montés sur suiveur). On remarque que le courant absorbé est très proche de celui absorbé à vide par le moteur.

"TRAINEE" OU "FORCE DE TRAINEE"

La "traînée" ou "force de traînée" est un effort engendré par des phénomènes aérodynamiques.

C'est le cas pour tout les corps en mouvement ailleurs que dans le vide comme les avions, les voitures, les camions, les cyclistes, etc. Mais également pour les corps immobiles exposés au mouvement d'un fluide (liquide ou gaz) comme notamment les immeubles, les grues, les arbres... sur lesquels souffle le vent. Ce dernier cas correspond au notre puisque le panneau solaire est exposé au vent.

L'expression de la traînée dépend de la vitesse du vent relatif par rapport au corps étudié. Pour le cas du vent soufflant à 85 km/h sur le panneau on peut prendre l'expression suivante :

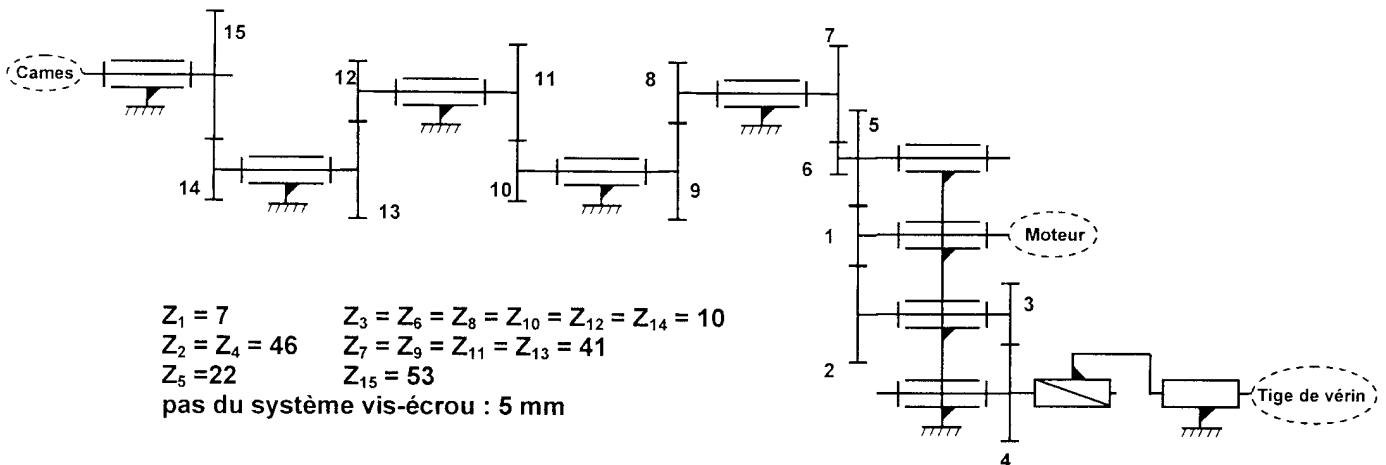
$$F_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$$

avec F_T la traînée en **N**, ρ la masse volumique de l'air soit **1,2 kg/m³**, S l'aire de la surface frontale en **m²**, C_x le coefficient de pénétration dans l'air soit **1,1** ici, v la vitesse du vent en **m/s**.

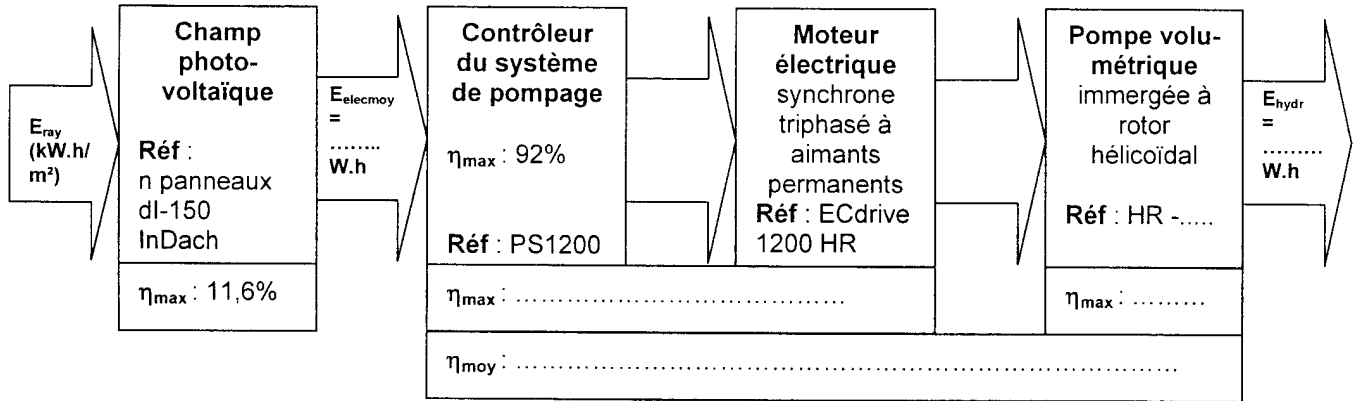
La surface frontale est la surface projetée sur un plan perpendiculaire à la direction du vent relatif.

On suppose que dans le cas étudié ici les efforts du vent s'exercent de manière uniforme sur toute la surface (d'après les hypothèses faites), on pourra alors réduire la traînée à un vecteur s'exerçant au centre de surface et poursuivre l'étude à partir de cette modélisation.

SCHEMA CINEMATIQUE DE L'ACTIONNEUR LINEAIRE (vérin électrique)

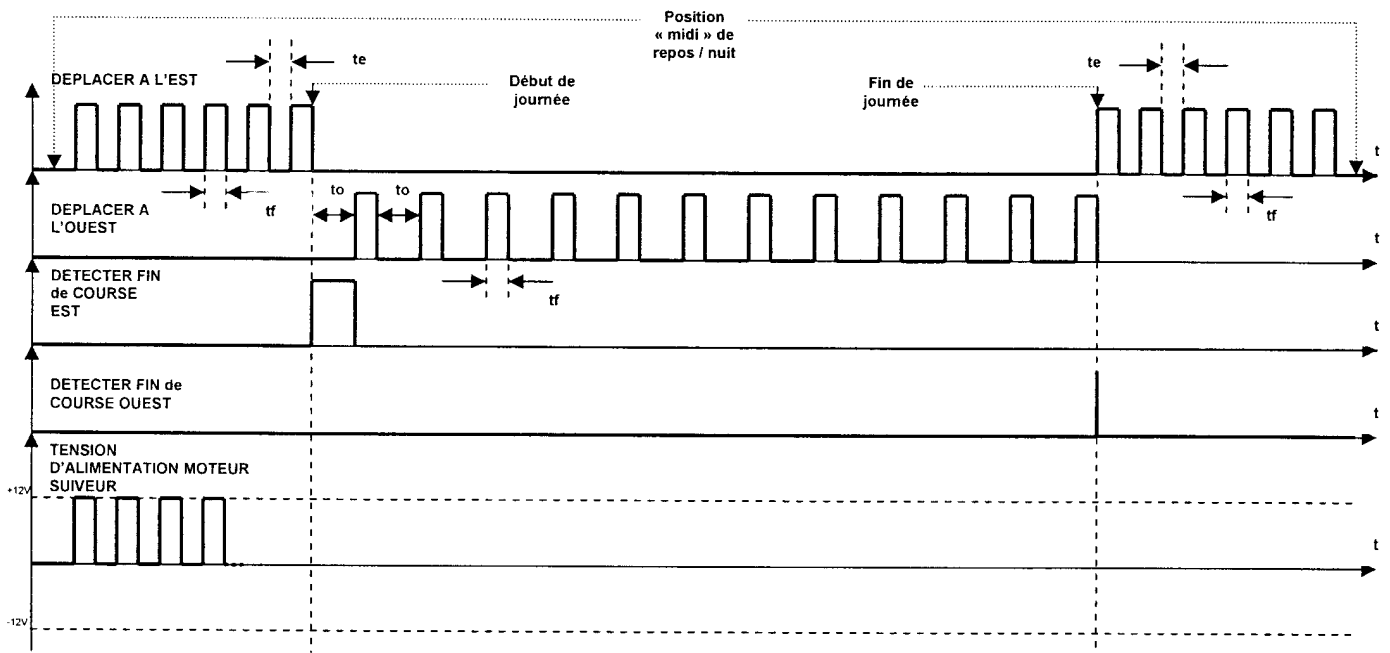


SCHEMA-BLOC REPRESENTANT LE FLUX D'ENERGIE TRAVERSANT L'INSTALLATION Questions 32-33-34-35



CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT DE LA POURSUITE SUR 24H EN MODE AUTOMATIQUE

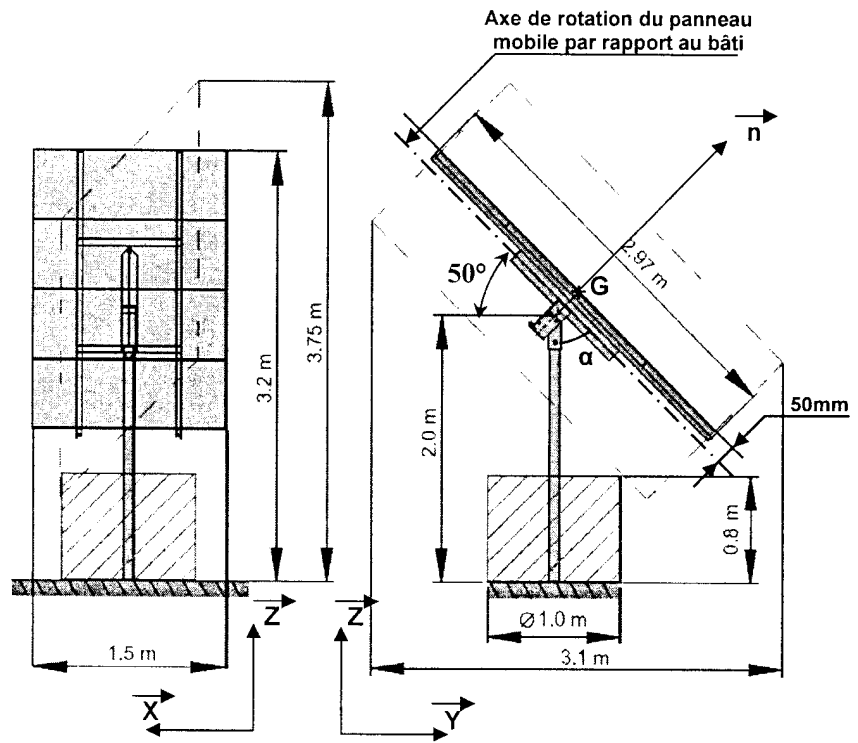
Question 4231



SCHEMA ARCHITECTURAL DE L'ENSEMBLE PANNEAU SOLAIRE EN POSITION "MIDI"

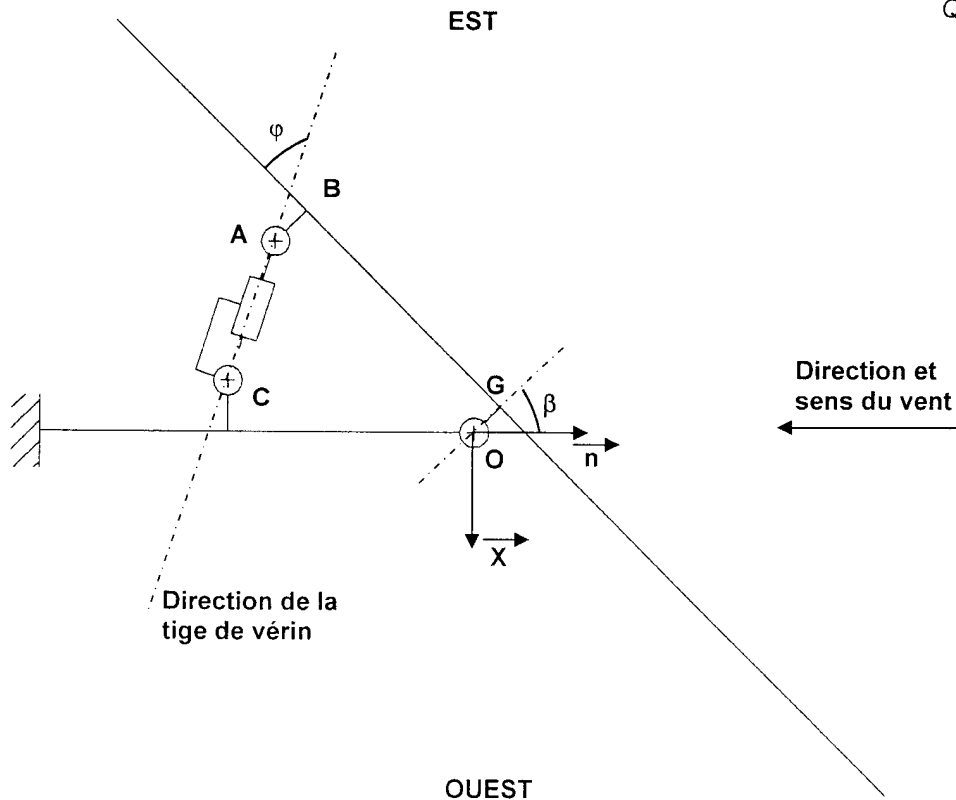
Question 4111

Nota bene : ce schéma n'est pas représenté à l'échelle, les proportions ne sont qu'indicatives, seule la cotation est représentative !



SCHEMA D'ETUDE DANS LE PLAN ORTHOGONAL A L'AXE DE ROTATION EN POSITION "MATIN" (EN VUE DE DESSUS)

Questions 4112-4113-4115



- AB = 60 mm
- BG = 380 mm
- $\beta = 45^\circ$
- $\phi = 63,5^\circ$

Ce document a été téléchargé sur le site ressource

www.gecif.net

Téléchargez librement sur Gecif.net :

- ✍ **des cours et des TP de Génie Electrique**
- ✍ **des exercices et des évaluations avec corrections**
- ✍ **des ressources Automgen, ISIS Proteus et Flowcode**
- ✍ **des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**
- ✍ **des logiciels d'électronique pour les installer chez vous**
- ✍ **des dossiers techniques de systèmes originaux**
- ✍ **des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**
- ✍ **des sujets de BAC avec la correction officielle**
- ✍ **et bien plus encore sur Gecif.net !**