**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

**ÉLECTROTECHNIQUE**

SESSION 2016

--------------------

ÉPREUVE E.4.1

Étude d’un système technique industriel

Pré-étude et modélisation

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

**Matériel autorisé :**

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire

N° 99-186 du 16/11/99.

L’usage de tout autre matériel ou document est interdit.

**--------------------**

Le sujet comporte **24** pages numérotées de **1/24 à 24/24**.

**Les documents réponses (pages 21 à 24) sont à remettre avec la copie.**

**--------------------**

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.

Le (la) correcteur (trice) attend des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

**Poste terminal de relèvement des eaux usées**

Les eaux usées de la ville de LANNION sont collectées par un réseau de canalisations d’une longueur d’environ 170 kilomètres.

Près de 50 stations de relèvement sont nécessaires pour les acheminer. Toutes ces eaux passent par le dernier poste de relèvement appelé **Nod Huel** avant d’être traitées par la station d’épuration de Loguivy située 1,7 km plus loin (figure1).

Le nombre d’abonnés à l’assainissement est d’environ 10 000 avec Ploubezre et Ploulec’h, deux communes limitrophes.



**Station d’épuration**

**de Loguivy**

**Station de relèvement de Nod Huel**

**Rive gauche**

Ville de LANNION

**Poste Nod Huel**

**Rive droite**

*Figure 1 : situation géographique*

Chaque année, environ 1 700 000 m3 d’eaux usées sont traitées et 550 tonnes de matière sèche sont valorisées par épandage agricole, sur les parcelles du plan d’épandage dont la surface dépasse les 350 hectares.

La station d’épuration, modernisée depuis 2000, présente des rendements épuratoires tout à fait satisfaisants et les normes de qualité des rejets sont respectées.

**Diagnostic des branchements**

Dans de nombreuses habitations, des non-conformités existent au niveau des raccordements aux réseaux de collecte des eaux usées et pluviales. D’importantes intrusions d’eaux de pluie dans les réseaux d’eaux usées viennent ainsi perturber le fonctionnement de la station d'épuration tandis qu’à l’inverse, certaines eaux usées sont déversées dans les réseaux d’eaux pluviales, ce qui constitue une pollution directe de la rivière. On nommera par la suite **« effluents »** ces eaux usées ou pluviales.

La ville de Lannion a donc lancé depuis 2005 une importante campagne de diagnostic de ces branchements. Dans les années à venir, d’autres auront lieu et l’objectif, à terme, est d’assurer le retour à la conformité.

**Conformité d’une habitation**

Une habitation est dite conforme lorsque ses eaux intérieures (toilettes, lavabos…) sont bien évacuées dans le réseau d’eaux usées et les eaux de pluie issues des gouttières et des grilles de descente de garage dans le réseau d’eaux pluviales.

**Le site de Nod Huel**

Il s’agit du dernier poste de relèvement des eaux de la ville de LANNION. Ce poste est situé en contrebas de la ville. Il permet après relevage, l’acheminement par gravitation de ces effluents à la station d’épuration de Loguivy.

Le plan d’acheminement des eaux usées sur le site est indiqué figure 2.



Poste de relèvement de Nod Huel

Vers station d’épuration par gravité

Rivière du Léguer

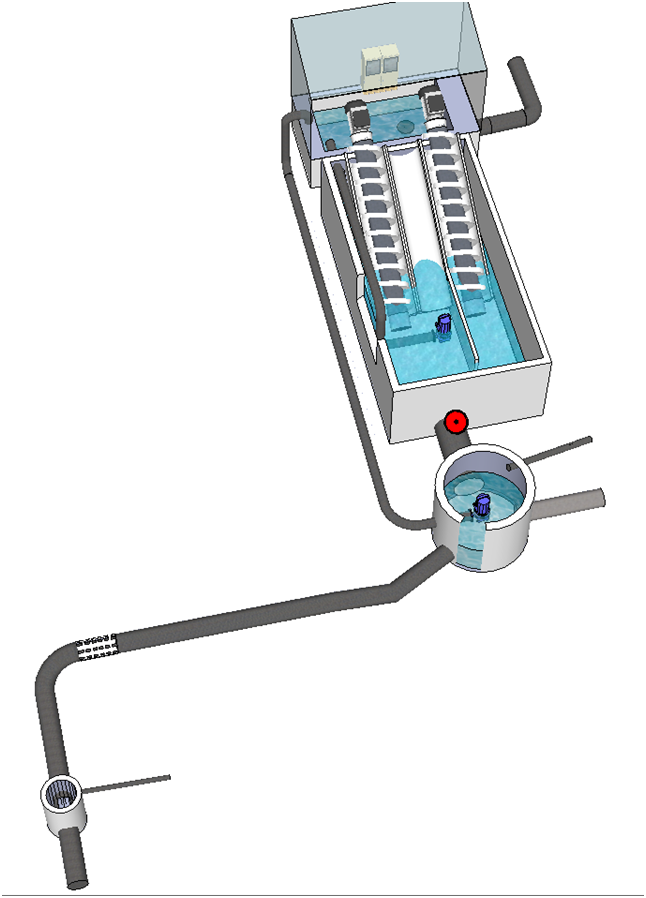
**Parc St Anne**

**Rive gauche**

**Rive droite**

*Figure 2**: plan de masse*

La schématisation du poste de **Nod Huel** est indiquée sur la figure 3.



**Zone de rétention**

(Stockage temporaire)

Buse Béton : Diam 600 mm

Ecoulement gravitaire

**Eaux usées rive droite**

**Eaux usées rive gauche**

Local Technique

Vis d’Archimède 1

Vis d’Archimède 2

Pompe Centrifuge

« Nod Huel »

Tuyauterie Diam 400 mm

Trop Plein (5,33 m)

Tuyauterie «  Nod Huel » en INOX

**Regard « By Pass »**

Pompe **(en projet)**

Armoires de commande

**Bassin tampon**

Tuyauterie «  **By Pass** »

En PVC **Diam 200 mm**

Regard St e Anne

Trop Plein (5,08 m)

Vanne de condamnation

**Vers station d’épuration**

*Figure 3**:**poste de Nod Huel*

Un premier regard « By Pass » collecte les effluents venant des rives droite et gauche de la ville. Il alimente une zone de rétention où sont installées 2 vis d’Archimède qui remontent ces effluents dans le bassin tampon, pour ensuite être dirigés par gravitation à la station d’épuration. Une pompe centrifuge prend le relais des vis pendant la nuit à cause des nuisances sonores qu’elles engendrent.

Pendant la journée, les vis d’Archimède se mettent en route en fonction du niveau dans la zone de stockage et la pompe centrifuge vient en complément si besoin. Les seuils de niveau pour le démarrage de la pompe sont 2 m, 2,50 m et 2,80 m.

Pendant la nuit c’est la pompe centrifuge qui assure le niveau. Si besoin, une vis peut venir en aide.

Le tableau de l’annexe 0donne les horaires de fonctionnement de la pompe ou des vis mises en service suivant la hauteur atteinte dans la zone de rétention ainsi que leur   
débit nominal.

**Enjeu**

Suivant les périodes de l’année, le débit des eaux peut être compris entre 3000 m3.j-1 (3000 m3 par jour) en période sèche et 14000 m3.j-1 en période humide. On notera que cette forte augmentation de débit est due principalement aux pluies conséquentes en hiver, à l’étanchéité du réseau vieillissant et à une non-conformité de certaines habitations.

Les enjeux seront de permettre aux effluents d’être acheminés vers la station d’épuration lors des opérations de maintenance.

La nuit, afin d’éviter le fonctionnement des vis d’Archimède, le niveau dans la zone de rétention (quel que soit la pluviométrie) devra être régulé.

**Problématiques**

Montées en charge du réseau

Lors des opérations de maintenance, la vanne d’arrivée des eaux dans la zone de rétention est fermée. Ceci entraine une montée en charge du réseau amont pouvant occasionner des débordements. (La fréquence de ces entretiens est de l’ordre de 3 à 4 mois et engendre une extraction de sable de 5 m3).

Une pompe supplémentaire doit être installée dans le regard « By Pass ».

Le sujet portera sur l’étude pouvant répondre à cette problématique.

Il est composé de 2 parties indépendantes notées **A** (Étude des problématiques et des solutions), et **B** (Étude de la régulation de niveau).

Elles sont composées de sous parties indépendantes :

**A.1.** État des lieux, étude du comportement.

**A.2.** Dimensionnement de la pompe de relevage.

**B.1.** Étude du moto-variateur.

**B.2.** Capteur de niveau.

# Étude des problématiques et des solutions.

L’objectif de cette partie est d’établir un cahier des charges et de trouver une solution afin de pouvoir répondre aux problématiques.

## État des lieux, étude du comportement.

### Analyse globale des données et impact de la pluviométrie.

Il s’agit de constater, à l’aide de tableaux de données ou de courbes issues du fonctionnement actuel du site, les problématiques lors des fortes pluviométries notamment la nuit et lors des opérations de maintenance.

#### À l’aide de l’annexe 1, calculer le volume annuel moyen des eaux traitées durant ces quatre années.

#### Calculer le débit moyen par jour que la station d’épuration a traité.

#### L’année 2013 a été l’année la plus importante en terme de volume à traiter depuis 2010 et les mois les plus humides furent janvier, février et mars.

#### En utilisant la courbe donnée en annexe 2, estimer le débit maximal en m3.h-1 pour l’année 2013.

#### D’après les graphiques du mois de mars de l’annexe 3, quel impact engendre la pluviométrie sur le fonctionnement du poste de relevage ?

### Fonctionnement dans la zone de rétention.

#### Le débit de la pompe est indiqué dans le tableau de fonctionnement du site (annexe 0).

#### À l’aide du graphique *Q* = *f*(jour) de mars 2013 donné en annexe 3, préciser le nombre de jours dans le mois où il a fallu qu’une vis vienne la nuit au secours de la pompe centrifuge. Quelle conséquence cela engendre-t-il?

### Fonctionnement du regard « By Pass ».

Si l’on ferme l’arrivée des effluents dans la zone de rétention de Nod Huel sans utiliser un « By Pass », la tuyauterie en amont monte en charge jusqu’à atteindre le trop plein situé au niveau du parc St Anne (voir figure 3).

Cette montée en charge équivaut à un volume de 80 m3.

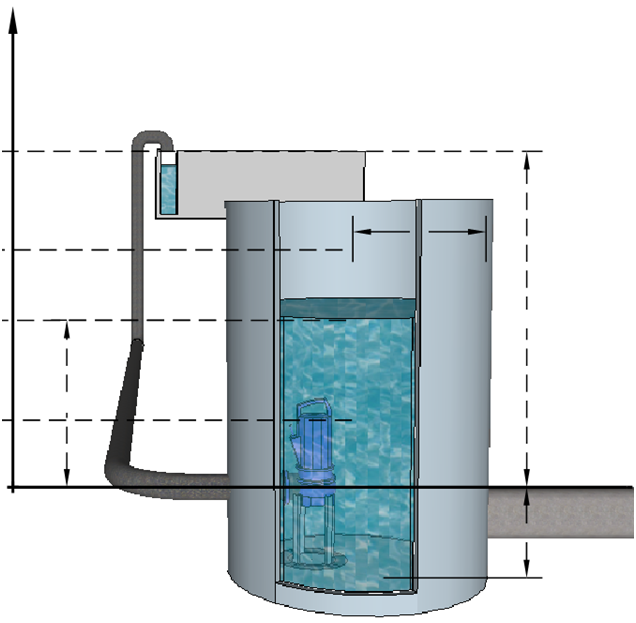
#### Calculer la durée que les techniciens ont, pour réaliser une maintenance du site si le volume d’arrivée est de 4000 m3.j-1 lors d’une période sèche.

#### Au vu de l’évolution du débit durant l’année 2013 (annexe 2) donner la valeur maximale que le « By Pass » devra être capable d’évacuer en m3.h-1 et en l.s-1 si la maintenance du site est à éviter lors des mois d’hiver (environ de décembre à mars inclus).

## Dimensionnement de la pompe de relevage.

Deux solutions d’emplacement de pompe sont possibles pour le refoulement des effluents : soit dans la zone de rétention entre la pompe et les vis déjà présentes   
(voir figure 3), soit dans le regard « By Pass » en amont de cette zone.

Lors des phases de maintenance, on ferme l’arrivée des eaux dans le bac de rétention. Le regard « By Pass » et les tuyauteries amont montent en charge ce qui risque de créer des débordements. La solution retenue est d’utiliser une pompe centrifuge immersible. L’objectif de cette partie est de dimensionner cette pompe qui doit permettre de refouler un débit de 350 m3.h-1.



*Z* (m)

Arrivée des eaux

*Zm*ax = 4,58 m

*Z*min = 1 m

ZA

|  |
| --- |
| hauteur  variable |

500 mm

Bassin tampon (BT)

|  |
| --- |
| Hauteur de refoulement |

*Z*B = 0 m

Refoulement

*R*Bp=0,6 m

Niveau du fond du bac de rétention

*L*ref=30 m

*D*ref=200 mm

*ZC =Z*BT= 7,2 m

*Figure 4 : regard « By Pass » sans écoulement vers la zone de rétention*

La pompe est placée à 50 cm du fond du regard (même niveau que le fond de la zone de rétention). Le niveau de référence pour l’étude se trouve au refoulement de la pompe. La hauteur maximale avant le débordement du regard « Sainte Anne » est alors de 4,58 m. La pompe refoule les eaux dans le bassin tampon jusqu’à une hauteur de 7,2 m tant que le niveau relatif dans le regard est supérieur à 1 m. Les différentes hauteurs sont indiquées sur la figure 4.

Données :

* masse volumique des eaux usées *ρ* = 1031kg.m-3 à 10°C ;
* pression atmosphérique *Po* = 1,013×105 Pa ;
* accélération de la pesanteur *g* = 9,81 m.s-2.

### Contraintes de dimensionnement.

#### Que vaut la pression au point A situé à la surface des effluents à l’intérieur du regard ?

#### En régime statique (sans pompe), calculer la pression absolue en B dans les cas où la hauteur des effluents atteint les valeurs extrémales 1 m puis 4,58 m ?

#### Calculer la vitesse du fluide *vref* en m.s-1 dans la tuyauterie de refoulement de diamètre *D*ref = 200 mm pour un débit *Q* = 350 m3.h-1.

#### Montrer que la vitesse *v*B du fluide au point B dans le regard de rayon *R*Bp = 0,6 m est faible devant vref si la pompe refoule 350 m3.h-1.

Les pertes de charges linéaires et singulières sont données par la relation suivante :

*H*pertes = 490×10-6*Q* + 13,5×10-6*Q*² (*Q* en m3.h-1 et *H*pertes en m)

#### Calculer les pertes de charge, *H*pertes, pour un débit de 350 m3.h-1.

### Hauteur manométrique minimale de la pompe.

L’objectif est de calculer la hauteur manométrique, *H*pompe, nécessaire pour refouler avec un débit de 350 m3.h-1 les effluents dans le cas le plus défavorable soit ZA = Zmin = 1 m.

On rappelle que l’énergie volumique en J.m-3 d’un fluide en un point, à l'altitude *z*, est donnée par :

On définit la hauteur manométrique, correspondante en mètrepar la relation :

Le niveau de refoulement (sortie de la pompe) et celui d’aspiration (entrée de la pompe) sont considérés à la même hauteur.

#### Calculer les énergies volumiques au point B si on néglige la vitesse du fluide en B et au point C au niveau du bassin tampon. En déduire que les hauteurs manométriques et valent respectivement 11 m et 17,7 m.

#### En prenant en compte les pertes de charges *Hpertes* dans la tuyauterie, montrer que la hauteur manométrique *Hmref* au niveau du refoulement vaut 19,5 m. En déduire la valeur de l’énergie volumique en sortie de pompe.

#### Déduire des questions précédentes la valeur de la hauteur manométrique minimale *H*pompe que doit fournir la pompe pour satisfaire le cahier des charges.

Cette hauteur varie suivant le niveau dans le regard, on l’appellera *H*charge.

Le choix s’est porté sur une pompe KSB dont la plaque signalétique indique :

* *H*pompe= 8,74 m pour un débit nominal de 373,84 m3.h-1;
* vitesse de rotation nominale = 1465 tr.min-1.

La pompe est constituée d’un moteur asynchrone dont l’arbre est associé à une roue monocanal diagonale (roue D).

Le rendement de la pompe pour différents débits est donné figure 5.

*Figure 5 : rendement de la pompe*

0

Rendement (%)

Débit (m3.h-1)

10

50

100

0

500

200

0

300

0

400

0

### Point de fonctionnement.

Les lois de similitudes des pompes centrifuges permettent de tracer les abaques de la pompe à partir de la connaissance de la caractéristique nominale. Elles sont représentées sur le document réponse 1.

Les abaques *H*charge= f(*Q*) pour *z* fixé sont tracés sur le même repère.

L’objectif est d’étudier le fonctionnement, comme lors de la journée du 30 mars 2013, présenté sur l’annexe 3 si une opération de maintenance avait été prévue.

#### Placer, sur le repère du document réponse 1, le point A de fonctionnement si *z*regard = 2,4 m (hauteur de régulation), pour un débit de 300 m3.h-1.

#### En déduire la vitesse de rotation de la pompe et la hauteur manométrique correspondante.

#### Sachant que la puissance hydraulique à fournir par la pompe est donnée par la relation *Phydrau*= *ρgHchargeQ*, avec *Q* en m3.s-1, calculer sa valeur.

#### Après avoir déterminé le rendement de la pompe (figure 5), déterminer la puissance mécanique nécessaire à son entrainement.

#### En déduire la valeur du moment du couple résistant *Cr*qu’elle impose.

# Étude de la régulation de niveau.

Le service des eaux souhaite la mise en fonctionnement de la pompe du regard By Pass en maintenant le niveau à 2,4m. Pour cela, une régulation de niveau est nécessaire.

L’objectif de cette partie est de déterminer les paramètres du système afin de prévoir une qualité de régulation de niveau dans le regard « By Pass » et d’établir des points de fonctionnement électrique ou mécanique.

## Étude du moto-variateur.

Les données de la plaque signalétique du moteur associé à la pompe sont indiquées sur la figure 6. Le Local de Nod Huel est alimenté par un réseau triphasé 230V/400V.

|  |  |
| --- | --- |
| Type KRTD 150-315/164UG-P | |
| *Pu*=16kW | 1465 tr.min-1 |
| 400/690 V | 50Hz |
| 33,0/19,1 A | cosϕ = 0,79 |
| *Figure 6****:*** *plaque signalétique MAS* | |

On considère que les pertes fer et les pertes mécaniques sont négligeables.

### Détermination des caractéristiques nominales du moteur.

#### Quel doit être le couplage de la machine asynchrone ?

#### Déterminer le nombre de paires de pôles de la machine asynchrone.

#### Calculer la puissance absorbée nominale *P*a*n*, le rendement *ηn*, ainsi que le moment du couple utile nominal *Cun*.

#### Calculer le glissement nominal *gn*.

#### Compléter le bilan de puissance du document réponse 2.

### Étude de l’alimentation du moteur.

Pour régler le débit de refoulement, il faut agir sur la vitesse de la pompe. Le choix se porte sur un variateur de vitesse à *U/f* constant.

L’évolution du moment du couple résistant sur l’arbre moteur *Cr* = *f*(*N*) pour une hauteur d’eau dans le regard de 2,4m est fournie sur le document réponse 3. L’évolution du moment du couple *Cem = f*(*N*) du moteur est aussi tracée pour une fréquence de 50Hz et une tension de 400V.

#### Point de fonctionnement.

Comme lors du 30 Mars 2013 par exemple, la vitesse a été réglée à 1100 tr.min-1 pour le débit de 300 m3.h-1avec une hauteur de 2,4m dans le regard.

##### Placer le point de fonctionnement P sur le document réponse 3.

##### Tracer, dans ce cas, la caractéristique *Cem* = f(*N*) de la machine asynchrone sur le document réponse 3.

##### En déduire vitesse de synchronisme de la MAS et calculer la fréquence des grandeurs électriques d’alimentation du moteur.

#### Étude des oscillogrammes.

Le synoptique du variateur de vitesse est fourni figure 8.

+

MAS

~

Bloc 1

Bloc 2



Roue D

*Figure 8 : synoptique du variateur de vitesse*

La simulation de l’ensemble variateur-moteur relatif au fonctionnement moyen du 30 mars 2013 a permis de relever les chronogrammes (Annexe 4) et le spectre en fréquence de la tension composée *u12(t)* du moteur (Annexe 5).

##### Indiquer les conversions d’énergie (notées AC ou DC) que réalisent les blocs 1 et 2 de la figure 8. Quelles fonctions réalisent ces blocs ?

##### En observant les formes d’ondes données par les oscillogrammes 1, 2 et 3 annexe 4, indiquer les endroits où elles ont été relevées (entrée ou sortie des blocs 1 ou 2).

##### Calculer la valeur efficace de l’intensité du courant en ligne moteur en exploitant l’oscillogramme côté moteur (sur l’oscillogramme le calibre correspondant est de 20 V par division et 1A correspond à 1V).

#### Fréquence de découpage.

##### Donner la fréquence du fondamental côté moteur. (Annexe 5).

##### Quelle est l’influence de la fréquence de découpage que l’on voit apparaitre sur l’oscillogramme 1.

#### Puissance active en entrée du variateur.

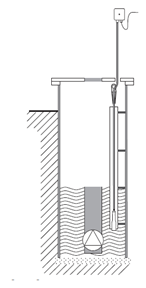
Les mesures, côté ligne réseau EDF, ont donné *Ires*= 24,3 A (valeur efficace de l’intensité du courant en ligne), *IresF*= 12,9 A (valeur efficace du fondamental de l’intensité du courant en ligne), cos*ϕF* = 0,99 (facteur de déplacement) et *Ures* = 400V (tension composée efficace).

Calculer la puissance active consommée pour ce point de fonctionnement.

## Capteur de niveau.

Le capteur de niveau choisi est de type FMX165 et doit être alimenté en *Vcc*= 24V DC. Il présente une cellule en céramique qui subit une déformation due à la pression de l’eau. Un signal analogique en courant 4-20 mA est créé pour une plage de variation en pression de 0 à 1 bar (pression relative). Il est relié à l’automate situé dans le local technique. L’ensemble est représenté sur la figure 9.

Longueur totale sur 30m



Automate M340

*z*



5,33m

FMX165

*z*

*0*

0,5m

*Figure 9 : schéma de raccordement*

La hauteur maximale de montée des eaux au niveau du trop plein dans le regard By Pass est de 5,33 m et le capteur sera placé à 50 cm du fond (voir figure 9).

### Étude du capteur : mise à l’échelle de l’information.

Le module d’entrée de l’automate configuré en 4-20 mA reçoit le courant *I0*qui sera converti en tension *Ve* puis traité numériquement afin d’obtenir une information proportionnelle à la hauteur. Le schéma de principe est représenté figure 10.

*Vcc*=24V

Ai module BMX AMI 0410 : **4-20mA**

|  |
| --- |
| Traitement |

Traitement

+

-

*RL*

Capteur

céramique

Ve

Re=250 Ω

*z*

*I0*

0 A

Côté regard « By Pass »

Côté local technique

*Figure 10 : raccordement au capteur par fil de cuivre*

La documentation technique préconise d’installer une résistance *RL*= 350Ω en série avec la résistance d’entrée *Re*= 250Ω du module automate.

Une variation de 1 m du niveau d’eau correspond à une variation de pression relative d’environ 0,1 bar.

#### Exprimer la tension *Ve*en fonction *Re* et *I0*. Tracer l’évolution de *Ve*= f(*z*) sur le document réponse 4.

#### Montrer que *Ve*= f(*z*) vérifie la relation *Ve* = 0,4*z* + 1 avec *Ve* en volt et *z* en mètre.

L’information, notée *H*, traitée par l’automate correspond à l’équation linéaire *H* = 1000*z*,

*H* étant une information numérique donnée en nombre de points variant de 0 à 10 000 (correspondant 0 % à 100 % de la plage de mesure).

#### Exprimer *H* en fonction de *Ve*.

#### Calculer la tension *Ve* et l’information *H* pour la hauteur maximale.

### Choix technologique de la transmission de l’information.

La transmission de l’information peut être réalisée en fils de cuivre. Étant placés à côté des câbles du moteur, des perturbations harmoniques (induites par la fréquence de découpage du variateur) peuvent engendrer des dysfonctionnements lors de la réception de l’information. Le remplacement de ces fils de cuivre par de la fibre optique permet de s’affranchir de ces perturbations.

La fibre optique utilisée est constituée d’un cœur d’indice *n1*= 1,5 et d’une gaine d’indice *n2*= 1,470. Le diamètre du cœur est de 100 μm (voir le schéma du document réponse 5).

Le transmetteur pour fibre optique génère un faisceau de lumière de longueur d’onde *λ* = 660 nm. Sa vitesse dans le cœur de la fibre est inférieure à celle de la lumière dans le vide *cvide* = 3×108 m.s-1car le milieu est d’indice n1 supérieur à 1.

Une information de hauteur est convertie en tension puis codée en impulsions lumineuses.

Le module d’entrée de l’automate doit alors être configuré sur la plage 1-5V.

Le schéma de principe de ce dispositif est fourni sur la figure 11.

Interface sortie

*Vcc*=24V

Interface entrée

Ai module BMX AMI 0410 : **1-5V**

|  |
| --- |
| Traitement |

Traitement

*z*

*RL*

+

-

*Re*=10 MΩ

Fibre

|  |
| --- |
| Codage |

*Ve*

|  |
| --- |
| Décodage |

*R’e*

Capteur

céramique

I0

Côté regard « By Pass »

Côté local technique

*Figure 11 : raccordement au capteur par fibre optique*

Un rayon incident arrivant à l’entrée de la fibre avec un angle d’incidence inférieur à 17,3 ° subit une réflexion totale entre le cœur de la fibre et la gaine.

On rappelle la loi de Snell-Descartes relative à la réfraction : *n0*sin *θe* = *n1*sin *θs*:

* *θe* angle du rayon incident dans le milieu d’indice n0.
* *θs* angle du rayon réfracté dans le milieu d’indice n1.

Les différents angles étant comptés par rapport à la normale à la section de la fibre .

#### Pour un angle d’incidence *θe*= 15°, tracer sur le document réponse 5, le trajet d’un rayon lumineux réfracté correspondant à une impulsion lumineuse. Tracer ensuite le rayon lumineux à l’intérieur de la fibre.

#### Pour ces tracés, calculer les angles utiles pour plus de précision.

#### Calculer la vitesse de la lumière *c1* dans le cœur de la fibre.

#### Lorsque le trajet se fait en ligne droite dans la fibre sur une distance de 30 m (angle d’ouverture *θe*= 0°), calculer la durée de transmission d’une impulsion.

La hauteur maximale dans le regard est convertie en une tension *Ve*= 2,93 V puis codée en impulsions lumineuses équivalentes à un octet (8 bits) et 2 impulsions supplémentaires (bit de start et de stop). Chaque bit a une durée de 50μs.

#### Calculer la durée de transmission de l’information constituée de 10 bits.

#### En déduire la vitesse de transmission en bit.s-1.

## Annexe 0

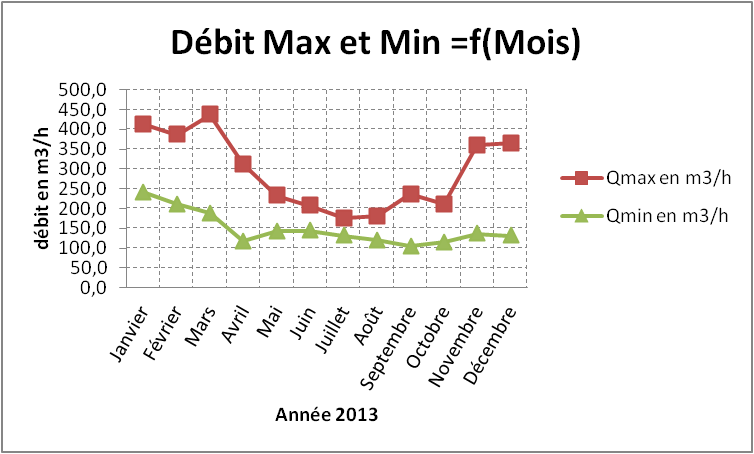
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Cases **grisées**  signifie  **En Service** | Pompe | Vis 1 d’Archimède | Vis 2 d’Archimède | Centrifuge |
| *Qnom*  hauteur | 380 m3.h-1 | 288m3.h-1 | 300m3.h-1 |
|  | | | | |
| Zone horaire 1 07h01 à 11h | 2m<*z*<2,5m |  |  |  |
| 2,5m<*z*<2,8m |  |  |  |
| *z*>2,8m |  |  |  |
|  | | | | |
| Zone horaire 2  11h01 à 15h | 2m<*z*<2,5m |  |  |  |
| 2,5m<*z*<2,8m |  |  |  |
| *z*>2,8m |  |  |  |
|  | | | | |
| Zone horaire 3  15h01 à 19h | 2m<*z*<2,5m |  |  |  |
| 2,5m<*z*<2,8m |  |  |  |
| *z*>2,8m |  |  |  |
|  | | | | |
| Zone horaire 4  19h01 à 22h | 2m<*z*<2,5m |  |  |  |
| 2,5m<*z*<2,8m |  |  |  |
| *z*>2,8m |  |  |  |
|  | | | | |
| Zone horaire 5  22h01 à 7h | 2m<*z*<2,5m |  |  |  |
| 2,5m<z<2,8m |  |  |  |

**Annexe 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Volume entrée (m3/an) | | | | 1 692 072 | 1 443 508 | 1 717 733 | 1 732 043 |

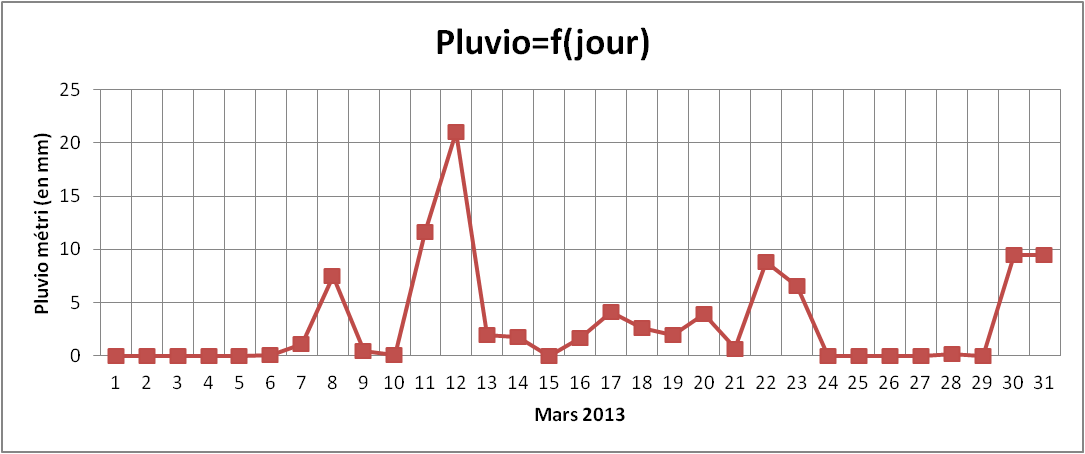
**Annexe 2**

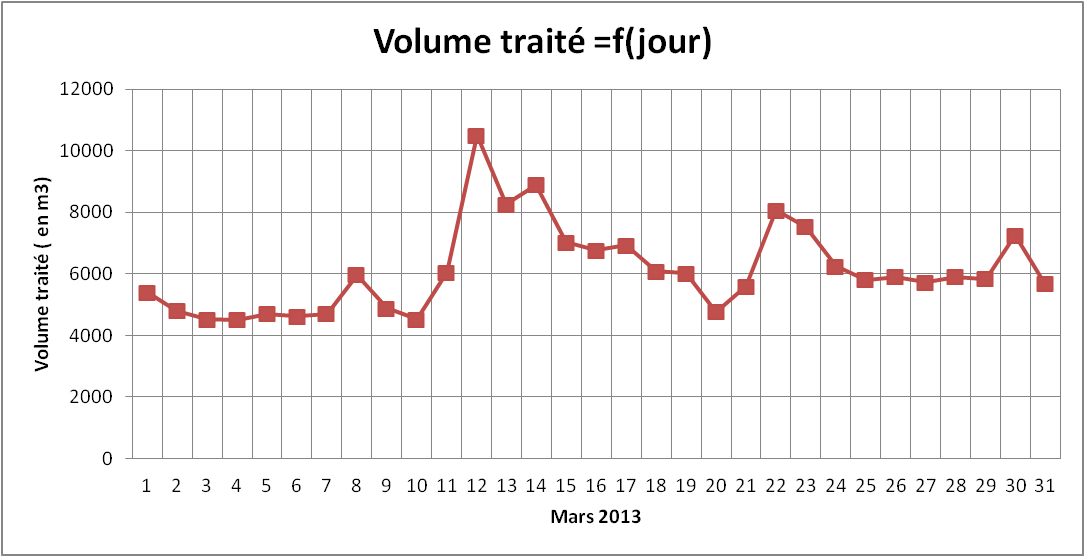
Données de l’année 2013

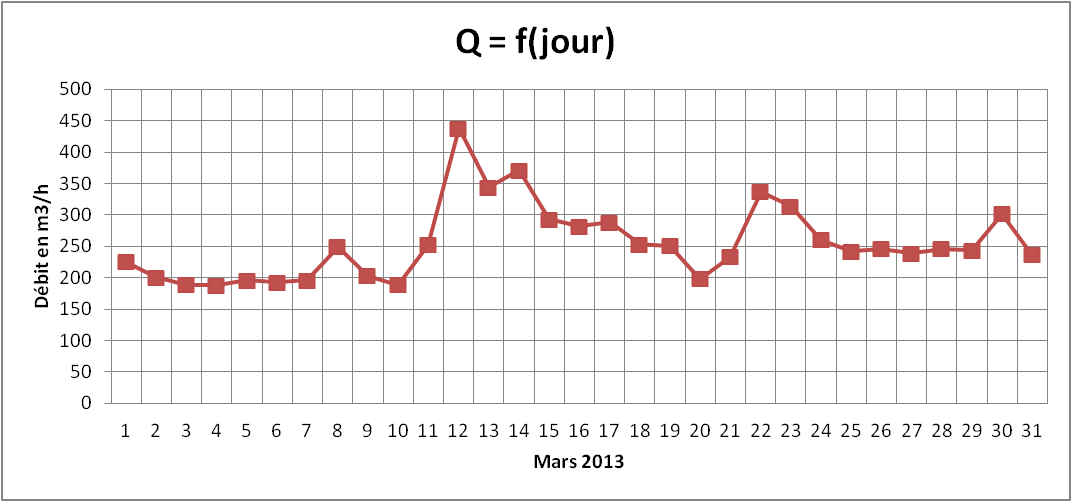


**Annexe 3**

Données du mois de mars 2013

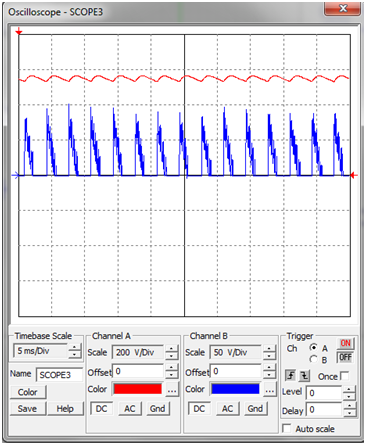






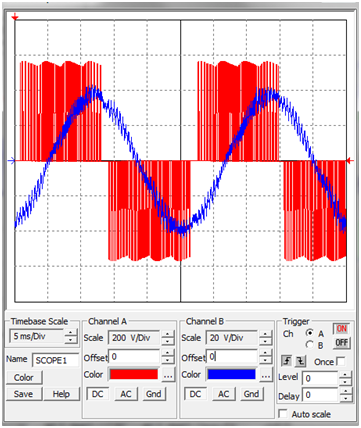
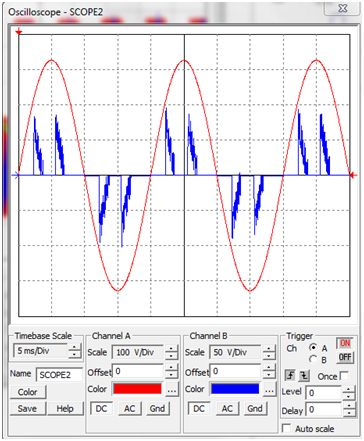
**Annexe 4**

Oscillogrammes en entrée et en sortie des convertisseurs intégrés dans le variateur.



Oscillogramme 3 : voie A 200V/div

voie B 50V/div



Oscillogramme 2 : voie A 100V/div

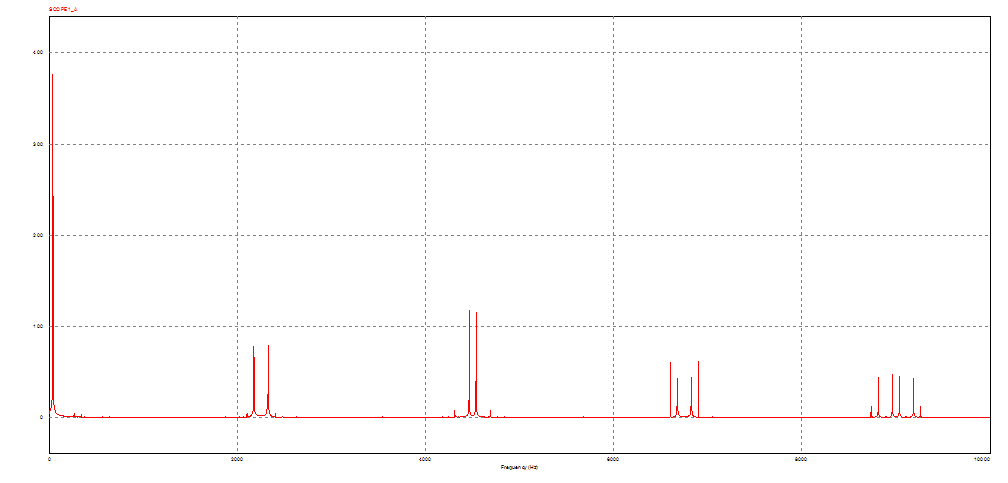
voie B 50V/div

Oscillogramme 1 : voie A 200V/div

voie B 20V/div

Les tensions sont observées sur la voie A de l’oscilloscope, alors que les images des courants le sont sur la voie B.

**Annexe 5**



385V

38 Hz

2 280 Hz

4 560 Hz

6 840 Hz

9 120 Hz

Spectre en amplitude de la tension composée

**Document réponse 1**

|  |
| --- |
| *N*=1465 tr/min |

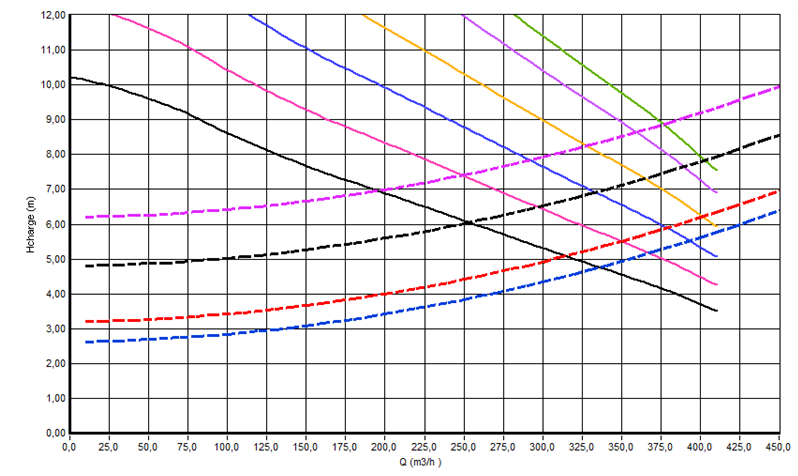
|  |
| --- |
| *N*=1400tr/min |

|  |
| --- |
| *N*=1300tr/min |

|  |
| --- |
| *N*=1200 tr/min |

|  |
| --- |
| *N*=1100 tr/min |

|  |
| --- |
| *N=*1000 tr/min |



**-------** *H*charge= f(*Q*) si *z*= cte

**\_\_\_\_\_** *Hpompe*= f(*Q*) si *N* = cte

*zmin*=1 m

*zmax*=4,58 m

*z*=4 m

*z*=2,4 m

On a représenté :

* en ordonnée *Hcharge* (graduation de 0 à 12 m) ;
* en abscisse *Q* (graduation de 0 à 450 m3.h-1).

**Document réponse 2**

Stator

Rotor

*Pan*=

*Pjrn=g Ptrn=*

*Pun* =

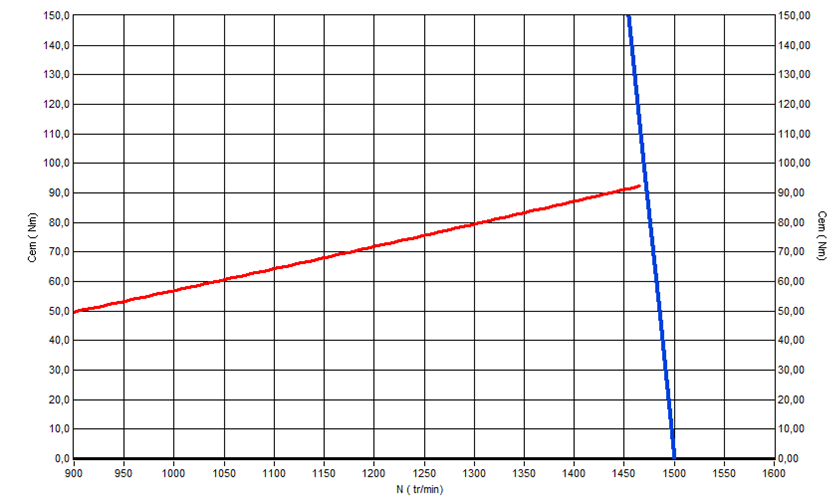
*Pjsn*=

*Ptrn* =

**Document réponse 3**

***Cem*= f(*N*) *f* = 50 Hz**

*C*r=f(*N*) pour *z*= 2,4m



On a représenté :

* en ordonnée le couple électromagnétique (graduation de 0 à 150 Nm) ;
* en abscisse la vitesse de rotation (graduation de 900 à 1600 tr.mn-1).

**Document réponse 4**

*Ve*(V)

*Z*(m)

1

5

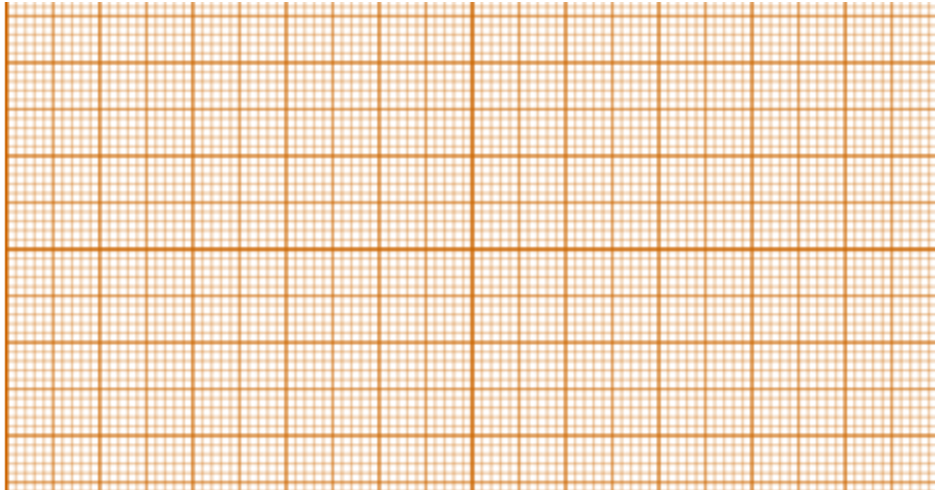
1

10

0

**Document réponse 5**

*θ*e = 15°



***n*2 = 1,47 gaine**

***n*1 = 1,50 cœur**

Air ***n*0 = 1,00**

***n*2 = 1,47**