

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2020

-----

ÉPREUVE E.4.1

Étude d'un système technique industriel  
Pré-étude et modélisation

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

### **Matériel autorisé**

« L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé,  
L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé. »

-----

Le sujet comporte **21** pages numérotées de **1/21** à **21/21**.

**Les documents réponses (pages 19, 20 et 21) 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.

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 1/21

# PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010, Eau de Paris est devenu l'opérateur municipal unique pour le prélèvement, le transport, le traitement et la distribution d'en moyenne 483 000 m<sup>3</sup> d'eau potable chaque jour à 3 millions d'usagers sur l'ensemble de l'agglomération parisienne.

Pour cela, elle dispose d'un réseau de captage et d'aqueducs d'acheminement qui sont pour certains longs de plus de 100 km.

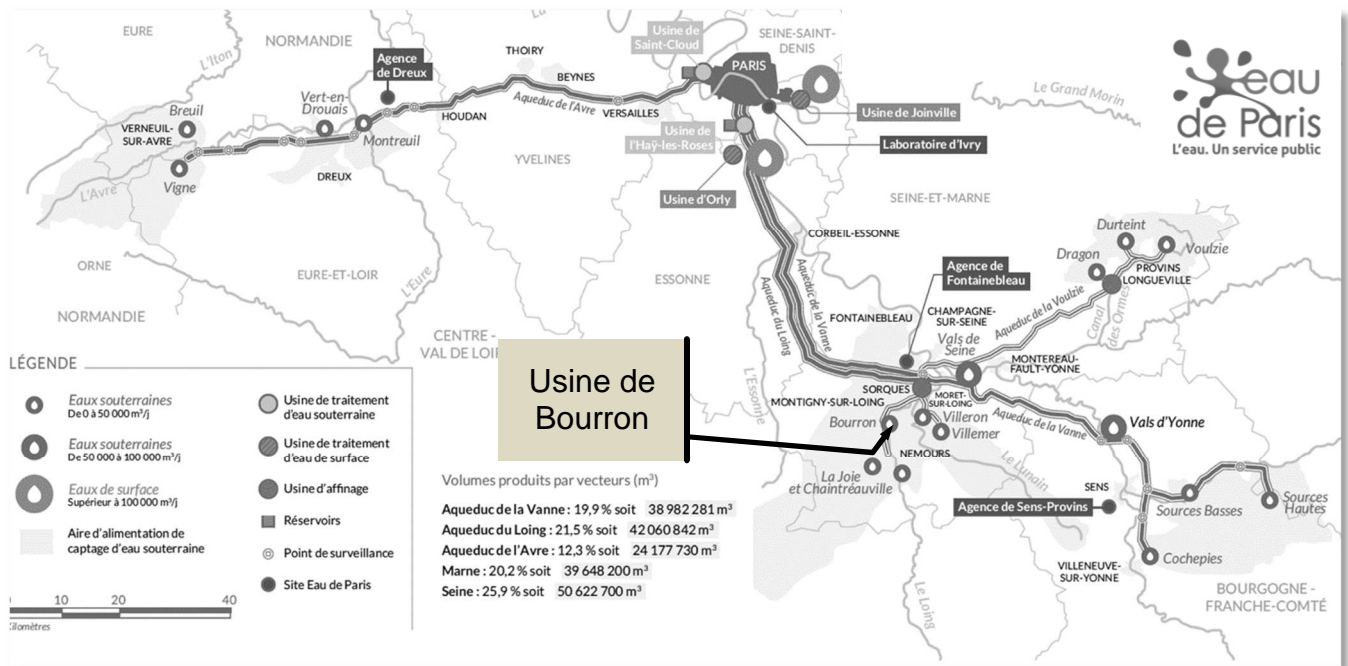


Figure 1 : schéma d'alimentation en eau de Paris

Le système d'alimentation en eau est constitué de plusieurs usines de traitement qui lui confèrent un haut niveau de sécurité.

Eau de Paris a adopté en 2015 un programme pluriannuel d'investissement de 450 millions d'euros à l'horizon 2020. Il traduit la volonté de l'entreprise publique d'adapter son patrimoine industriel aux enjeux technologiques, environnementaux et sociaux de demain.

L'agence de Fontainebleau, située à Sorques, gère toutes les installations de la région du sud Seine et Marne, et notamment l'usine de Bourron.

## L'usine de Bourron (sur figure 1)

Cette usine collecte l'eau produite par un réseau de 32 puits artésiens. Un puit artésien est un forage permettant d'atteindre la nappe phréatique (jusqu'à 50 m de profondeur pour ce site). À cet endroit, l'eau qui est sous pression entre deux couches d'argile,

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEN	Page 2/21

remonte naturellement à la surface. Les eaux de ces puits sont acheminées par gravitation à l'usine de relèvement par un réseau d'adduction<sup>1</sup>.

Afin de préserver la qualité de l'eau et l'environnement, on surveille en permanence le débit des puits ainsi que la qualité de l'eau. La surveillance des débits est effectuée au plus près des puits et donc à distance de l'usine de relèvement (voir figure 2).

Pour cela, Eau de Paris a fait appel à un sous-traitant qui a dimensionné et installé une armoire électrique contenant les appareils permettant de collecter ces mesures.

Compte tenu du classement du site en zone Natura 2000, il était impossible d'envisager la création d'une alimentation électrique de l'armoire depuis l'usine. Une alimentation autonome (panneau photovoltaïque + batteries) a donc été prévue mais ce dispositif d'alimentation a connu un dysfonctionnement.

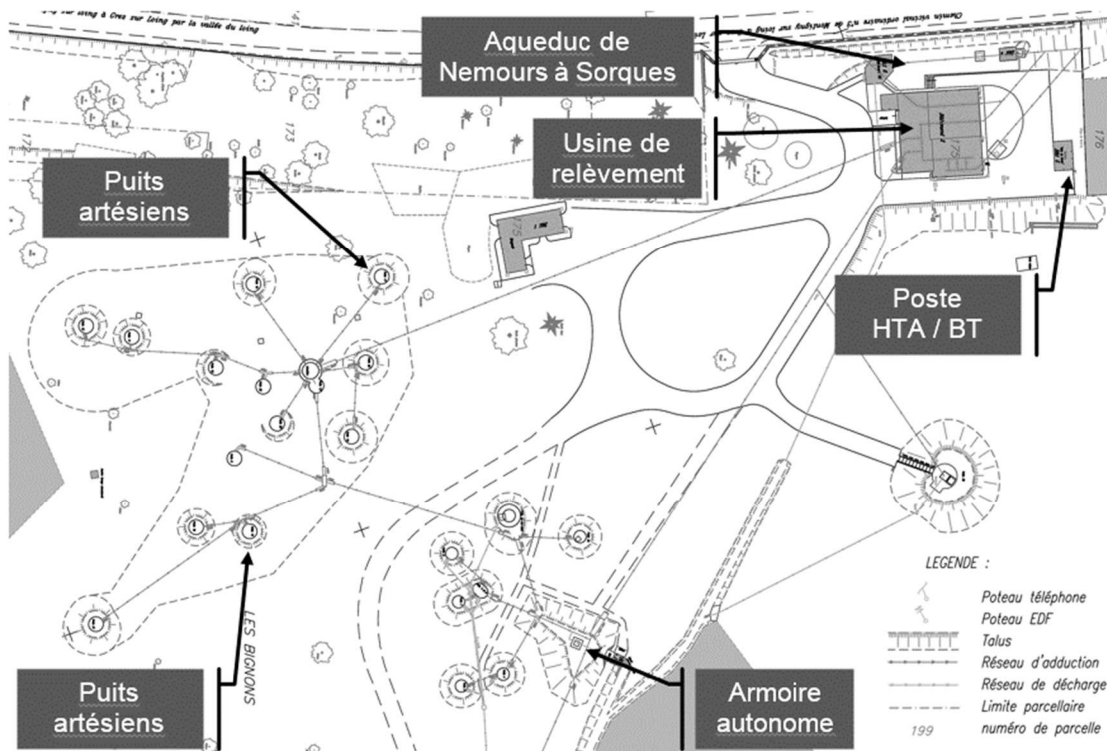


Figure 2 : plan topographique de l'usine de Bourron

Par ailleurs, l'usine de relèvement est équipée de trois pompes qui permettent de relever l'eau produite par le réseau de 32 puits dans l'aqueduc allant jusqu'à l'usine de Sorques. Les moteurs de ces pompes de relevage sont actuellement pilotés par des variateurs d'ancienne génération. Leur remplacement est envisagé.

Enfin, lors des inondations de juin 2016, le poste de transformation HTA/BT qui alimente l'usine a été partiellement inondé. Il est donc prévu son déplacement et le changement du transformateur à bain d'huile pour se conformer aux exigences environnementales.

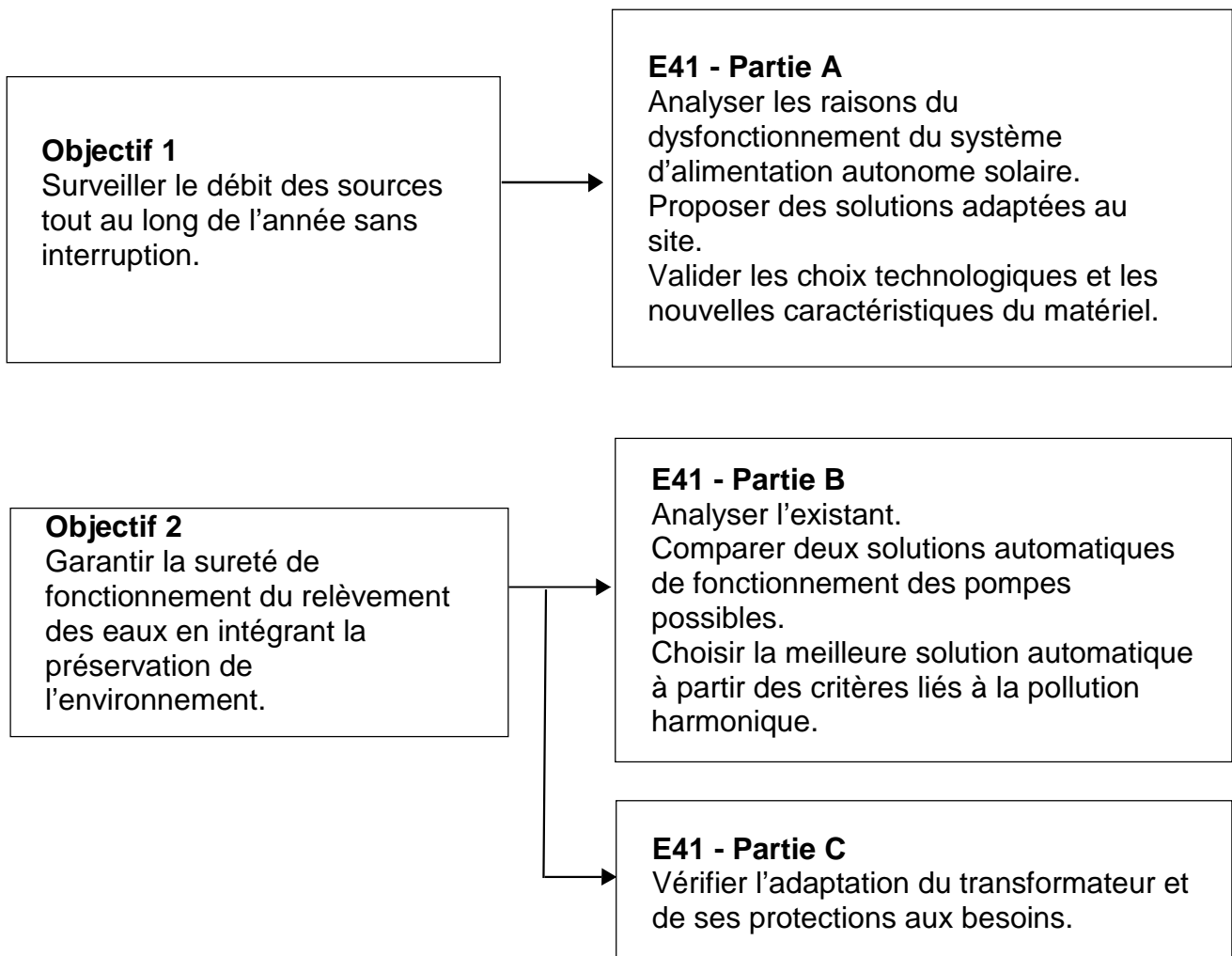
<sup>1</sup> Adduction d'eau : techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 3/21

# OBJECTIFS ET ENJEUX

On souhaite préserver la qualité de l'eau et approvisionner la ville de Paris en assurant la continuité de service. Dans le cadre du programme pluriannuel d'investissement qui vise à maintenir la sûreté des installations, il est prévu pour l'usine de Bourron :

- de reconcevoir le dispositif de surveillance des débits car à plusieurs reprises, en hiver, des données de débit des sources n'ont pas été enregistrées ;
- de remplacer le dispositif de commande des pompes de relevage car il est d'une technologie ancienne et il devient difficile d'en assurer la maintenance ;
- de déplacer le poste de transformation HTA/BT car il a été partiellement inondé en été lors de violents orages.



BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 4/21

## Partie A : étude de l'installation autonome

Eau de Paris veut établir les raisons du dysfonctionnement de l'alimentation de la station de mesure en place schématisée figure 3 et cherche des solutions adaptées au site. **Le cahier des charges impose un fonctionnement du système durant 10 jours sans ensoleillement.**

Dans un premier temps, l'étude portera sur les besoins en énergie de l'installation et son système de production d'énergie autonome. Dans un deuxième temps on choisira les matériels adaptés.

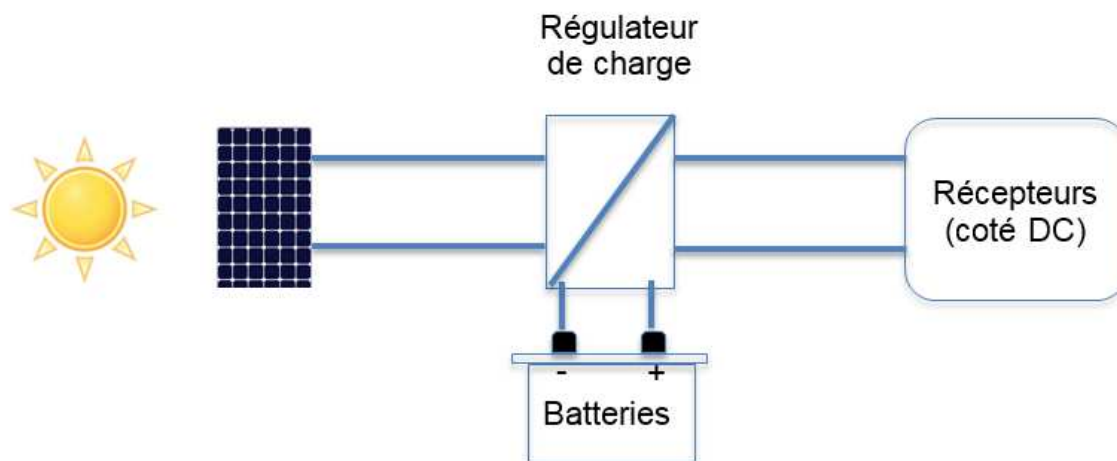


Figure 3 : installation autonome

L'installation existante comportait deux batteries vieillissantes et de capacité inadaptée. Le bureau d'étude propose de les remplacer par des nouvelles PVX-2120 de tension nominale  $U_b = 12\text{ V}$  et de capacité nominale  $Q_{nom\ b} = 212\text{ A}\cdot\text{h}$  chacune.

Après modification des équipements de l'armoire électrique, le **besoin énergétique journalier est de 312 W·h.**

### Étude énergétique de l'installation et dimensionnement des nouvelles batteries :

- Q1.** Calculer l'énergie  $E_{10j}$  (en W·h) consommée par l'installation dans les contraintes du cahier des charges.
- Q2.** En supposant que la tension délivrée par les batteries reste constante lors de la décharge, montrer que la charge utile nécessaire est environ  $Q_u = 260\text{ A}\cdot\text{h}$ .

Pour ne pas détériorer les batteries, la capacité utile vaut seulement 70 % de la capacité nominale.

- Q3.** En tenant compte de la capacité utile des batteries, calculer la capacité nominale totale  $Q_{nom\_tot}$  en A·h que doit avoir le parc de batteries pour alimenter l'installation existante.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 5/21

- Q4.** Déterminer alors le nombre de batteries nécessaires et préciser le montage qu'il faut réaliser pour les associer (série ou parallèle).

**Étude du panneau solaire existant, redimensionnement :**

On étudie l'installation initiale comportant un seul panneau solaire. Pour cela, la documentation technique de celui-ci est donnée en ANNEXE 1 où se trouvent les données normalisées du panneau pour un éclairement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  sous les termes « Performance under Standard Test Conditions (STC) ».

- Q5.** Donner les valeurs maximales des puissances, notées  $P_{max1000}$  et  $P_{max800}$  que peut fournir le panneau solaire installé pour respectivement des éclairements de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  et  $800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .
- Q6.** Grâce aux dimensions du panneau solaire, calculer sa surface  $S$ . En déduire la puissance reçue par le panneau notée  $P_{a800}$  pour un éclairement de  $800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  et calculer son rendement  $\eta_{800}$ .

Pour plus de simplicité, on prendra pour la suite de l'étude un rendement  $\eta = 15\%$  constant pour les productions à différents éclairements.

Pour le site, un graphique mensuel de l'énergie reçue par  $\text{m}^2$  (irradiation) est donné en ANNEXE 2.

- Q7.** Citer le mois le plus défavorable de l'année pour la production d'énergie par le panneau solaire et relever l'irradiation mensuelle correspondante. Pour ce mois, calculer l'énergie solaire, moyenne  $E_{moy}$  reçue durant une seule journée.
- Q8.** Pour  $1\text{ m}^2$  de panneau, montrer que l'énergie électrique journalière  $E_{elec}$  produite au cours de ce mois vaut environ  $200\text{ W}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ .
- Q9.** Calculer la surface  $S'$  de panneaux nécessaire. Conclure sur le dimensionnement initial de l'installation.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEN	Page 6/21

## Choix du régulateur de charge

Le panneau solaire en place a été redimensionné, l'étude cherche à vérifier la meilleure adaptation du convertisseur d'énergie.

Le régulateur de charge existant est de type PWM. Il permet de connecter électriquement le panneau aux batteries. **C'est la tension des batteries qui impose le point de fonctionnement du panneau solaire.** On suppose que la tension des batteries reste constante et égale à 12 V.

Les tracés des caractéristiques de la puissance électrique fournie par le nouveau panneau solaire pour de forts éclaircissements (été) et pour de faibles éclaircissements (hiver) sont donnés sur le **Document-réponse 1**.

On considérera un ensoleillement d'une durée de **9 heures par jour**.

On rappelle que le besoin énergétique journalier est de 312 W·h.

**Q10.** Pour un éclaircissement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (été) et pour un éclaircissement de  $150\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (hiver), placer sur le **Document-réponse 1 à rendre avec la copie** les deux points de fonctionnement du panneau et donner les puissances  $P_{f1000}$  et  $P_{f150}$  fournies aux batteries.

**Q11.** Commenter du point de vue énergétique la position des points de fonctionnement du panneau. L'association de ce régulateur PWM au panneau convient-elle au besoin journalier en hiver ?

Une autre famille de régulateurs existe, ce sont les régulateurs MPPT. Ils optimisent la charge en fonctionnant constamment au point maximum en puissance de la caractéristique du panneau : Maximum Power Point (MPP). Le terme T signifie tracking (chercher). La tension d'entrée du régulateur, qui est celle du panneau solaire, varie pour que le point de fonctionnement du panneau soit à la puissance maximum de sa caractéristique.

On rappelle que l'on considère un ensoleillement d'une durée de **9 heures par jour**.

**Q12.** Avec ce régulateur, déterminer grâce aux caractéristiques du Document-réponse 1, les puissances  $P'_{f1000}$  et  $P'_{f150}$  fournies aux batteries respectivement pour un éclaircissement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (été) et pour un éclaircissement de  $150\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (hiver).  
Conclure sur le choix de ce régulateur MPPT.

La tension délivrée par le panneau solaire est convertie par le régulateur MPPT pour l'adapter à la valeur de la **tension  $U_r$  de charge rapide donnée pour les batteries :  $U_r = 14,4\text{ V}$** .

On considère que le rendement de ce convertisseur est égal à 100 %.

**Q13.** Pour un éclaircissement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  en été, calculer la valeur moyenne  $I$  du courant de sortie du régulateur MPPT.

**Q14.** À partir du document technique fourni en ANNEXE 3, donner la référence du convertisseur MPPT à utiliser.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 7/21

## Partie B : étude de l'installation hydraulique et solutions pour contrôler le débit

La production hydraulique étant variable durant une année, on va étudier le dimensionnement de la partie hydraulique constituée **des 3 pompes CZ3152.181** pour le valider et choisir un mode de fonctionnement automatique adapté à la production d'eau.

Le relevé de production de l'eau des sources acheminée sur une période de deux ans à la bêche (réservoir avant que l'eau soit pompée) est représenté en ANNEXE 4, on notera ce débit  $Q_e$ . Cela conditionne le débit total des pompes  $Q_s$  à utiliser. Le schéma de la bêche est présenté en ANNEXE 5.

- Q15.** Donner la relation entre le débit prélevé par l'ensemble des pompes  $Q_s$  et celui apporté par les sources  $Q_e$  si l'on veut maintenir une hauteur constante dans la bêche.
- Q16.** En vous aidant de l'ANNEXE 4, donner les débits minimum  $Q_{Smin}$  et maximum  $Q_{Smax}$  que doivent prélever les trois pompes en  $m^3 \cdot h^{-1}$ .  
En déduire les débits limites  $Q_{Pmin}$  et  $Q_{Pmax}$  en  $m^3 \cdot h^{-1}$  qu'une pompe doit délivrer dans ces conditions extrémales.

Dans la suite de cette partie **on se placera dans le cas du débit maximum  $Q_{Smax}$**  de  $1\,200\, m^3 \cdot h^{-1}$ . Le schéma de la figure 4 présente le circuit hydraulique. L'eau est prélevée dans la bêche au point ②. Elle débouche à la pression atmosphérique  $p_a$  au point haut ③ grâce au travail des pompes à travers une seule conduite cylindrique de diamètre  $D = 500\, mm$ . Le symbole « pompes » représente l'ensemble des trois pompes CZ3152.181 montées en parallèle. Afin de déterminer la hauteur de pompe nécessaire notée  $\Delta H_{pompes}$ , l'équation de Bernoulli entre les points ① et ③ est rappelée :

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = h_3 + \frac{P_3}{\rho \cdot g} + \frac{v_3^2}{2 \cdot g} - \Delta H_{pompes} + \Delta h_{pertes}$$

Où :

- $h_1$  et  $h_3$  représentent les altitudes (en m) des points ① et ③ ;
- $p_1$  et  $p_3$  représentent les pressions aux points ① et ③ en Pa ;
- $\Delta H_{pompes}$  représente la hauteur manométrique de la pompe en mètres (m) ou en mètres de colonne d'eau (mCE) ;
- $\Delta h_{pertes}$  représente les pertes de charge (en m) ;
- $v_1$  et  $v_3$  représentent les vitesses d'écoulement de l'eau (en  $m \cdot s^{-1}$ ) aux points ① et ③ ;
- $\rho = 1\,000\, kg \cdot m^{-3}$  est la masse volumique de l'eau ;
- $g = 9,8\, m \cdot s^{-2}$  est l'accélération de la pesanteur.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 8/21



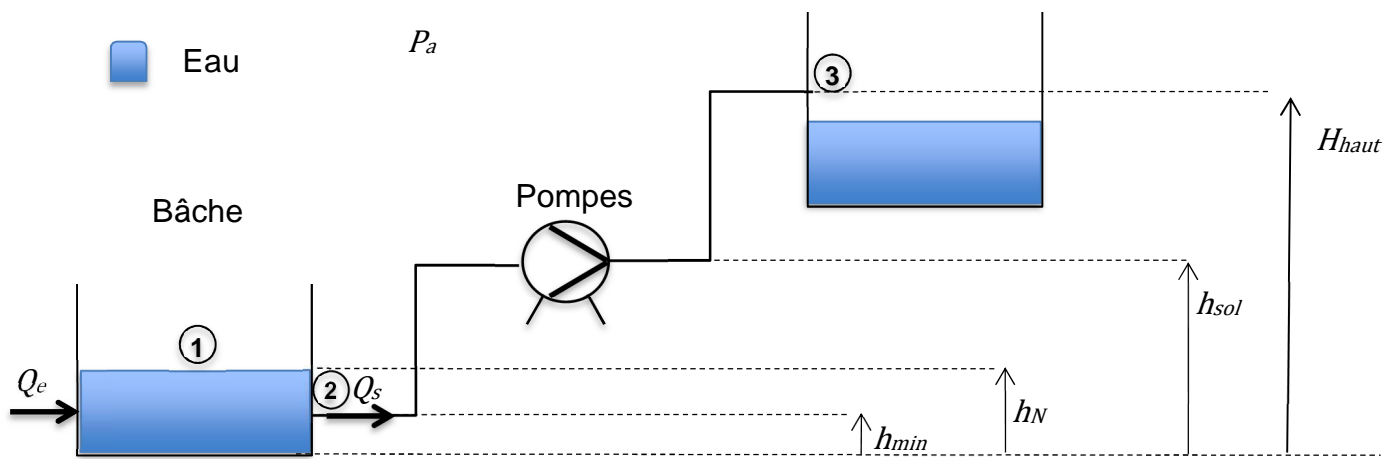


Figure 4 : circuit hydraulique

Avec :

- $h_{min} = 0,5 \text{ m}$  ;
- $h_N = 1,0 \text{ m}$  ;
- $h_{sol} = 2,5 \text{ m}$  ;
- $h_{haut} = 4,0 \text{ m}$ .

Pour déterminer  $\Delta H_{pompes}$ , on considère un débit  $Q_e = 0$ .

Le point ① se situe sur la surface de l'eau dans la bâche, les points ② et ③ se situent respectivement à l'entrée et à la sortie de la conduite.

**Q17.** Donner la valeur de la pression  $p_1$  à la surface de la bâche.

**Q18.** Calculer la section  $S$  de la conduite en sortie de la bâche et la surface d'eau  $S_B$  dans la bâche (bâche présentée en ANNEXE 5).

**Q19.** Rappeler la relation entre le débit volumique  $Q_v$ , la vitesse d'écoulement  $v_2$  au point ② et la section  $S$  de la conduite.  
Sachant que le débit se conserve, en déduire une relation entre  $v_2$ ,  $v_1$ ,  $S_B$  et  $S$ .

On adopte  $S = 0,20 \text{ m}^2$  et  $S_B = 30 \text{ m}^2$  et on rappelle  $Q_v = Q_{Smax} = 1\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Q20.** Calculer  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

**Q21.** En appliquant l'équation de Bernoulli, calculer  $\Delta H_{pompes}$  en prenant  $\Delta h_{pertes} = 0,35 \text{ m}$ .

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 9/21

Les 3 pompes sont montées en parallèle. Elles ont la même hauteur manométrique totale (HMT) considérée **comme constante** :  $\Delta H_{pompe} = 3,5 \text{ mCE}$  (mètres de colonne d'eau).

Leurs débits s'additionnent pour donner le **débit total pompé**.

La caractéristique de la pompe CZ3152.181 est donnée sur le Document-réponse 2, sur lequel est représentée la hauteur manométrique totale (HMT) et le rendement en fonction du débit pour une alimentation à 50 Hz.

**Q22.** Placer sur le **Document-réponse 2 à rendre avec la copie** le point de fonctionnement pour une HMT de 3,5 mCE. Justifier que cette pompe correspond bien au besoin, toujours dans le cas du débit maximum total  $Q_{Smax}$  de  $1\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Q23.** Relever le rendement  $\eta_{pompe}$  d'une pompe pour ce point de fonctionnement.

Pour la rénovation du système, deux solutions de contrôle du débit sont envisagées car celui-ci peut varier entre  $Q_{Smin}$  et  $Q_{Smax}$ .

Dans la suite de cette partie, on étudie le principe avec un **débit total intermédiaire**  $Q_S = 1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### **Solution 1 :**

Un automate gère la régulation de la hauteur d'eau dans la bêche en pilotant chaque moteur de pompe via un variateur de fréquence. Les pompes fournissent **alors le même débit**. On dispose, sur le Document-réponse 3, de la caractéristique de la HMT de la pompe en fonction du débit pour différentes consignes de fréquence du variateur.

**Q24.** Sur le **Document-réponse 3 à rendre avec la copie**, placer le point de fonctionnement **A** et en déduire la consigne de fréquence que doit donner l'automate aux variateurs pour assurer le débit total de  $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### **Solution 2 :**

Avec une carte multi-pompe optionnelle, on fait fonctionner :

- 2 pompes en tout ou rien (zéro, une ou deux pompes fonctionnent à 49 Hz avec un débit de  $450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) ;
- 1 pompe avec un variateur de vitesse en régulation.

**Q25.** Toujours pour un débit de  $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , donner le nombre de pompes fonctionnant en tout ou rien et déterminer la fréquence en sortie du variateur pilotant la 3<sup>ème</sup> pompe (placer le point de fonctionnement **B** sur le **Document-réponse 3 à rendre avec la copie**).

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPPEM	Page 10/21

## Étude de la qualité de l'énergie

On souhaite comparer la pollution harmonique du fonctionnement à 3 variateurs identiques en parallèle (solution 1) et celui à un seul variateur associé à la carte Multi-pompe (solution 2). Même si dans la réalité il existe un déphasage entre les différents signaux, **pour l'étude on se placera dans le cas le plus défavorable où les courants harmoniques de même rang sont en phase et que l'on peut donc additionner leurs valeurs efficaces.**

Sans variateur, le moteur asynchrone triphasé d'une pompe est directement alimenté par le réseau triphasé et absorbe un courant nominal de valeur efficace  $I = 18 \text{ A}$ .

- Q26.** Justifier si le moteur peut être qualifié de charge linéaire ou non-linéaire. Préciser ce que cela implique pour :
- la forme d'onde du courant absorbé ;
  - la présence éventuelle d'harmoniques ;
  - la valeur du taux de distorsion harmonique ( $THDi$ ).

Lorsqu'un moteur de pompe est alimenté par un variateur, on adoptera les valeurs suivantes :

- valeur efficace du courant fondamental  $I_1$  à l'entrée du variateur  $I_1 = 18 \text{ A}$  ;
- valeur efficace totale des harmoniques autre que le fondamental  $I_H = \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots} = 8,1 \text{ A}$ .

On rappelle la relation donnant le taux de distorsion harmonique :

$$THDi = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots}}{I_1}$$

Dans le cas de la solution 1, les trois moteurs sont alimentés chacun par un variateur.

- Q27.** Déterminer alors la valeur efficace résultante des fondamentaux  $I_{1v}$  des trois variateurs sur une ligne du réseau, et la valeur efficace  $I_{Hv}$  de l'ensemble des harmoniques autre que les courants fondamentaux. Montrer que le  $THDi_v$  vaut 45 %.

Dans le cas de la solution 2 avec une carte multi-pompe, on se place dans le cas où deux moteurs sont alimentés directement par le réseau et le troisième associé à un variateur.

- Q28.** Calculer la valeur efficace résultant des fondamentaux  $I_{1c}$  des trois systèmes sur la ligne, et la valeur efficace  $I_{Hc}$  présentée par les harmoniques autre que le fondamental, en déduire que le  $THDi_c$  vaut 15 %.
- Q29.** Conclure sur la solution la plus intéressante en matière de qualité de l'énergie.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 11/21

## Partie C : les configurations et les protections de l'installation électrique sont-elles bien adaptées ?

Le schéma ainsi que plusieurs caractéristiques de l'installation électrique de l'usine de Bourron sont donnés en ANNEXE 6.

- Q30.** En se référant aux plans de l'installation (ANNEXE 6), expliquer la signification du couplage  $Dyn$  du transformateur triphasé délivrant l'énergie à l'installation.
- Q31.** Calculer le rapport de transformation  $m$  du transformateur sachant que celui-ci délivre une tension efficace entre phases de 390 V à vide.
- Q32.** Relever la puissance apparente nominale  $S_n$  du transformateur et calculer la valeur efficace  $I_{2N}$  de son courant nominal au secondaire.

Sur le plan, on précise que le courant de court-circuit présumé est de 3,6 kA. On souhaite vérifier cette valeur pour valider son choix. Pour cela, on dispose de la documentation technique du transformateur :

TENSION PRIMAIRE COMPOSÉE : 20 000 V	PERTES DUES A LA CHARGE : 1 750 W
RENDEMENT : 98 %	FRÉQUENCE : 50/60 Hz
TENSION DE COURT-CIRCUIT : 4,3 %	TEMPÉRATURE AMBIANTE : 40°C
PERTES A VIDE : 500 W	

Le modèle par phase du secondaire du transformateur triphasé est donné Figure 5 :

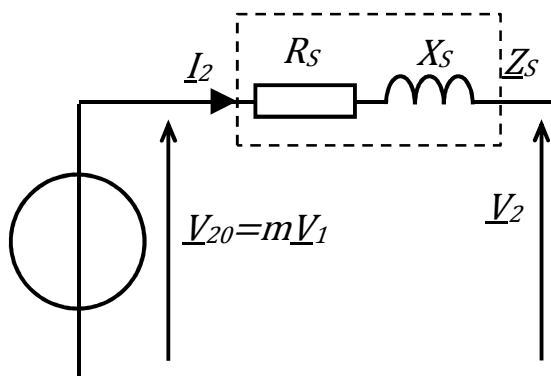


Figure 5 : schéma équivalent par phase ramené au secondaire du transformateur

- $R_S$  : résistance équivalente "vue" du secondaire en  $\Omega$  ;
- $X_S$  : réactance de fuite "vue" du secondaire en  $\Omega$  ;
- $Z_S$  : impédance équivalente "vue" du secondaire en  $\Omega$  ;
- $I_2$  : courant de ligne du secondaire en A ;
- $V_{20}$  : tension simple à vide en V ;
- $V_2$  : tension simple en charge en V ;
- $V_1$  : tension simple au primaire en V ;
- $m$  : rapport de transformation.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 12/21

- Q33.** Expliquer ce que représentent pour le transformateur, la puissance de 500 W (pertes à vide) et la puissance de 1 750 W (pertes dues uniquement à la charge).
- Q34.** Calculer la tension efficace simple primaire de court-circuit  $V_{1CC}$ . En déduire la valeur de  $Z_S$  sachant que le courant efficace de court-circuit est  $I_{2CC} = 152$  A.

On prendra  $Z_S = 0,064 \Omega$  pour la suite.

- Q35.** Calculer le courant de court-circuit  $I_{CC}$  présumé s'il se produit un court-circuit franc entre phase et neutre au niveau du secondaire du transformateur lorsque le primaire est alimenté sous sa tension nominale.  
Conclure sur l'indication de ce courant sur l'ANNEXE 6.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 13/21

## ANNEXE 1 : panneau solaire en place

### PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

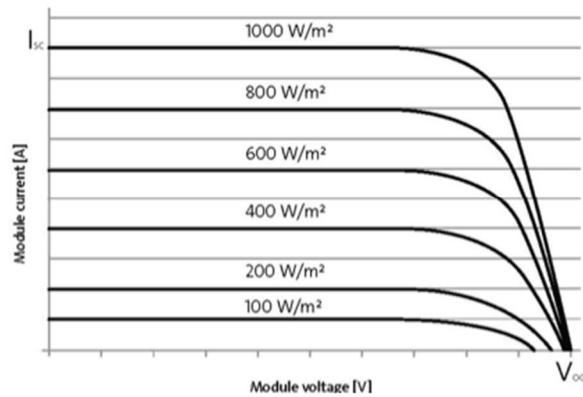
Maximum power	$P_{max}$	100 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	22.1 V
Maximum power point voltage	$V_{mpp}$	18.8 V
Short circuit current	$I_{sc}$	6.04 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	5.51 A
Module efficiency	$\eta_m$	14.14 %

\*STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

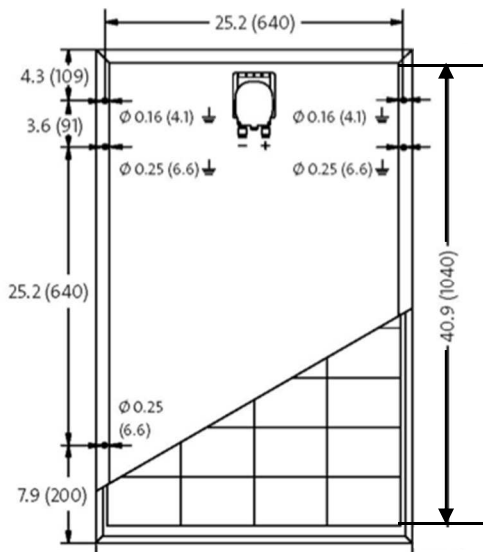
1) Measuring tolerance ( $P_{max}$ ) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power Controlled).

### THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC $I_{sc}$	0.051 %/°C
TC $V_{oc}$	-0.31 %/°C
TC $P_{mpp}$	-0.41 %/°C
Operating temperature	-40 °C to 85 °C



Solar panel dimensions into Inch (mm)



### PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

Maximum power	$P_{max}$	73.0 Wp
Open circuit voltage	$V_{oc}$	19.5 V
Maximum power point voltage	$V_{mpp}$	16.6 V
Short circuit current	$I_{sc}$	4.91 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	4.41 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m<sup>2</sup>, 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.

### COMPONENT MATERIALS

Cells per module	36
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	4.09 in x 6.14 in (104 mm x 156 mm)
Front	Tempered glass (EN 12150)
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	17.6 lbs (8.0 kg)

### SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

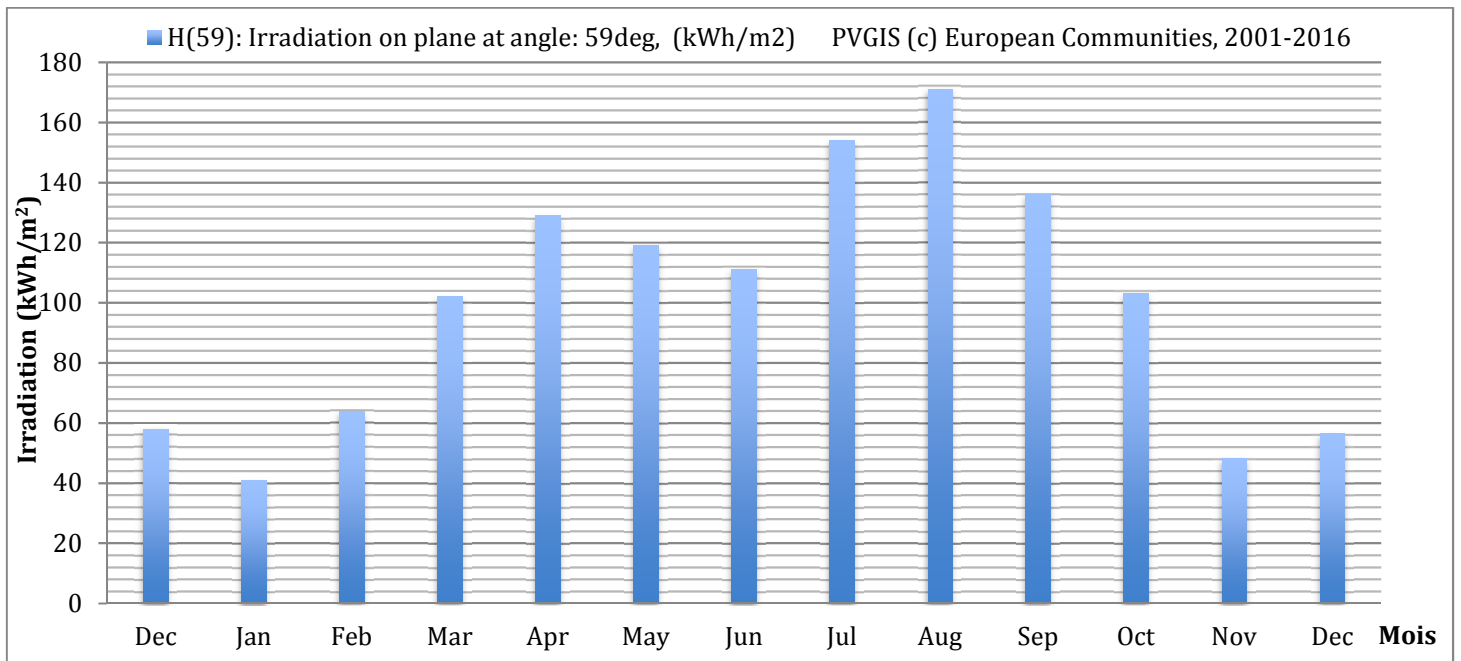
Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum system voltage NEC	600 V
Maximum reverse current	15 A
Number of bypass diodes	2
Design Loads*	Two rail system 113 psf downward 50 psf upward

\*Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.

### ADDITIONAL DATA

Power sorting <sup>1</sup>	-5/+ 10 %
J-Box	IP65
Module type (UL 1703)	1

## ANNEXE 2 : irradiation du site



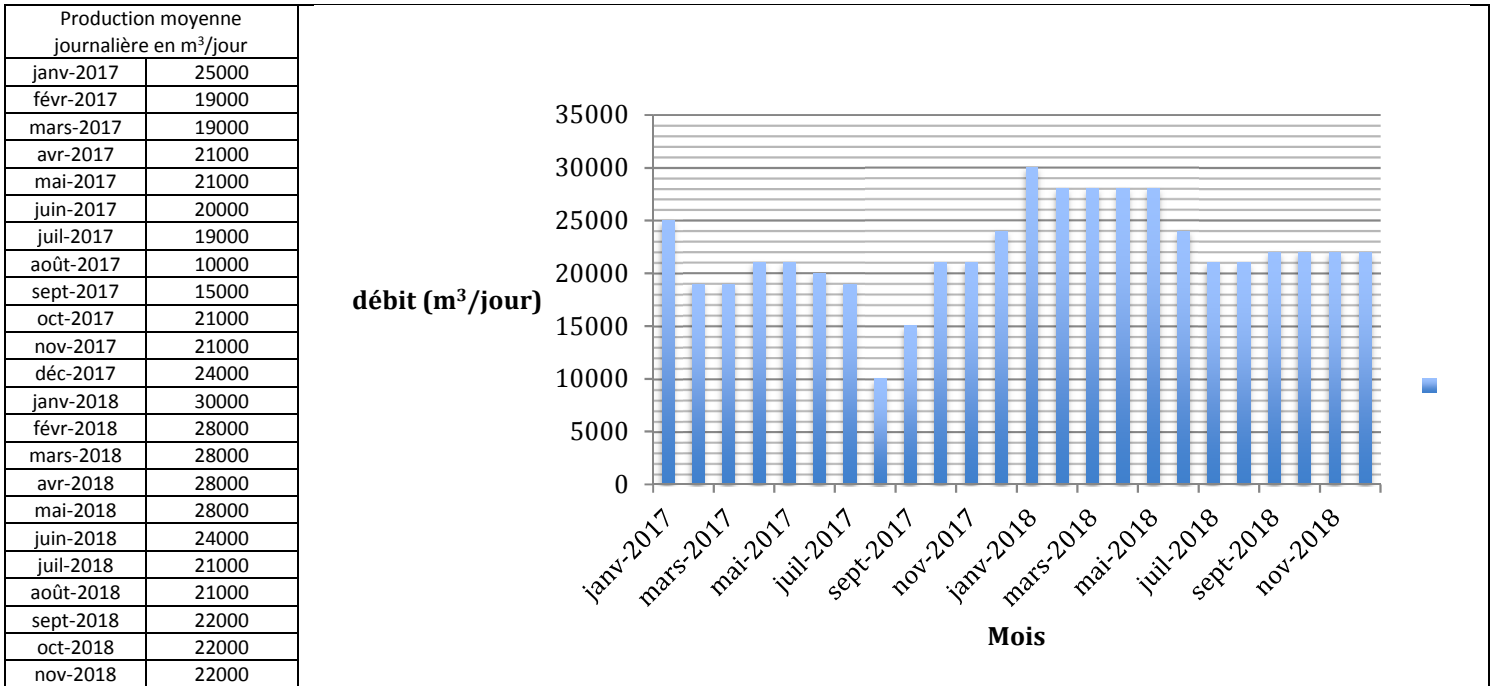
### ANNEXE 3 : régulateur de charge

	MPPT 1010	MPPT 2010
<b>Caractérisation des performances de fonctionnement</b>		
Tension de système	12 V (24 V)	
Puissance nominale	125 W (250 W)	250 W (500 W)
Taux de rendement DC-DC max.	98,3 % ( $U_{batt}=24\text{ V}$ ; $U_{in}=30\text{ V}$ ; $P=0,6*P_{nom}$ )	
Efficacité européenne	94,7 % ( $U_{batt}=12\text{ V}$ ; $U_{in}=30\text{ V}$ ); 96,7 % ( $U_{batt}=24\text{ V}$ ; $U_{in}=30\text{ V}$ )	
Efficacité européenne (pondéré sur l'ensemble $U_{batt}$ et $U_{in}$ )	95.2 %	
Taux de rendement MPP statique	99.9 % (DIN EN 50530)	
Taux de rendement MPP dynamique	97.7 % (DIN EN 50530)	
REW (Realistic Equally Weigthed efficiency) pondéré	92.8 %	
Consommation propre	10 mA	
<b>Côté entrée DC</b>		
Tension MPP	$15\text{ V (30 V)} < U_{module} < 75\text{ V}$	$15\text{ V (30 V)} < U_{module} < 100\text{ V}$
Tension à vide du panneau photovoltaïque (à la température de service minimale)	17 V ... 75 V (34 V ... 75 V)	17 V ... 100 V (34 V ... 100 V)
Courant du panneau	9 A	18 A
<b>Côté sortie DC</b>		
Courant du consommateur	10 A	
Point de référence de réenclenchement (LVR)	12,5 V (25 V)	
Protection contre la décharge profonde (LVD)	11,5 V (23 V)	
<b>Côté batterie</b>		
Courant de charge	10 A	20 A
Tension finale de charge	13,9 V (27,8 V)	
Tension de charge rapide	14,4 V (28,8 V)	
Charge d'égalisation	14,7 V (29,4 V)	
Réglage du type d'accumulateur	liquide	
<b>Conditions de fonctionnement</b>		
Température ambiante	-25 °C ... +40 °C	
<b>Installation et construction</b>		
Borne de raccordement (à fils fins / à un fil)	16 mm <sup>2</sup> / 25 mm <sup>2</sup> - AWG 6 / 4	
Degré de protection	IP 32	
Dimensions (X x Y x Z)	187 x 153 x 68 mm	
Poids	900 g	

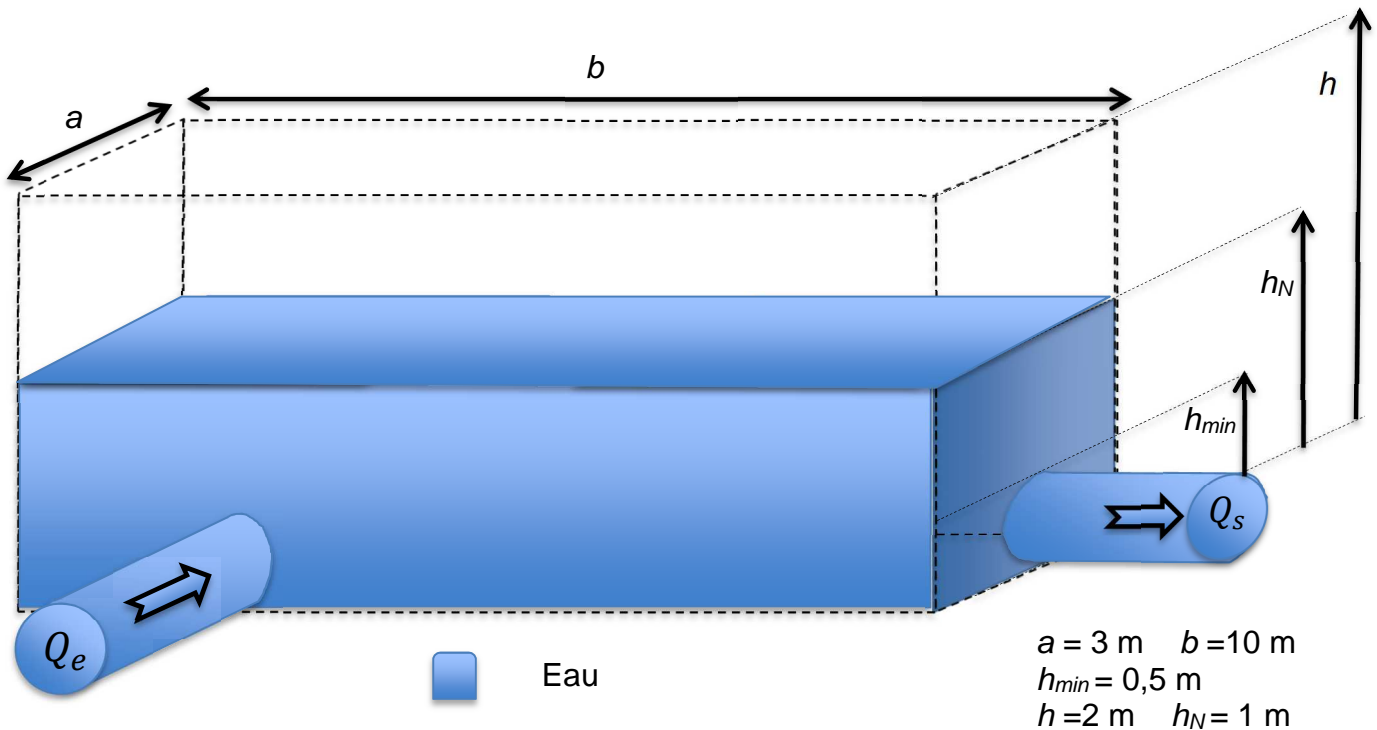
BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION
Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	Page 16/21



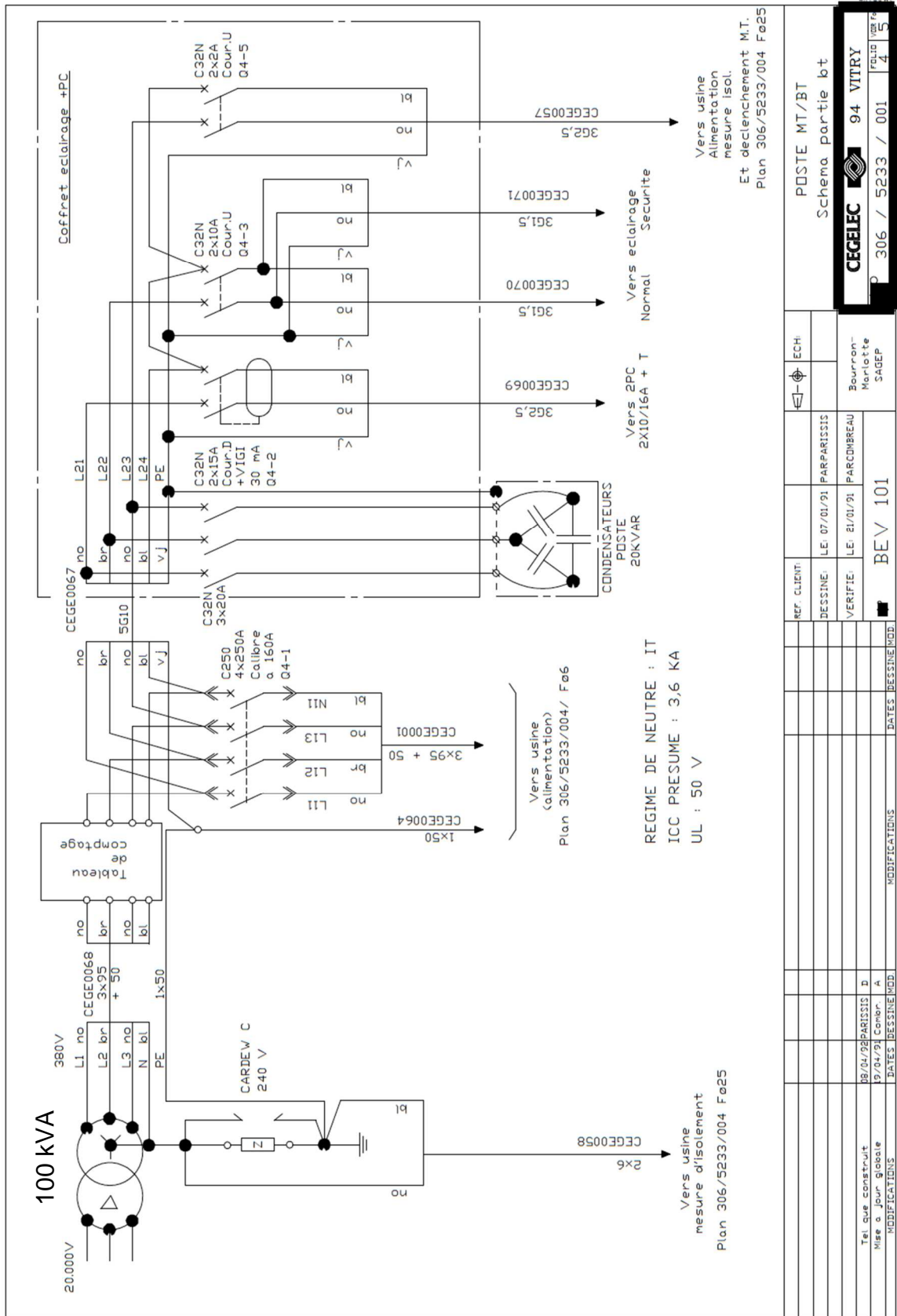
## ANNEXE 4 : production de l'eau des sources



## ANNEXE 5 : la bêche



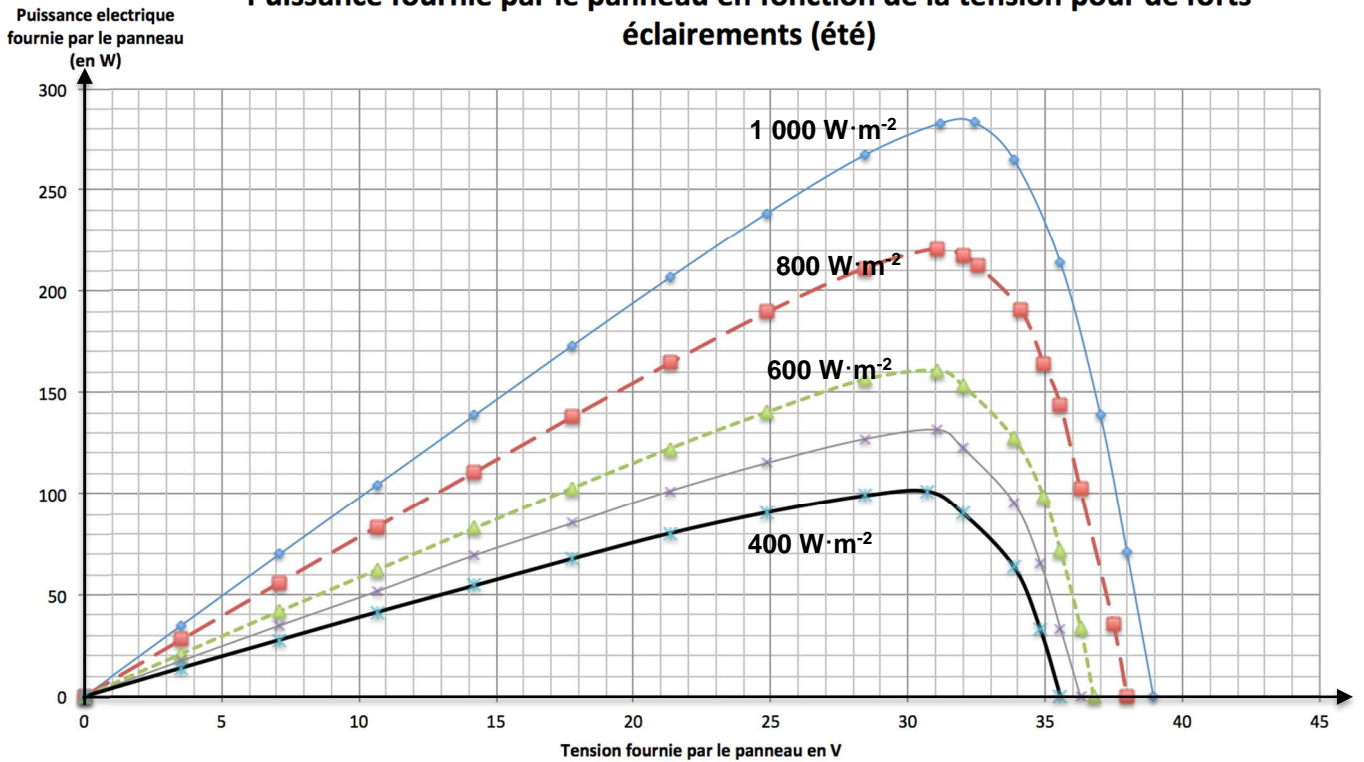
## ANNEXE 6 : installation électrique de l'usine de Bourron



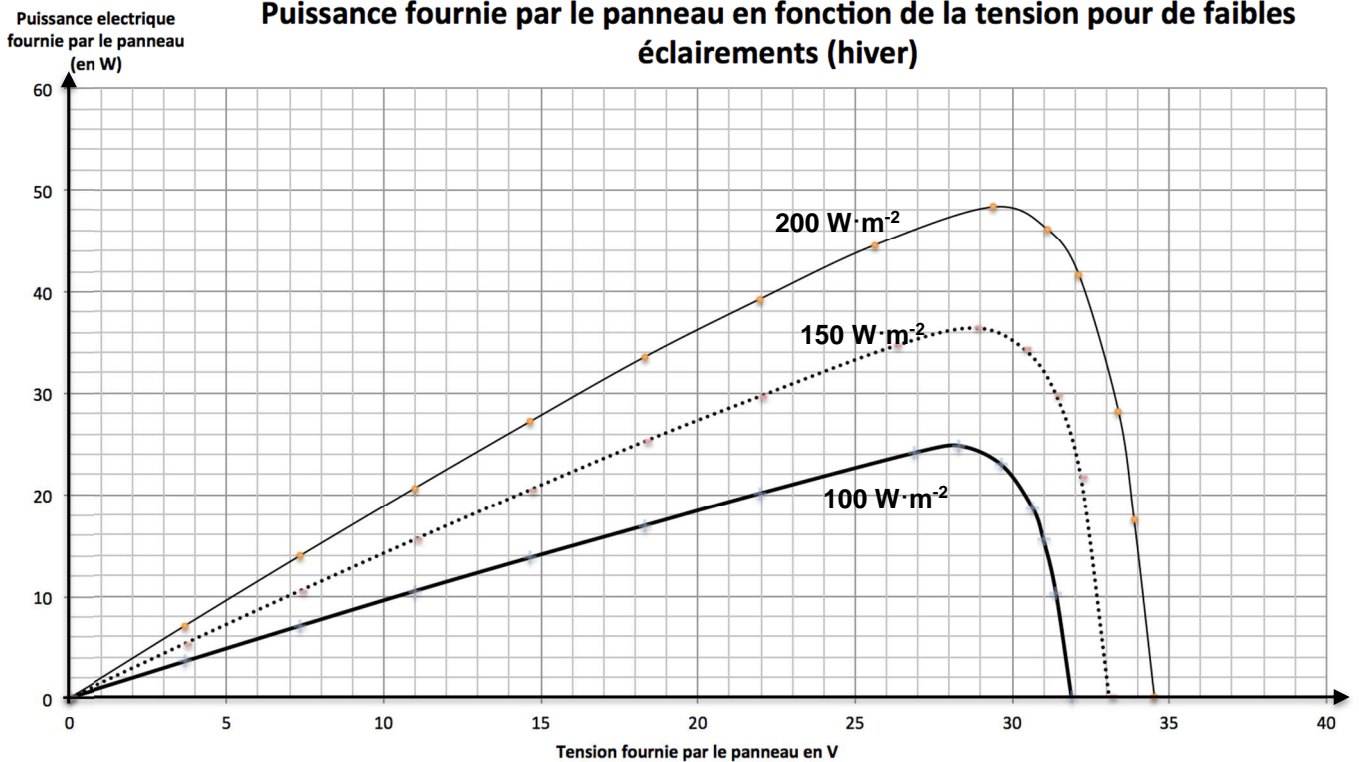
<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE</b> Épreuve E.4.1 : Étude d'un système technique industriel-Pré-étude et modélisation	Repère : 20 NC-EQPEM	<b>SESSION</b> Page 18/21
--	----------------------	------------------------------

Document-réponse 1 à rendre avec la copie

Puissance fournie par le panneau en fonction de la tension pour de forts éclairements (été)

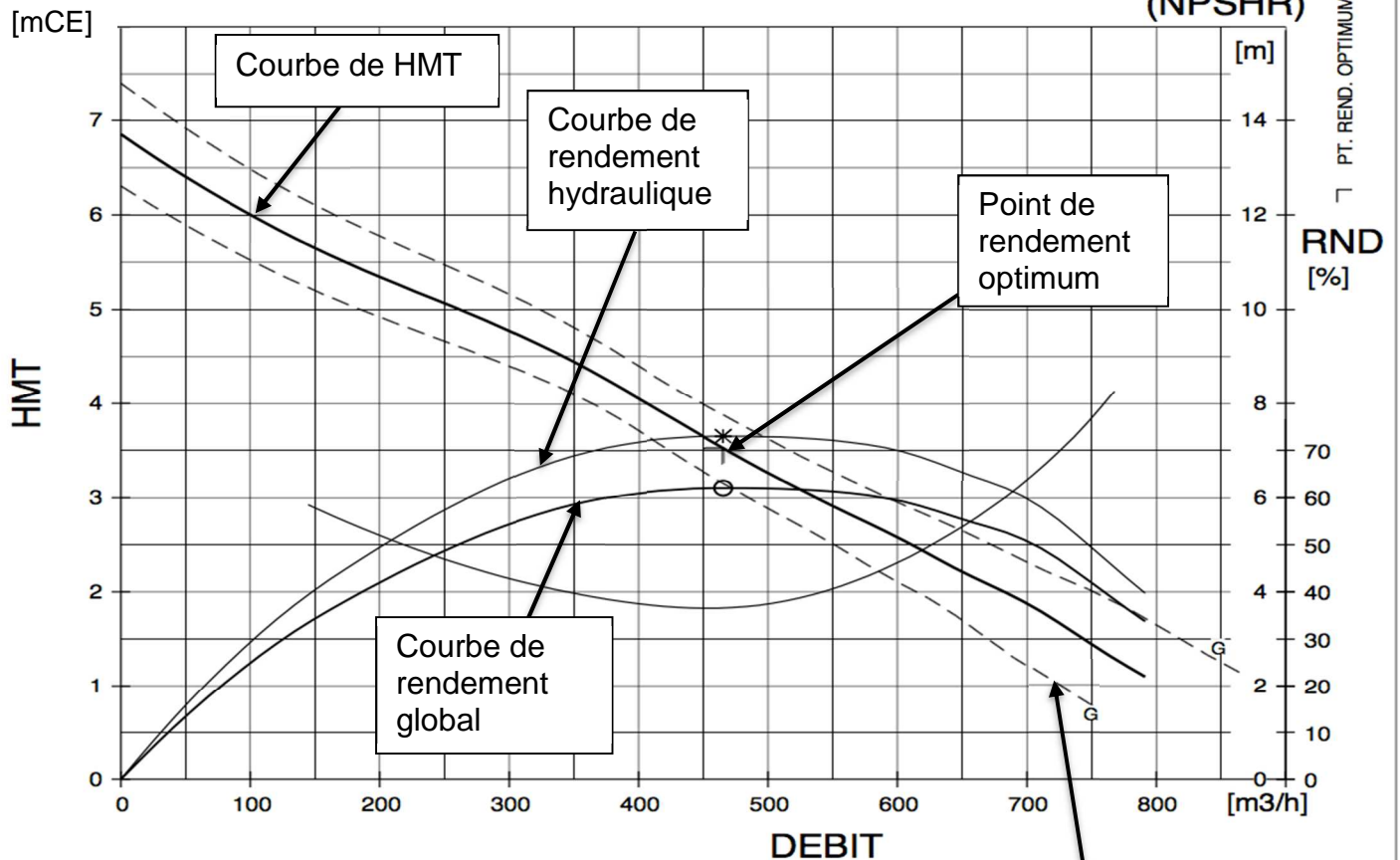
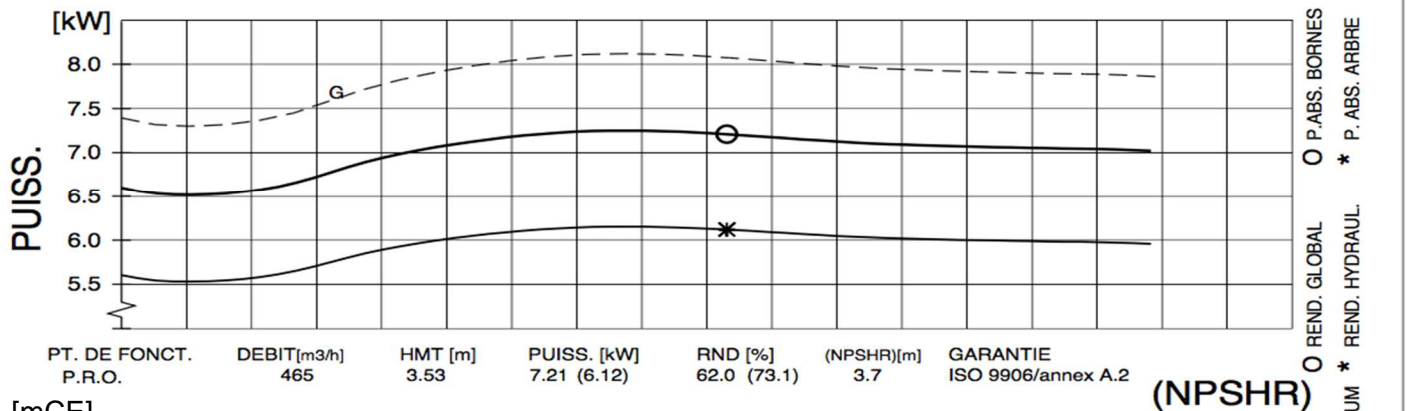


Puissance fournie par le panneau en fonction de la tension pour de faibles éclairements (hiver)



## Document-réponse 2 à rendre avec la copie

<b>COURBE DE PERFORMANCE</b>		PRODUIT <b>CZ3152.181</b>	TYPE <b>LT</b>
DATE <b>2015-04-16</b>	PROJET	COURBE N° <b>53-620-00-6820</b>	VERS. <b>5</b>
COS PHI MOTEUR <b>0.87</b>	1/1-CHARGE <b>0.87</b>	3/4-CHARGE <b>0.83</b>	1/2-CHARGE <b>0.75</b>
REND. MOTEUR <b>83.5 %</b>			
REND. REDUCTEUR <b>---</b>			
COMMENTAIRES	ENTREE/SORTIE <b>250/250 mm</b>	P. NOMINALE MOTEUR... <b>8.8 kW</b>	DIAMETRE ROUE <b>244 mm</b>
	PASSAGE LIBRE <b>102 mm</b>	COURANT DE DEMARRAGE... <b>87 A</b>	MOTEUR <b>25-15-6AA</b>
		COURANT NOMINAL... <b>18 A</b>	STATOR <b>39D</b>
		VITESSE NOMINALE... <b>955 rpm</b>	REV. <b>11</b>
		MOMENT INERTIE GROUPE <b>---</b>	FREQ. <b>50 Hz</b>
		NB DE CANAUX <b>2</b>	PHASES <b>3</b>
			TENSION <b>400 V</b>
			POLES <b>6</b>
			REDUCTEUR <b>---</b>
			RAPPORT <b>---</b>



(NPSHR) = (NPSH3) + marge

Performances en eau claire - Caract. moteur pour 40 °C.

GARANTIE ENTRE LES COURBES LIMITES (G) SELON

**ISO 9906/annex A.2**

