

ÉTUDES DE CAS

Quand le soleil chasse la

PATRICK HOUÉE^[1]

Voici deux études de cas sur dossier technique pour le premier trimestre de classe terminale de STI2D se rapportant aux centres d'intérêt liés à l'énergie dans le domaine de la construction. La première s'inscrit dans l'enseignement technologique transversal, et la seconde est relative à l'enseignement de spécialité « énergie et environnement ».

Le projet

La commune de Vezin-le-Coquet (35) à proximité de Rennes a construit une médiathèque à côté de l'école primaire Éric-Tabarly. La commune, sensibilisée au développement durable, a entrepris une démarche dans cette voie pour la construction de la médiathèque **1**. Une installation, répondant au cahier des charges dont un extrait est donné en encadré, a donc été créée pour récupérer les eaux de pluie dans une cuve de stockage afin d'alimenter les toilettes de la médiathèque et celles de l'école Éric-Tabarly voisine. En cas de manque d'eau pluviale, il est prévu d'alimenter ces toilettes à partir du réseau d'eau de la ville. La solution utilise une pompe alimentée à partir de deux sources d'énergie électrique,

mots-clés

énergie, pédagogie

une source ondulée et le réseau ERDF. La source ondulée est générée par une installation photovoltaïque alimentant des batterie **2**. L'ensemble de la structure de l'installation est donné en **3**.

Le fonctionnement de la partie hydraulique

La fonction principale de la partie hydraulique est de permettre l'utilisation des eaux de pluie en substitution de l'eau potable payante du réseau. À partir des eaux de pluie récupérées par gravité dans une cuve enterrée de 7 500 litres, on va alimenter les toilettes de la médiathèque et de l'école Éric-Tabarly à l'aide de la pompe **4**. Dans le cas où il n'y a plus d'eau dans la cuve, l'alimentation des toilettes se fait par le réseau d'eau de la ville. Le passage des eaux pluviales à l'eau de ville se fait par l'intermédiaire de la détection de manque d'eau (détecteur de niveau bas par flotteur de type poire) dans la cuve de récupération. Le contact du détecteur est actionné lorsque la cuve se remplit d'eau. Il est utilisé pour commander la vanne 3 voies **5** (contact actionné, priorité à l'eau de pluie ; contact non actionné, priorité à l'eau de ville). Le détecteur permet également d'inhiber le fonctionnement de la pompe en cas de manque d'eau. L'ensemble de la commande hydraulique est confiné dans un local **6**.

[1] Professeur de génie électrique au lycée Joliot-Curie de Rennes (35).

Extraits du cahier des charges et du DOE

Extrait du cahier des charges pour la réalisation de l'installation

Article 2.09. Récupération des eaux de pluie

L'entreprise devra prévoir la fourniture et la pose d'un ensemble de récupération des eaux de pluie pour l'alimentation des réservoirs de chasse des WC et du robinet de puisage extérieur, qui comprendra :

- Une cuve de récupération des eaux pluviales en polypropylène, d'une capacité de 7 500 litres, installée sur un radier et une enveloppe en béton à la charge du gros œuvre
- Une pompe immergée avec aspiration flottante, type IXO RWS de chez KSB ou équivalent, à disposer dans la cuve, et comprenant :
 - une pompe centrifuge monobloc multicellulaire pour fonctionnement immergé (IP 68)
 - un moteur 2 pôles 50 Hz avec protection thermique intégrée
 - un dispositif d'aspiration flottant, avec 1,5 m de tuyau, un clapet de crépine et un flotteur
- Un système de commande de l'installation type HYA-RAIN NU de chez KSB ou équivalent, comprenant :
 - un automate de commande et de surveillance de la pompe
 - le système de commande de l'installation
 - le réservoir de remplissage
 - le kit de montage
 - une vanne permettant le basculement automatique de l'alimentation sur le réseau de la ville si la cuve est vide
 - une alimentation électrique depuis le disjoncteur prévu par le lot chauffage-ventilation dans l'armoire de chaufferie

Article 2.10. Panneaux photovoltaïques

Le titulaire du présent lot devra fournir, pose et raccordement de panneaux solaires (4 unités) sur l'espace jardin pour l'alimentation électrique de la station de récupération des eaux de pluie, panneaux photovoltaïques équipés avec leur système de batteries avec régulateur et onduleur.

Prévoir l'ensemble des liaisons et asservissements pour l'alimentation électrique de la station de récupération des eaux de pluie depuis les panneaux solaires, ainsi que le système de relayage avec alimentation électrique normale. Il sera prévu un asservissement automatique (alimentation électrique normale dans le cas où la puissance électrique fournie par les panneaux solaires est insuffisante).

Extrait du DOE (dossier d'ouvrages exécutés)

Description de l'installation photovoltaïque

Les modules sont assemblés mécaniquement sur une structure métallique pour former un champ. L'énergie produite (75 % des besoins annuels) par le champ est transformée en énergie utilisable par le réseau grâce à l'onduleur. Les batteries d'accumulateurs stockent l'énergie produite par les modules pour assurer l'alimentation des récepteurs en toute période (jour ou nuit). Lorsque le niveau des batteries est trop faible, l'installation est alimentée par le réseau électrique.

L'installation est composée du matériel suivant :

- 6 modules photovoltaïques Total Énergie TE 850 A1 90 Wc
- 1 contrôleur de charge de batterie SunSaver 20 A - 24 V
- 4 batteries ACD 6000 215 Ah - 12 V
- 1 onduleur Cristec 24 V - 2 000 VA

pluie

La distance entre la cuve et la pompe est de 17 m, et la distance entre la pompe et les toilettes les plus éloignées est de 28 m.

En fonctionnement avec l'eau de pluie, si l'on tire une chasse d'eau, la pompe est automatiquement mise en fonctionnement par la chute de pression détectée par le régulateur de pression Presscontrol **4** placé en série avec la pompe. Ce dernier maintient une pression constante de 3 bars entre la pompe et le réservoir de la chasse pendant l'utilisation. Lorsque le réservoir est plein, il détecte une augmentation de la pression et arrête la pompe, puis rétablit le maximum de pression dans l'installation et se met en attente pour la prochaine ouverture de chasse. Il permet également de détecter le manque d'eau ; dans ce cas, la pompe est mise hors service.

La pression dans le circuit hydraulique est de 3 bars avec un débit de 3 m³/h.

Le fonctionnement de la partie énergétique

La pompe de relevage des eaux pluviales est alimentée prioritairement par le réseau ondulé d'énergie stockée dans les batteries. Si celles-ci sont chargées, on alimente la pompe par le réseau ondulé ; dans le cas contraire, c'est le réseau ERDF qui prend le relais.

Pour alimenter le réseau ondulé, on se sert de panneaux solaires photovoltaïques qui vont charger les batteries, via le régulateur de charge. La tension aux niveaux des batteries étant de 24 Vdc et celle alimentant la pompe de 230 Vac, l'énergie des batteries est adaptée par un onduleur. L'autonomie des batteries est de 7 jours. Le schéma électrique de principe est donné en **7**.

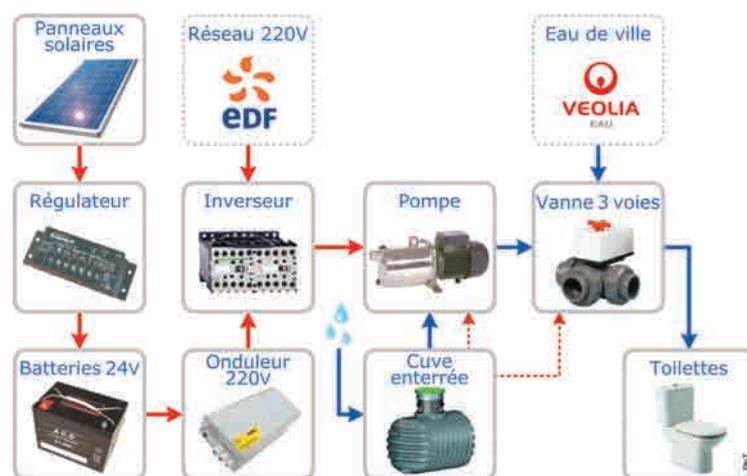
La distance entre les panneaux photovoltaïques et le local de l'installation solaire est de 17 m, ainsi qu'entre l'onduleur et la pompe.



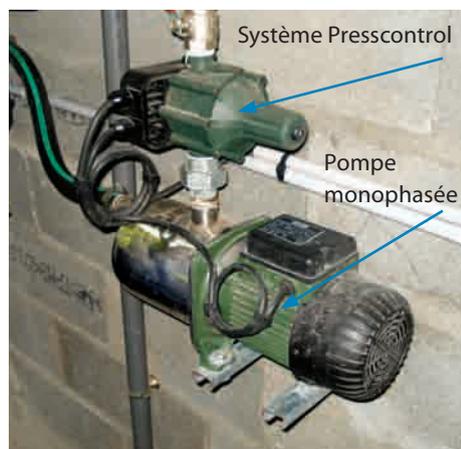
1 La médiathèque



2 Les panneaux solaires



3 La structure globale de l'installation



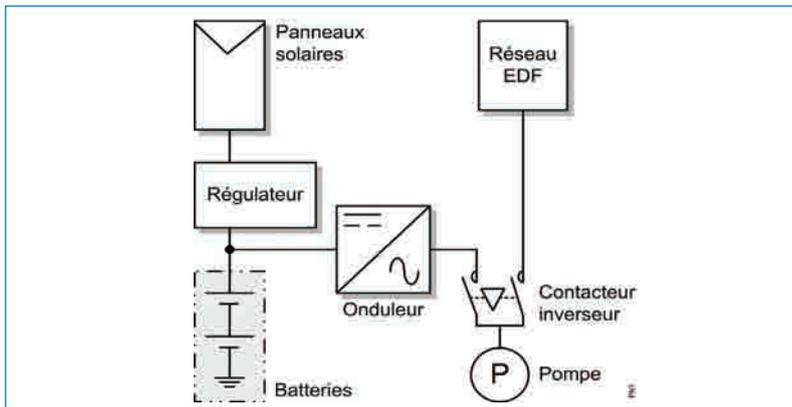
4 La pompe et sa sécurité



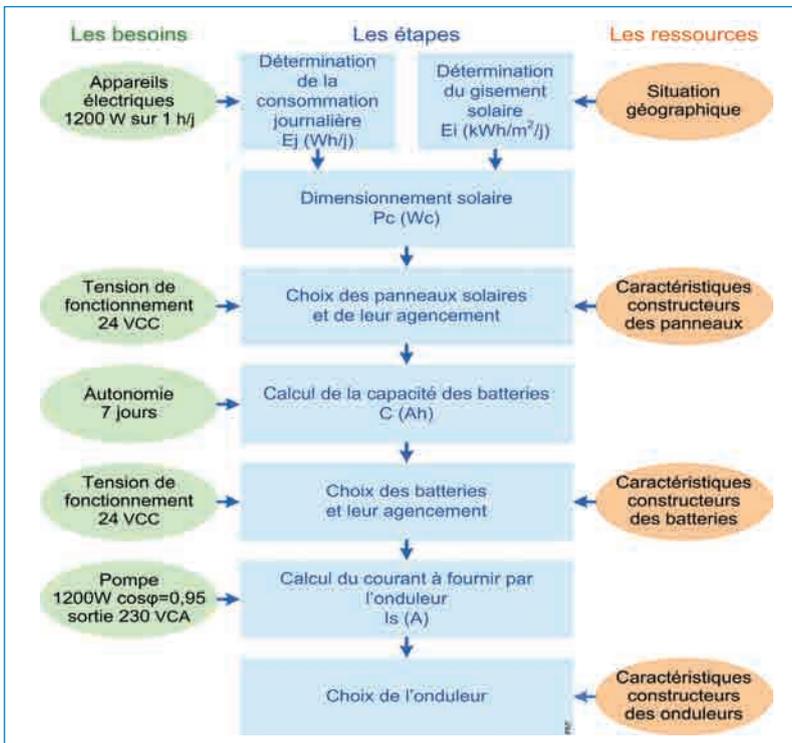
5 La vanne 3 voies et le réservoir



6 L'ensemble hydraulique (pompe, commande de pompe, vanne 3 voies)



7 Le schéma électrique de principe



8 La démarche d'étude d'une installation photovoltaïque

Le dimensionnement de l'installation photovoltaïque

Cette activité est relative à l'enseignement technologique transversal. Il s'agit d'une étude de cas sous forme de travaux dirigés d'application ayant pour objectif le dimensionnement du champ solaire, des batteries et de l'onduleur. Programmée au premier trimestre d'une classe terminale, elle est prévue sur une durée totale de 2 heures. Elle peut être menée en classe entière en TD, ou bien par un ou plusieurs binômes durant une séance d'activités pratiques, pendant que d'autres groupes manipulent sur des systèmes avec le même centre d'intérêt.

On propose aux élèves de travailler sur un dossier technique pour étudier et construire progressivement l'installation photovoltaïque du bâtiment écologique. Ce dossier technique comporte :

- la présentation de l'installation avec l'extrait du cahier des charges donné en encadré ;
- une ressource technologique relative aux installations photovoltaïques sur laquelle les élèves vont s'appuyer

pour étudier le cas de notre bâtiment (déjà publiée dans le numéro 175 de la revue sous le titre « Une installation photovoltaïque en site isolé »). Tout ou partie de cette ressource peut faire l'objet d'un cours en amont de cette séance ;

- l'ensemble des fiches techniques des composants industriels, panneaux, régulateurs, onduleur et batteries (téléchargeables sur le site STI de l'académie de Paris, <http://sti.ac-paris.fr>, Ressources > Bac STI2D > « Ressources pour les STI2D : une installation photovoltaïque en site isolé ») ;
- une méthodologie qui guide la démarche d'étude d'une installation de ce type 8 ;
- un document qui collectera les réponses attendues aux différentes étapes de l'étude (les réponses sont ici en italique).

Remarque : Nous avons voulu donner tous les éléments de la résolution du problème, c'est pourquoi le travail tel qu'il est présenté ci-après pourra sembler très guidé – mais chacun saura l'adapter à ses pratiques habituelles. Idéalement, les élèves devront réfléchir en groupe ou en binôme à partir d'une problématique générale posée en début de séance, le seul élément de guidance étant alors la méthodologie 8.

Le travail demandé

Le bilan de consommation d'énergie journalière de la pompe en considérant qu'elle fonctionne 1 heure par jour est de : $1\ 200\ Wh/j$.

L'installation se trouvant à Vezin-le-Coquet (à 5 km à l'ouest de Rennes), on utilise la carte de l'ensoleillement de la France afin d'exprimer puis de calculer la puissance crête totale nécessaire :

$$P_c = E_j / (0,6 \times E_i) \\ = 1\ 200 / (0,6 \times 3\ 600) \\ = 555\ Wc$$

E_j : consommation journalière

E_i : gisement solaire

On fait le choix des panneaux solaires de type multicristallin (TE 10400 de Total Énergie) pour un fonctionnement en 24 V.

La puissance typique d'un panneau est de : $90\ Wc$.

La puissance totale nécessaire est de : $555\ Wc$.

Il faut donc : $6\ panneaux$.

La puissance totale des panneaux est :

$$6 \times 90 = 540\ Wc$$

Le choix du modèle de panneaux dans la gamme Total Énergie doit se porter sur la référence : *TE 850A1 de 90 Wc*.

Ils délivrent une intensité à puissance maximale de : $5\ A$.

Le schéma de raccordement des panneaux pour la solution en 24 V est donné en 9.

L'intensité maximale disponible sera de : $15\ A$ sous une tension de 24 V.

On s'est fixé une autonomie de 7 jours. La tension en sortie des batteries sera de 24 V, et on utilisera

des batteries solaires dont le coefficient de décharge profonde (D_p) est de 0,8. L'expression de la capacité nécessaire est :

$$\begin{aligned} C &= (N_j \times E_j) / (D_p \times U) \\ &= (7 \times 1\,200) / (0,8 \times 24) \\ &= 437,5 \text{ Ah} \end{aligned}$$

La mise en série de deux batteries de 12 V permet d'obtenir une tension de 24 V.

La capacité d'une batterie 12 V devra alors être de : 215 Ah.

D'après la capacité nécessaire calculée, il faudra une mise en dérivation de deux associations en série de batteries de 12 V pour obtenir la capacité requise.

La capacité totale obtenue avec 4 batteries sera :

$$215 \times 2 = 430 \text{ Ah}$$

Le schéma de raccordement des batteries en 24 V est donné en 10.

On choisira la batterie de référence : ADC 6000 215 Ah 12 V.

Le choix de l'onduleur nécessite de calculer le courant dans la pompe pour une puissance de 1 200 W, un $\cos \varphi$ de 0,95 et une tension d'alimentation de 230 V. Le choix de l'onduleur se fera pour un fonctionnement en 24 Vdc en entrée et de 230 Vac sinusoïdal en sortie.

Calcul du courant :

$$\begin{aligned} I_s &= P / U \cos \varphi \\ &= 1\,200 / 230 \times 0,95 = 5,49 \text{ A} \end{aligned}$$

On choisit un onduleur de puissance $P = 2\,000 \text{ W}$.

D'où le choix de l'onduleur de référence dans la gamme Cristec : Solo 24 V 2 000 W.

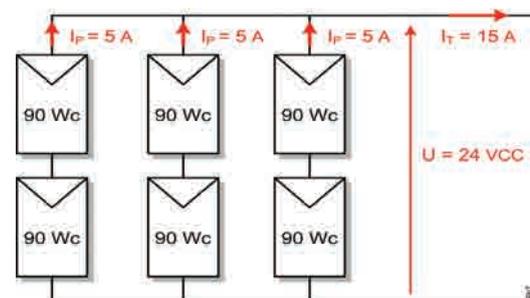
Le choix et le dimensionnement de la pompe

La seconde activité concerne l'enseignement de spécialité « énergie environnement » (EE). Il s'agit d'une étude de cas sous forme de travaux dirigés d'application ayant pour objectif le choix et le dimensionnement de la pompe de récupération des eaux de pluie. Cette séance programmée au premier trimestre d'une classe terminale est prévue sur une durée de 2 heures. Il serait souhaitable qu'elle fasse suite à la précédente sur l'installation photovoltaïque.

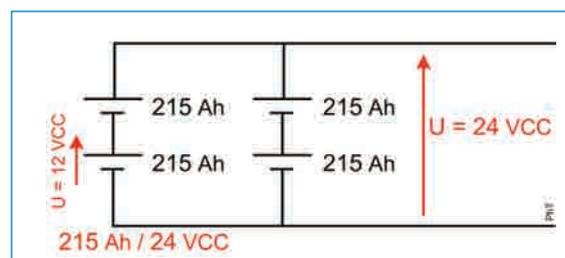
On propose aux élèves de travailler sur un dossier technique, qui comporte nécessairement :

- la présentation de l'installation avec son cahier des charges ;
- une ressource technologique, à savoir l'extrait de la documentation technique des pompes Leroy-Somer donné en encadré ;
- la fiche technique de la pompe industrielle (téléchargeable sur le site STI de l'académie de Paris.) ;
- un document qui collectera les réponses attendues aux différentes étapes de l'étude (les réponses sont ici en italique).

Remarque : Là encore, le questionnement linéaire séquentiel peut être adapté par chaque enseignant. Idéalement, les élèves seront invités à mener une réflexion collective de résolution de problème.



9 Le schéma de raccordement des panneaux



10 Le raccordement des batteries en 24 V

Mise en situation

On capte l'eau dans la cuve à l'aide de la pompe centrifuge qui alimentera les toilettes, la pompe étant alimentée soit par le réseau ondulé soit par le réseau ERDF.

Le schéma de l'installation est donné 11, ainsi que L_a la longueur de la canalisation d'aspiration et L_r la longueur de la canalisation de refoulement.

La pompe est alimentée en monophasé. Son rendement hydraulique (η_h) est de 0,47.

L'activité de conception et de dimensionnement du circuit hydraulique comporte trois parties successives :

- Le calcul des caractéristiques de la pompe
- Le choix de la pompe
- La validation de l'installation

Le travail demandé

Les caractéristiques de la pompe

Données de l'installation :

Débit : 3 m³/h

Pression utile : 3 bars = 30 mCE

(mètres de Colonne d'Eau)

HGA (Hauteur Géométrique d'Aspiration) = 2 m

L_a = 17 m

HGR (Hauteur Géométrique de Refoulement) = 3 m

L_r = 28 m

Dimension de la tuyauterie : 26/34

Il faut tout d'abord déterminer la hauteur manométrique à l'aspiration HMA, puis la perte de charge à l'aspiration à l'aide du tableau des pertes de charge extrait de la documentation technique (figure 12 de l'encadré) :

$$HMA = HGA + \text{pertes de charge}$$

Pour un tuyau 26/34, le tableau donne 210 mmCE/m = 0,21 mCE/m.

Les pertes de charge pour la longueur totale du tuyau d'aspiration ($L_a = 17 \text{ m}$) s'élèvent à :

$$\text{Pertes} = 0,21 \times L_a = 0,21 \times 17 = 3,57 \text{ mCE}$$

La hauteur manométrique à l'aspiration HMA est donc :

$$HMA = 2 + 3,57 = 5,57 \text{ m}$$

Extrait de la documentation technique des pompes Leroy-Somer

Le débit

Le débit volumétrique est la quantité d'eau par unité de temps à la sortie de la pompe. Cette quantité notée Q_v s'exprime en mètres cubes par heure, notée m^3/h .

Les pertes de charge

Tout liquide véhiculé à l'intérieur d'une tuyauterie est soumis à des contraintes de résistance d'écoulement appelées « pertes de charge ». Cette perte de charge ($\Delta_p = p1 - p2$) se traduit par une perte de pression entre un point A (à la pression $p1$) d'une canalisation et un point B (à la pression $p2$) en amont de A par rapport au sens de l'écoulement. Ces pertes de charge – pour faciliter les calculs – peuvent s'exprimer en mètres de colonne d'eau (mCE) et sont liées à la section du tuyau, au débit véhiculé, à la forme de la tuyauterie et à la température de l'eau. On sait que 10 mCE provoque une pression de 1 bar.

Détermination du produit

Pour la détermination d'une pompe en calculant sa puissance, il est impératif de connaître :

- le débit (Q) en m^3/h
- la hauteur manométrique totale (HMT) en mCE

Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)

$HMT = HMA + HMR$

Avec $HMA = HGA + \Delta_{pa}$ et $HMR = HGR + \Delta_{pr} + p_u$

HGA : hauteur géométrique d'aspiration. C'est la différence de niveau entre le point le plus bas de la canalisation d'aspiration (en amont de la pompe) et la pompe elle-même. Elle s'exprime en mètres.

HGR : hauteur géométrique de refoulement. C'est la différence de niveau entre la pompe elle-même et le point le plus élevé de la tuyauterie de refoulement (en aval de la pompe). Elle s'exprime en mètres.

Δ_{pa} : Perte de charge dans la tuyauterie d'aspiration, exprimée en mCE
 Δ_{pr} : Perte de charge dans la tuyauterie de refoulement, exprimée en mCE

p_u : Pression utile, exprimée en mCE

Pour faire la conversion de pression en mCE : 1 bar = 10 mCE

Exemple de calcul pour l'installation d'une pompe de surface a

Caractéristiques voulues

Débit : 2 m^3/h

Pression utile : 1,3 bar = 13 mCE

Données de l'installation

HGA = 4 m ; L_a = 7 m (longueur de la canalisation d'admission)

HGR = 6 m ; L_r = 60 m (longueur de la canalisation de refoulement)

Dimension recommandée de la tuyauterie : 26/34

Détermination de la perte de charge dans la tuyauterie par mètre de tuyau b

$\Delta_p = 90 \text{ mmCE/m} = 0,09 \text{ mCE/m}$

Hauteur manométrique d'aspiration

$HMA = HGA + \Delta_{pa}$

$HMA = 4 \text{ m} + (0,09 \times 7) = 4,63 \text{ mCE}$

Hauteur manométrique de refoulement

$HMR = HGR + \Delta_{pr} + p_u$

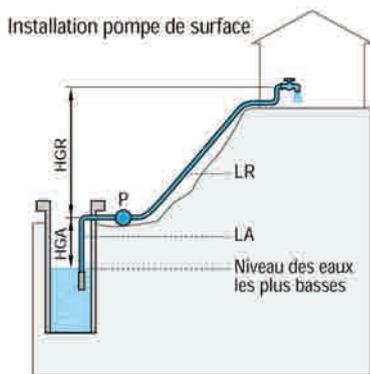
$HMR = 6 \text{ m} + (0,09 \times 60) + 13 = 24,40 \text{ mCE}$

Hauteur manométrique totale

$HMT = HMA + HMR$

$HMT = 4,63 + 24,40 = 29 \text{ mCE}$

Il faut donc une pompe capable de délivrer un débit de 2 m^3/h avec une pression équivalant à une hauteur manométrique totale HMT de 29 mCE.



a Installation d'une pompe de surface

Débit en m^3/h	15/21 1/2"	20/27 3/4"	26/34 1"	33/42 1" 1/4	40/49 1" 1/2	50/60 2"	60/70 2" 1/4	66/76 2" 1/2	80/90 3"	102/ 114 4"	125	150	175
0,2	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	100	20	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	200	40	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	400	80	21	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	-	170	50	10	5	1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	330	90	20	9	3	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	210	45	22	6	3	1	-	-	-	-	-

b Le tableau de pertes de charge

Il faut ensuite déterminer la hauteur manométrique au refoulement HMR, puis la perte de charge au refoulement à l'aide du tableau des pertes de charge **b** :

$HMR = HGR + \text{pertes au refoulement} + \text{pression nécessaire}$

Pour un tuyau 26/34, le tableau donne 210 mmCE/m = 0,21 mCE/m.

On en déduit que les pertes de charge pour la longueur de refoulement ($L_r = 28 \text{ m}$) s'élèvent à :

$\Delta_r = 0,21 \times 28 = 5,88 \text{ mCE}$

La hauteur manométrique au refoulement est :

$HMR = 3 + 5,88 + 30 = 38,88 \text{ m}$

On peut déterminer la hauteur manométrique totale :

$HMT = HMA + HMR = 5,57 + 38,88 = 44,45 \text{ m}$

Il faut finalement déterminer la puissance hydraulique nécessaire (P_h) en watts, sachant que

$P_h = \rho Q_v = \rho g HMT Q_v$

P_h en W

ρ en kg/m^3 (ici $\rho = 1000$)

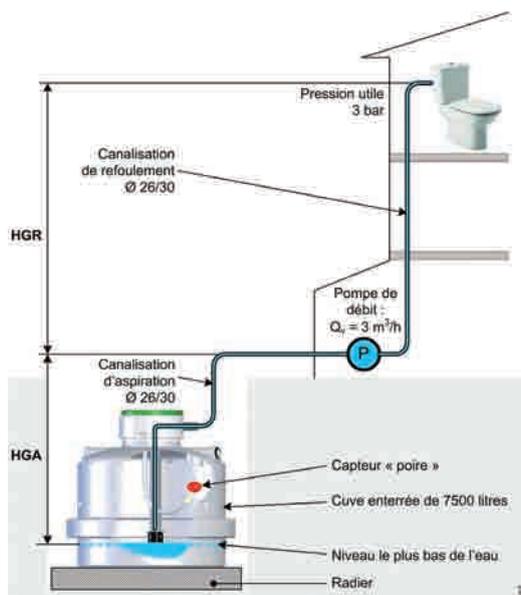
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Q_v en m^3/s

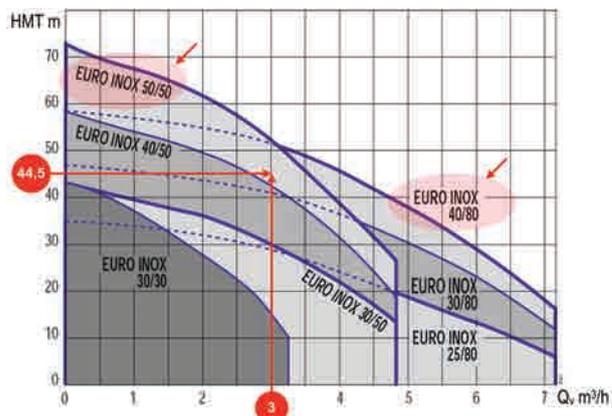
HMT en mCE

$P_h = 1000 \times 9,81 \times 3 \times 44,45 / 3600$

$= 363,37 \text{ W}$



11 Le schéma de l'installation



12 L'abaque HMT = f(Q_v)

Type	Code	Caractéristiques électriques					Caractéristiques hydrauliques (v = 2800 tr/min)													
		Alimentation	P 1 Maxi kW	P 2 Nominale kW	HP	Ampères A	Condensateur μF	Vc	Q											
		50 Hz						m ³ /h												
EURO INOX 30/30 M	030080	1 x 220-240 V	0,720	0,45	0,6	3,2	12,5	450	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	6	7,2
EURO INOX 30/30 T	030085	3 x 230-400 V	0,700	0,45	0,6	2,2 - 1,3	-	-	0	10	20	30	40	50	55	60	70	80	-	-
EURO INOX 30/50 M	030100	1 x 220-240 V	0,880	0,55	0,75	3,9	12,5	450	46	42,2	37,8	31,2	23,3	14,3	9,5	-	-	-	-	-
EURO INOX 30/50 T	030105	3 x 230-400 V	0,870	0,55	0,75	2,8 - 1,6	-	-	42,2	40,2	38,2	36,2	33,8	30	27,5	24,8	19,5	14	-	-
EURO INOX 40/50 M	030110	1 x 220-240 V	1,200	0,75	1	5,3	20	450	57,7	55,3	52,8	50,1	47,1	42,7	39,5	35,8	28	19,2	-	-
EURO INOX 40/50 T	030115	3 x 230-400 V	1,180	0,75	1	3,8 - 2,2	-	-	72	68,5	65,5	62,1	58,2	52,2	48	43,6	34,5	26	-	-
EURO INOX 50/50 M	030120	1 x 220-240 V	1,480	1	1,36	6,3	25	450	34	33,7	33,2	32	30,5	28,7	27,5	26	23,9	21	14,5	6,3
EURO INOX 50/50 T	030125	3 x 230-400 V	1,440	1	1,36	4,4 - 2,5	-	-	47,3	47	46,3	45,2	43,5	41	39,9	38	34,8	31	23	12
EURO INOX 25/80 M	030130	1 x 220-240 V	0,880	0,55	0,75	3,9	12,5	450	59	56	51	46	34	51	49,5	47,5	43,8	39,5	29,5	16
EURO INOX 25/80 T	030135	3 x 230-400 V	0,870	0,55	0,75	2,8 - 1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EURO INOX 30/80 M	030140	1 x 220-240 V	1,200	0,8	1,1	5,3	20	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EURO INOX 30/80 T	030145	3 x 230-400 V	1,180	0,8	1,1	3,8 - 2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EURO INOX 40/80 M	030150	1 x 220-240 V	1,480	1	1,36	6,5	25	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EURO INOX 40/80 T	030155	3 x 230-400 V	1,440	1	1,36	4,4 - 2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

13 Le tableau de caractéristiques

Janvier	66,2
Février	53
Mars	54,3
Avril	51,9
Mai	55,6
Juin	55,2
Juillet	54,4
Août	53,5
Septembre	56,3
Octobre	76,5
Novembre	78,4
Décembre	74,5
TOTAL	729,80

14 Le tableau des précipitations théoriques à Rennes en L/m² (= mm/m²)

Le choix de la pompe

À partir de la documentation sur les pompes centrifuges multicellulaires, on détermine sur l'abaque HMT = f(Q_v) le type de pompe à utiliser 12 :

$$HMT = 44,45 \text{ m}$$

$$Q_v = 3 \text{ m}^3/\text{h}$$

En utilisant l'abaque, deux modèles de pompe peuvent convenir : Euro Inox 40/80 et Euro Inox 50/50.

En exploitant le tableau de caractéristiques 13, on vérifie bien que les modèles conviennent pour une puissance électrique absorbée :

$$P_a = 1480 \text{ W en monophasé}$$

$$P_a = 1440 \text{ W en triphasé}$$

La validation de l'installation

À partir du tableau 14 des précipitations théoriques à Rennes, données en L/m² (= mm/m²), et connaissant la surface de captage de l'eau de la toiture, estimée à 360 m², on peut calculer le volume d'eau annuel récupérable :

$$V_r = 729,8 \times 360 = 262\,728 \text{ L}$$

$$= 262 \text{ m}^3/\text{an}$$

On estime que les toilettes sont utilisées par 90 personnes deux fois par jour ; la quantité par chasse étant de 6 L d'eau et l'école fonctionnant 5 jours par semaine pendant 33 semaines, le volume d'eau utilisé est :
 $V_e = 33 \times 5 \times 90 \times 2 \times 6 = 178\,200 \text{ L} = 178,2 \text{ m}^3/\text{an}$
 Le volume récupérable couvre bien les besoins en eau sur une année.

On peut déterminer les économies réalisées sur l'année, sachant que le prix TTC du mètre cube d'eau est de 1,80 €.

L'économie sur la facture d'eau se monte à :

$$1,80 \times 178 = 320,4 \text{ €/an}$$

Resterait à calculer la durée d'amortissement d'un tel investissement en comptabilisant la maintenance du matériel et en tenant compte de la durée de vie des principaux composants – la pompe, le régulateur de pression Presscontrol et la vanne. Par ailleurs, la capacité de récupération étant de 262 m³/an, les gains pourraient être supérieurs si l'eau pluviale était affectée à des usages complémentaires comme le nettoyage des locaux ou l'arrosage des espaces verts. ■