

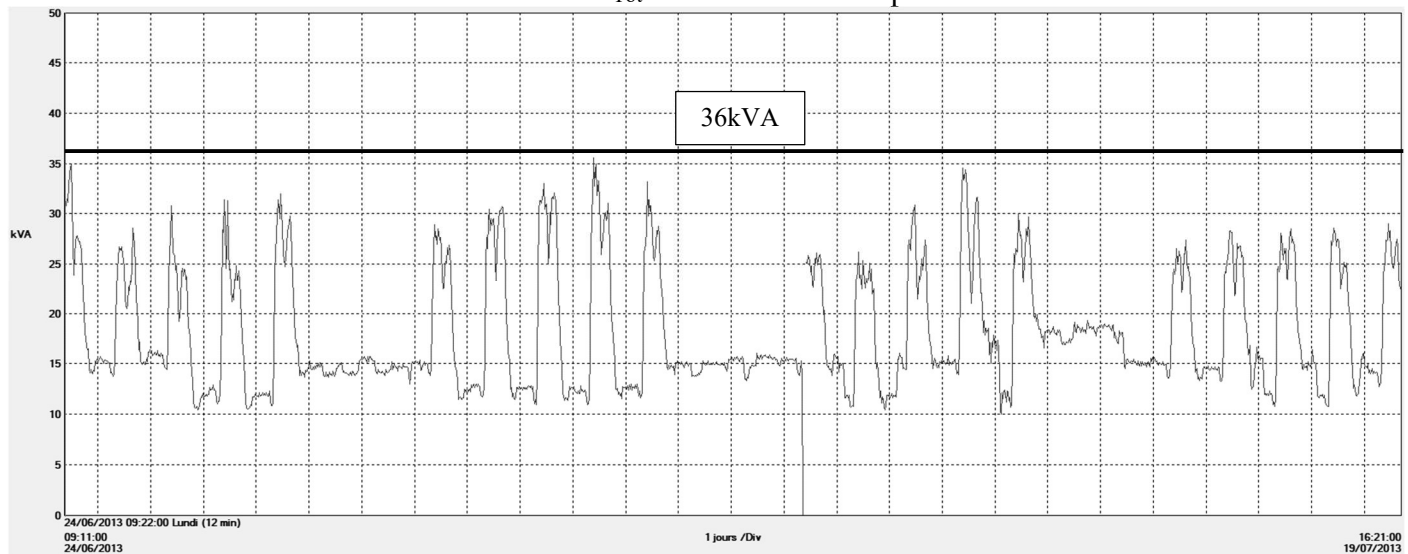


|                                                                   |                                           |                                   |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Act 6 Corrigé succinct</b><br><b>Analyse Fichier PEL Lycée</b> |                                           | <b>BTS 2<br/>ELT</b><br><br>1 / 8 |
| Pôle :                                                            | <b>Analyse diagnostic maintenance U51</b> | ADM                               |

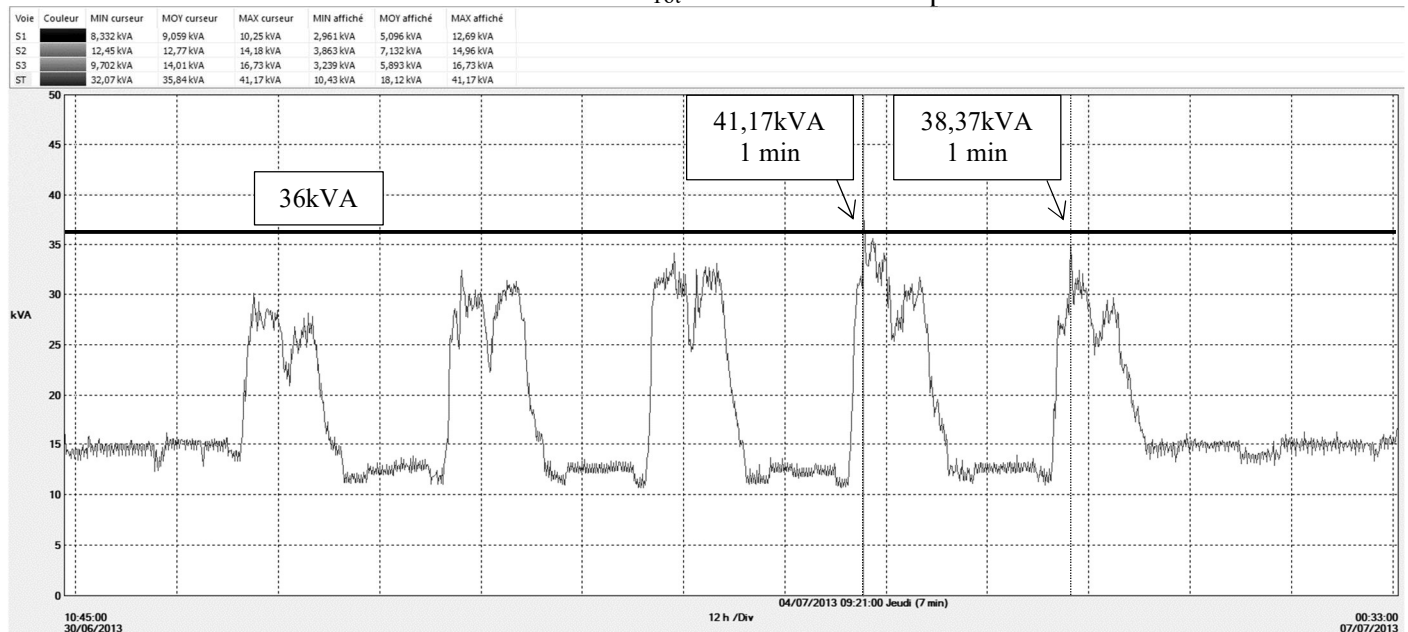
### Analyse dimensionnelle énergétique comparative du futur lycée

Puissance active maximale consommée : 39,55 kW  
Puissance active moyenne consommée : 17,26 kW  
Puissance réactive maximale consommée : 15,28 kVAR  
Puissance réactive moyenne consommée : 5,2 kVAR  
Puissance apparente maximale consommée : **41,17 kVA**  
Puissance apparente moyenne consommée : **18,2 kVA**

Courbe  $S_{Tot}$  en fonction du temps



Zoom courbe  $S_{Tot}$  en fonction du temps



#### ➤ P souscrite sans compensation

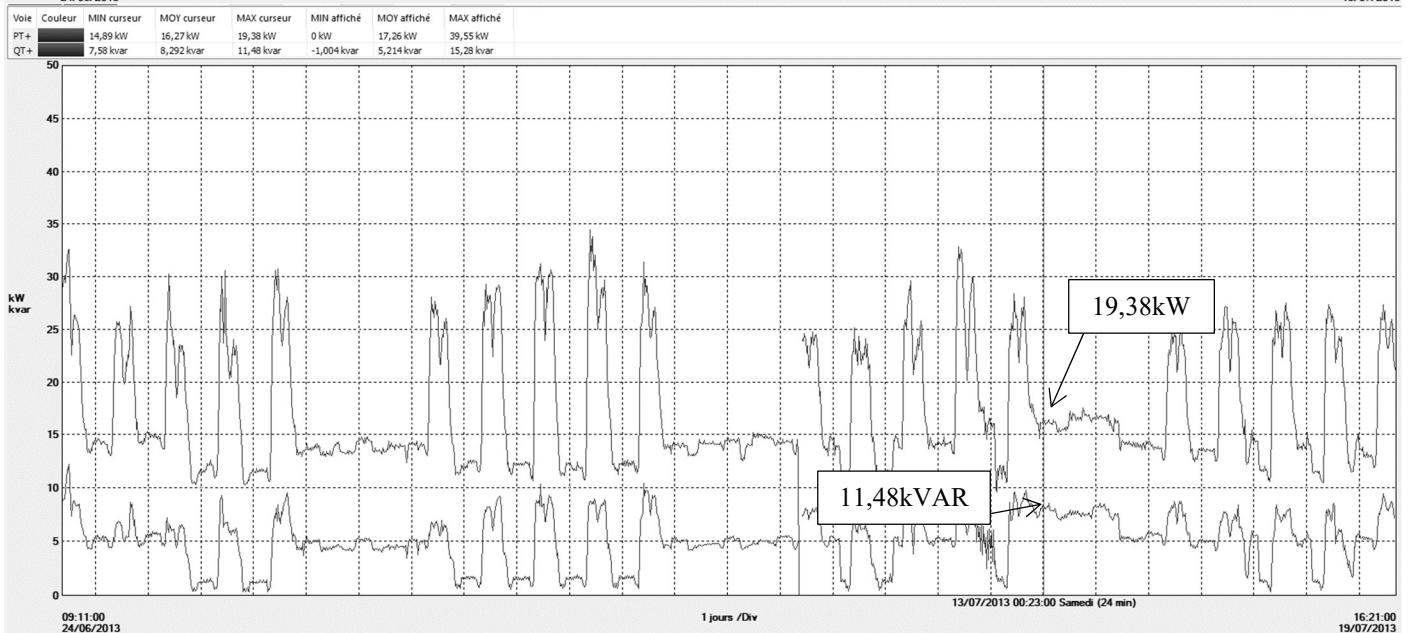
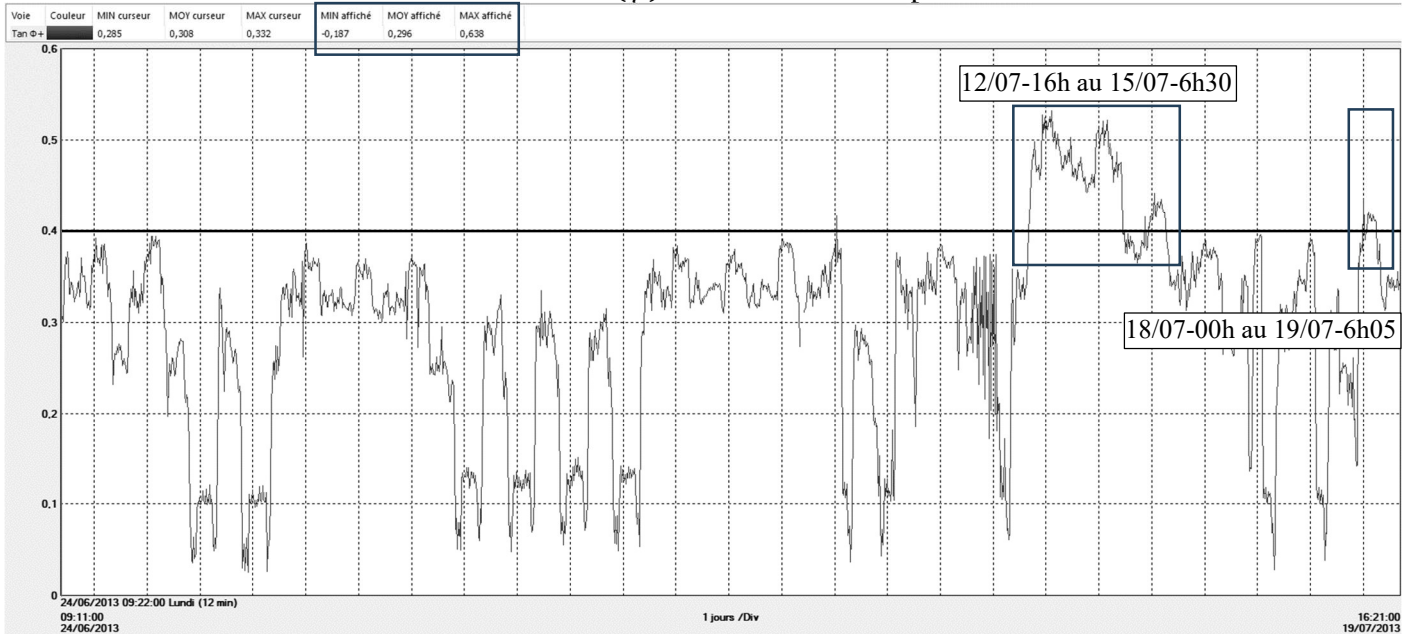
**Option 1** : Pour qu'il n'y ait aucun dépassement, il faut passer à une puissance souscrite de **42kVA**.

**Option 2** : La puissance souscrite surveillée peut être choisie à **36kVA** mais au cours de l'année, on peut constater qu'il y aura des dépassements. La facturation de l'énergie sera donc majorée.

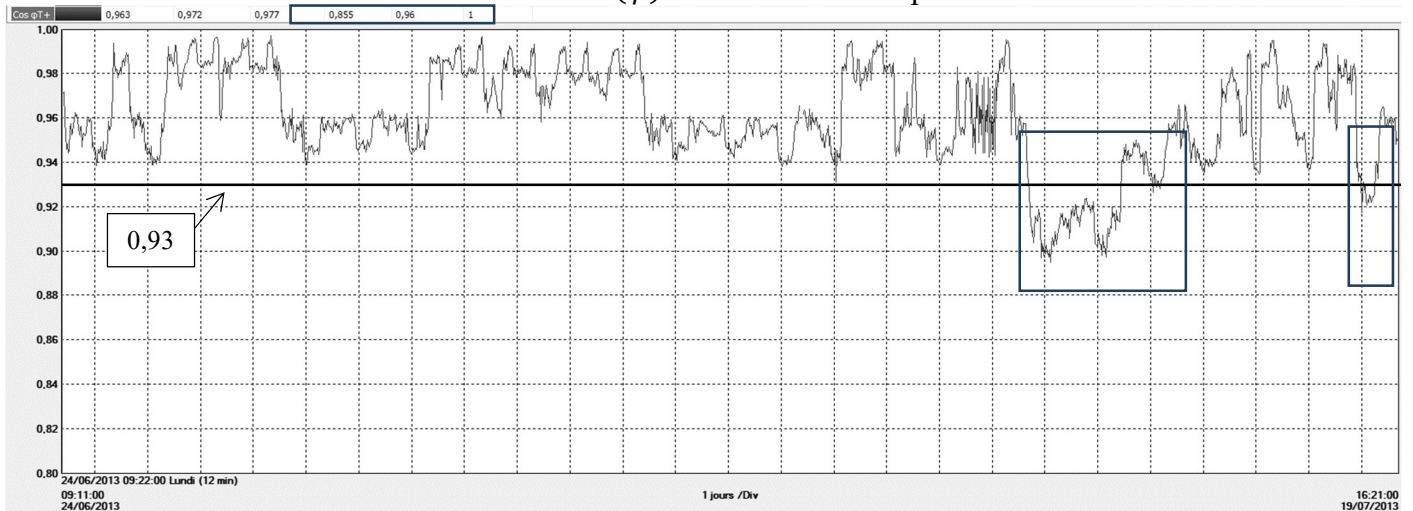


## ➤ Intérêt de la compensation

Courbe  $\tan(\varphi)$  en fonction du temps



Courbe  $\cos(\varphi)$  en fonction du temps





**Option 1** : Le  $\cos(\varphi)$  moyen est à 0,96, le  $\tan(\varphi)$  moyen est inférieur à 0,4 donc il n'y a aucune raison de compenser la puissance réactive consommée.

Les dépassements de  $\tan(\varphi)$  représente 20h sur 27 jours soit environ 20h sur un mois.

**Option 2** : Le lycée fonctionne sur 36 semaines soit 9 mois, la période de dépassement du  $\tan(\varphi)$  correspondrait à 180h par an soit environ 7,5 jours

Si on veut supprimer tout dépassement du  $\tan(\varphi)$  et donc avoir un facteur de puissance égal à 1, on peut opter pour une compensation.

On aurait, pour  $\cos(\varphi) = 1$ ,  $S = P$ , donc  $S_{\max} = P_{\max} = 39,55\text{kW}$  ; la puissance souscrite passerait à **40kVA au lieu de 42kVA**.

➤ **Choix de la batterie de compensation :**

Le THD en courant ne dépasse pas 15% (ne pas tenir compte du THD max affiché qui est erroné en raison des valeurs lors de la coupure), La batterie sera donc prévue pour réseau non pollué.

| Voie   | MIN affiché | MOY affiché | MAX affiché |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| I1-THD | 2,98 %      | 10,23 %     | 435,2 %     |
| I2-THD | 5,93 %      | 12,5 %      | 475,2 %     |
| I3-THD | 7,41 %      | 15,23 %     | 480,8 %     |
| IN-THD | 12,97 %     | 122,5 %     | 602,1 %     |

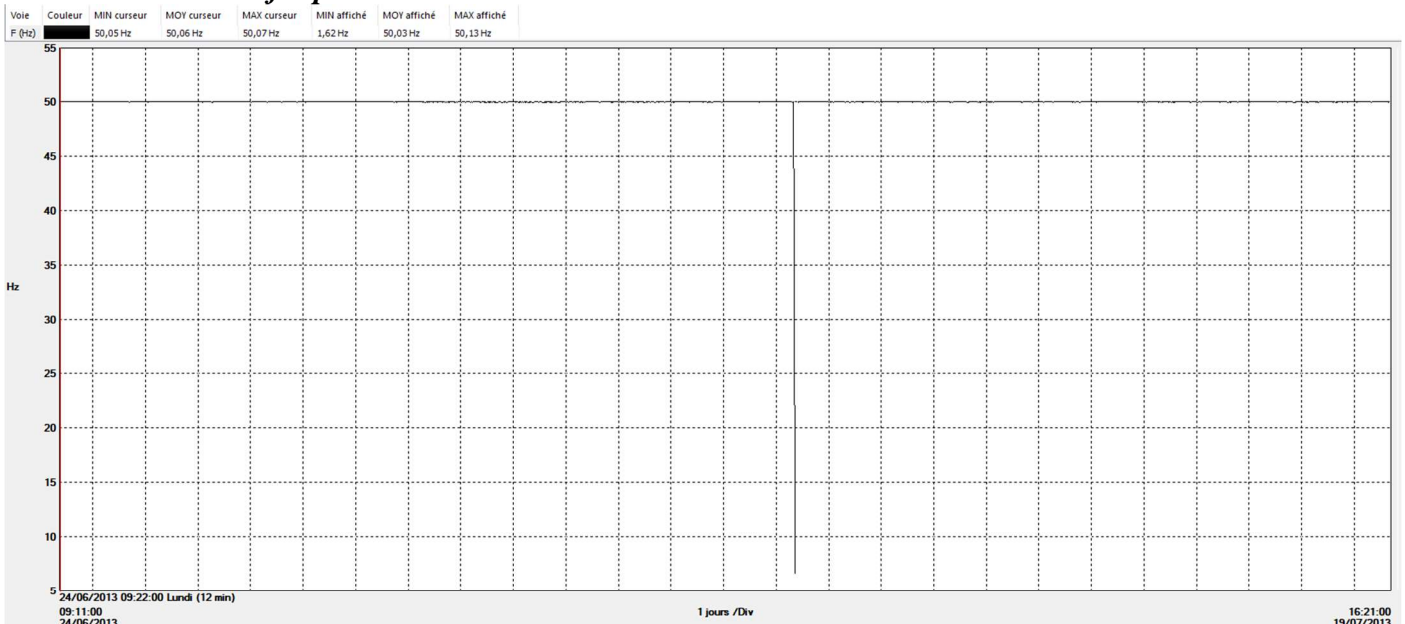
La puissance réactive à compenser serait  $Q_{\max} = 15,28\text{kVAR}$  soit une armoire de compensation de **16kVar**

➤ **Choix final :**

**Puissance souscrite 42kVA sans compensation**

➤ **Analyse de l'onde de tension :**

**Valeur de la fréquence :**

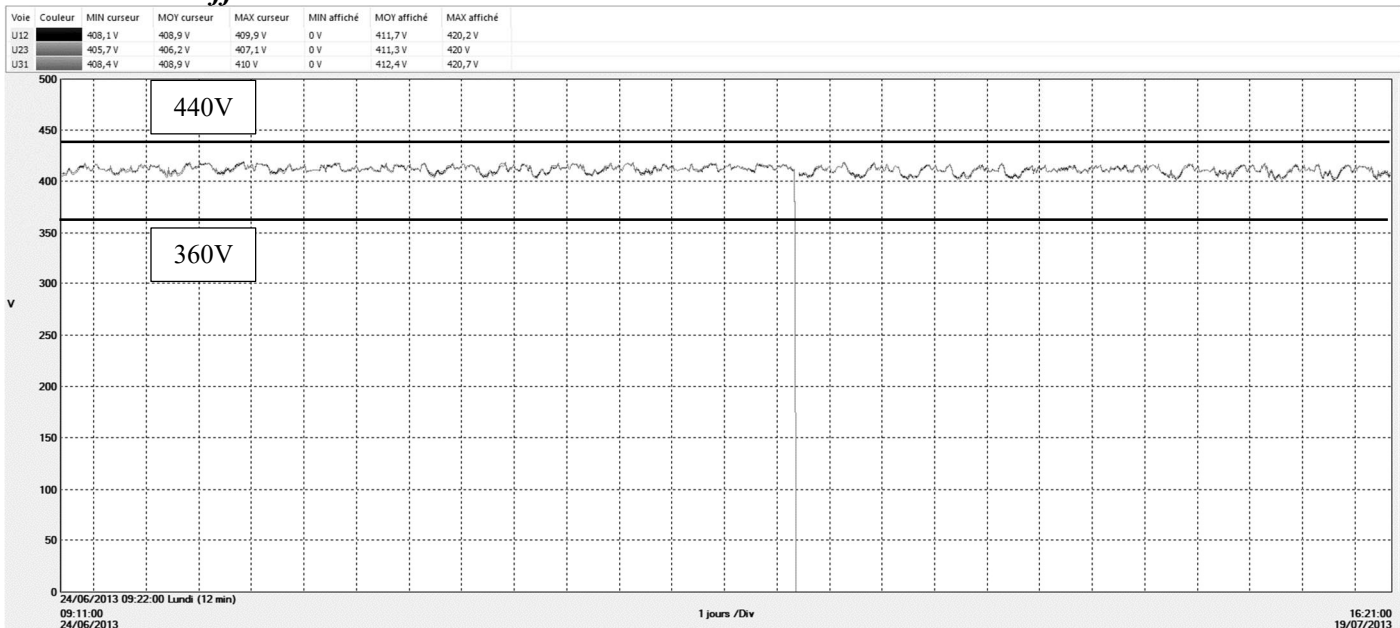


La fréquence nominale de la tension fournie doit être de 50 Hz. Dans des conditions normales d'exploitation, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale mesurée par périodes de 10 secondes doit se situer dans les plages suivantes :

- pour des réseaux reliés par des connexions synchrones à un système interconnecté:
  - 50 Hz  $\pm$  1 % (de 49,5 à 50,5 Hz) pendant 99,5 % d'une année,
  - 50 Hz + 4 %/- 6 % (de 47 à 52 Hz) pendant 100 % du temps.

CI : La fréquence répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)



**Valeur efficace de la tension :**

Dans les conditions normales d'exploitation, en dehors des situations faisant suite à des défauts ou à des interruptions :

- pour chaque période d'une semaine, 95% des valeurs efficaces de la tension fournie moyennées sur 10 minutes doivent se situer dans la plage  $U_n \pm 10\%$ .

NOTE 1 : Jusqu'en 2008, cette plage de tension peut différer de ces valeurs normalisées conformément au HD 472 S1.

- toutes les valeurs efficaces de la tension fournie moyennées sur 10 minutes doivent se situer dans la plage  $U_n + 10\%$  et  $U_n - 15\%$ .

On constate que  $360V < U_n < 440V$

**CI : La Valeur efficace de tension répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)**

**2.4.1 Amplitude des variations rapides de tension**

Les variations rapides de la tension fournie proviennent essentiellement des variations de la charge dans les installations des clients ou de manœuvres sur le réseau.

Dans les conditions normales d'exploitation, une variation rapide de la tension ne dépasse généralement pas 5 % de  $U_n$  mais des variations atteignant jusqu'à 10 % de  $U_n$  pendant de courts instants peuvent se produire à plusieurs reprises dans la même journée, dans certaines circonstances.

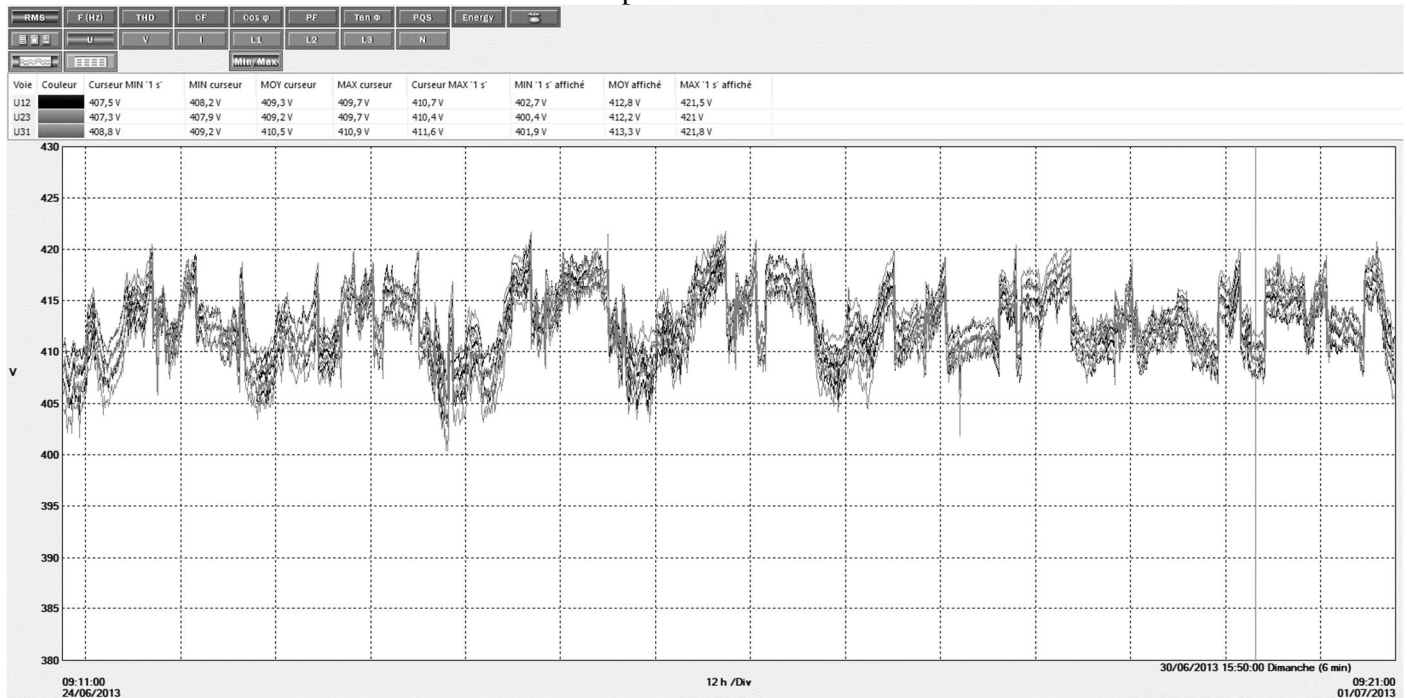
**CI : l'amplitude des variations rapides de tension répond à la norme 50160 (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)**

Aucune remarque sur l'effet flicker



## Déséquilibre des tensions

Relevé pris sur une semaine



| MIN '1 s' affiché | MOY affiché | MAX '1 s' affiché |
|-------------------|-------------|-------------------|
| 402,7 V           | 412,8 V     | 421,5 V           |
| 400,4 V           | 412,2 V     | 421 V             |
| 401,9 V           | 413,3 V     | 421,8 V           |

Sur les valeurs mini :  $402,7 - 400,4 = 2,3V$

Sur les valeurs moy :  $412,2 - 413,3 = 1,1V$

Sur les valeurs max :  $421 - 421,8 = 0,8V$

**CI : Le déséquilibre des tensions est inférieur à 10% (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)**

THD des tensions :

| Voie    | Couleur | MIN curseur | MOY curseur | MAX curseur | MIN affiché | MOY affiché | MAX affiché |
|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| U12-THD |         | 1,14 %      | 1,2 %       | 1,26 %      | 0,09 %      | 1,51 %      | 2,51 %      |
| U23-THD |         | 1,33 %      | 1,4 %       | 1,46 %      | 0,08 %      | 1,74 %      | 2,84 %      |
| U31-THD |         | 1,23 %      | 1,28 %      | 1,33 %      | 0 %         | 1,59 %      | 2,58 %      |

| Voie   | Couleur | MIN curseur | MOY curseur | MAX curseur | MIN affiché | MOY affiché | MAX affiché |
|--------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| V1-THD |         | 1,23 %      | 1,35 %      | 1,49 %      | 0,09 %      | 1,71 %      | 2,95 %      |
| V2-THD |         | 1,44 %      | 1,56 %      | 1,71 %      | 0,1 %       | 1,87 %      | 3,03 %      |
| V3-THD |         | 1,49 %      | 1,58 %      | 1,72 %      | 0 %         | 1,99 %      | 3,45 %      |

**CI : Le THD<sub>u</sub> des tensions est inférieur à 8% (Attention, ne pas tenir compte de la coupure)**

- **Conformité de la tension : Les tensions sont conformes à la NFC 50160 (sur les indicateurs analysables du relevé PEL)**



### ➤ Etude de la source d'énergie locale :

L'énergie consommée sur l'échantillon de 607h soit 25j est de 10,45 MWh

| Voie     | Couleur | Curseur   | Affichage |
|----------|---------|-----------|-----------|
| Ep (Wh)  |         | 10,45 MWh | 10,45 MWh |
| Ep+ (Wh) |         | 10,45 MWh | 10,45 MWh |
| Ep- (Wh) |         | 0 kWh     | 0 kWh     |

Le lycée fonctionne sur 36 semaines soit 252 jours soit environ 10 fois plus.

On peut estimer la consommation à 105 MWh

On souhaite installer un champ photovoltaïque qui produirait la moitié de l'énergie consommée soit 53 MWh environ.

La simulation Calsol de INES nous donne

**INES Education - Logiciel CALSOL - Photovoltaïque réseau**  
**Estimation de la production PV injectée dans le réseau**

Les résultats calculés par le présent logiciel sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude les confirmant. En aucun cas, ils n'engagent la responsabilité de l'INES.

Choix de la ville :  Prendre en compte un masque :

Inclinaison du plan :  Orientation du plan :  Albédo du sol :

Puissance crête de l'installation PV :  kW

Investissement initial de l'installation PV (total ☐ ou par Wc ☒ ) :  €/W

Taux de subvention à l'investissement initial :  %

Rendement de conversion électrique module PV vers réseau :

Coût de la maintenance annuelle en % de l'investissement initial :

Tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque :  €/kWh

Taux d'actualisation de l'argent :  Durée de vie de l'installation :

Calcul de la production électrique, moyenne par jour ☐ ou cumulée ☒ COMPARAISONS

|              | jan  | fév  | mars | avr  | mai  | juin | juil | août | sep  | oct  | nov  | déc  | année |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| IGP (kWh/m²) | 44   | 53   | 111  | 138  | 166  | 162  | 165  | 140  | 99   | 88   | 50   | 35   | 1251  |
| Prod (kWh)   | 1875 | 2286 | 4736 | 5894 | 7085 | 6919 | 7039 | 6003 | 4248 | 3758 | 2138 | 1506 | 53487 |

En conclusion, il faut une puissance crête installée de 57kW à Brest, exposition sud avec une inclinaison de 30° et sans réflexion au sol pour produire à l'année 53,5 MWh

### ➤ Choix PV :

#### MSMDxxxM6-72

##### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| STC                             | 430             | 435     | 440     | 445     | 450     |
|---------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Maximum Power at STC (Pmax)     | 430 W           | 435W    | 440 W   | 445 W   | 450 W   |
| Optimum Operating Voltage (Vmp) | 40.6 V          | 40.8 V  | 41 V    | 41.2 V  | 41.4V   |
| Optimum Operating Current (Imp) | 10.6 A          | 10.67 A | 10.74 A | 10.81 V | 10.87 A |
| Open Circuit Voltage (Voc)      | 48.4 V          | 48.6 V  | 48.8 V  | 49 V    | 49.2 V  |
| Short Circuit Current (Isc)     | 11.32A          | 11.4 A  | 11.47 A | 11.54 A | 11.61A  |
| Module Efficiency               | 19.4%           | 19.7%   | 19.9%   | 20.1%   | 20.3%   |
| Operating Module Temperature    | -40 °C to +85 ° |         |         |         |         |
| Maximum System Voltage          | C1500 V DC      |         |         |         |         |
| Maximum Series Fuse Rating      | (IEC)           |         |         |         |         |
| Power Tolerance                 | 20 A            |         |         |         |         |

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; Tolerances of Pmax, Voc and Isc are all within +/- 5%.

0/+5W

Il faudra 127 panneaux





➤ **Surface de couverture :**

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

|               |                                                                       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Solar Cell    | Monocrystalline silicon 166 mm (9BB)                                  |
| No. of Cells  | 144 (6 × 24)                                                          |
| Dimensions    | 2108 x 1048 x 40 mm                                                   |
| Weight        | 24 kgs                                                                |
| Front Glass   | 3.2 mm tempered glass                                                 |
| Frame         | Anodized aluminium alloy                                              |
| Junction Box  | IP68 rated (3 bypass diodes)                                          |
| Output Cables | 4.0 mm <sup>2</sup> , symmetrical lengths (-) 1400 mm and (+) 1400 mm |

Chaque panneau présente une surface de 2,209m<sup>2</sup>

La surface de couverture sera de 280,6m<sup>2</sup> (sachant que le toit concerné à pour dimension 60m x 12m donc 720 m<sup>2</sup>)

➤ **Choix de l'onduleur :**

IMEON Energy, 2 onduleurs X-TREM 27

|                         |                                                          |                                    |               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------|
|                         | X-Trem 18                                                | X-Trem 27                          | X-Trem 36     |
| RESEAU                  |                                                          |                                    |               |
| PUISSANCE NOMINALE      | 18 kW                                                    | 27 kW                              | 36 kW         |
| TENSION / FRÉQUENCE     |                                                          | 3/N/PE, 230/400 Vac / 50 Hz, 60 Hz |               |
| SMART METER             |                                                          | 100 A (EXTENSION EN OPTION)        |               |
| SERVICE RÉSEAU          | RÉGULATION FRÉQUENCE / RÉGULATION TENSION / PEAK SHAVING |                                    |               |
| SOLAIRE                 |                                                          |                                    |               |
| PUISSANCE INSTALLÉE MAX | 24 kWc                                                   | 36 kWc                             | 48 kWc        |
| NOMBRE D'ENTRÉE(S) MPPT | 4                                                        | 6                                  | 8             |
| PLAGE DE TENSION MPPT   | 380 – 750 VDC                                            | 380 – 750 VDC                      | 380 – 750 VDC |
| COURANT MAX             | 13 A                                                     | 13 A                               | 13 A          |
| TENSION MAX             | 850 Vdc                                                  | 850 Vdc                            | 850 Vdc       |
| BATTERIE                |                                                          |                                    |               |
| TYPE DE CELLULES        | LITHIUM FER PHOSPHATE (LIFEPO4)                          |                                    |               |
| ÉNERGIE STOCKÉE         | 38.4 kWh                                                 | 57.6 kWh                           | 76.8 kWh      |
| PLAGE DE TENSION        | 45- 54 VDC                                               | 45- 54 VDC                         | 45- 54 VDC    |
| PUISSANCE DE CHARGE MAX | 18 kW                                                    | 27 kW                              | 36 kW         |
| COURANT RECOMMANDÉ      | 0.5 C                                                    |                                    |               |
| RENDEMENT DE CHARGE MAX | 93 %                                                     |                                    |               |
| CHARGE BATTERIE         | PARAMÉTRABLE                                             |                                    |               |
| DÉCHARGE BATTERIE       | PARAMÉTRABLE                                             |                                    |               |
| NOMBRE DE CYCLES*       | 6000                                                     |                                    |               |

Onduleur réseau embarquant un hacheur MPPT et autorisant la connexion Réseau/Batterie

➤ **Changement de puissance souscrite :**

Les calculs du champ solaire sont effectués pour compenser de moitié la puissance consommée soit environ 20kW

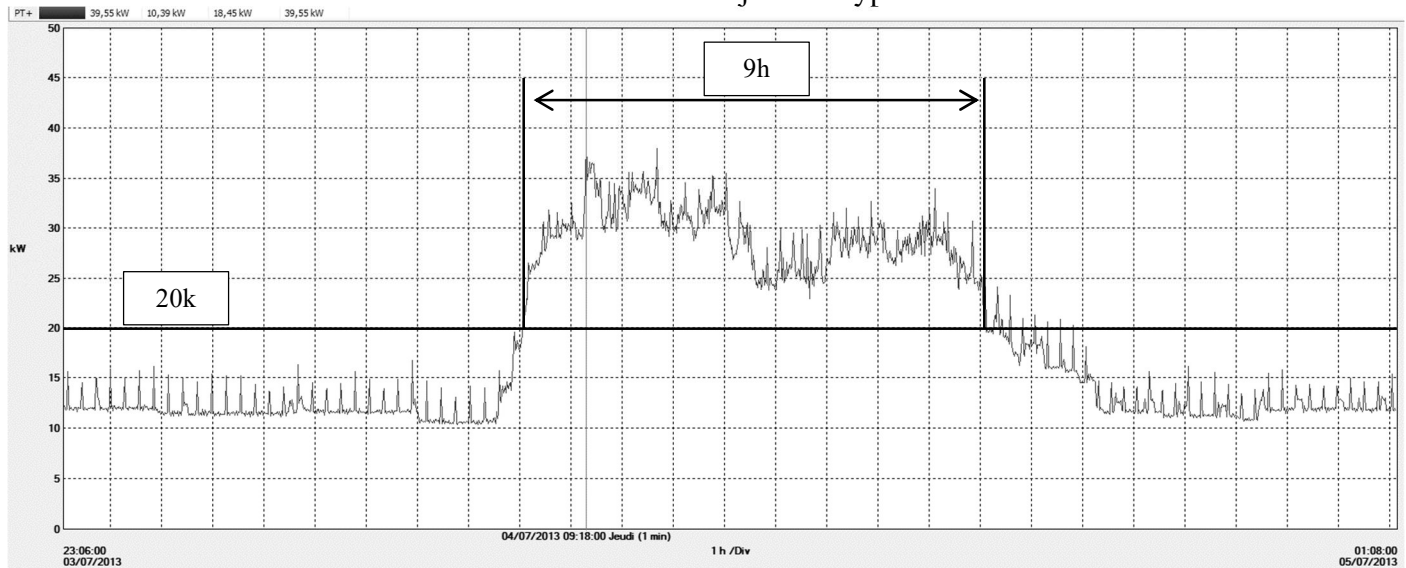
Le système étant en autoconsommation soit « batteries » et « renvoi réseau »

La puissance souscrite pourra être divisée par deux soit **21kVA**

**On fixera à 36kVA afin de rester en puissance surveillée.**

Remarque :

Courbe P sur une journée type



En réalité, sur un jour il y a un appel de puissance durant 9h de 40kW dont la moitié peut être fournie par le champ solaire ; l'autre par le réseau. Le reste de la journée peut être fournie par le champ solaire à condition qu'il y ait du soleil et que les batteries soient chargées, si ce n'est pas le cas, il y aura des dépassements de puissance.

### ➤ Analyse de la coupure :

Il y a coupure tension et courant sur les trois phases d'une durée de 2h environ.

Il doit s'agir d'une coupure sur le réseau de distribution car aucun fort appel de courant n'est visible avant la coupure, donc les disjoncteurs de protection ne se sont pas ouverts (pas de surcharge ni de court-circuit)

- **La solution la plus économique est de passer sur une distribution normal/secours à temps mort avec un délestage des circuits secondaires et une source de secours de type ASI avec une autonomie de 2h.**

**Le stockage de l'énergie électrique provenant du champ solaire permettra de pallier à toute coupure, néanmoins si les batteries sont déchargées, l'ASI permettra une continuité de service de 2h**