

Campagne de mesure sur site :

**CARROUSSEL EME Q2**

Date de début des données affichées : 17/09/2018 à 08:20:00

Date de fin des données affichées : 19/09/2018 à 05:00:00

Instrument n° 12 POUCES type : ALPTEC2333b



### A propos du document :

L'appareil a été posé au secondaire du transformateur.

Ce document est divisé en 2 parties :

La première partie présente les mesures réalisées sur la semaine, avec des zoom quand cela est nécessaire sur la journée de production.

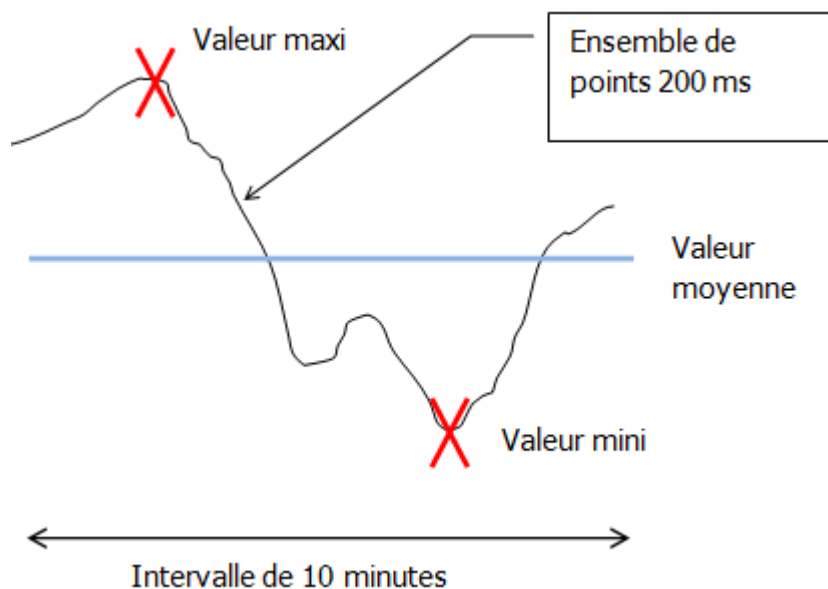
La dernière partie rassemble les annexes explicatives

### Remarque 1 : valeurs mesurées et valeurs représentées :

Les valeurs présentées dans ce rapport sont des valeurs rms moyennes 10 minutes basées sur le calcul de la moyenne quadratique de valeurs moyennes 200 ms (0.2 s). Parmi ces valeurs l'ALPTEC2333b retiens aussi la plus petite (minimum) et la plus grande de ces valeurs (maximum) ce qui fait que toutes les 10 minutes il y a 3 valeurs proposées : la moyenne 10 minutes, le mini et le maxi.

Ainsi quand dans le reste du document il est fait mention de maximum ou de minimum, il s'agit d'un point moyen de 200 ms qui se trouve à l'intérieur d'un intervalle de 10 minutes.

Un à coups fait donc toujours moins de 10 minutes et au minimum 200 ms.



**SOMMAIRE :**

1. BILAN GLOBAL.....	5
2. TENSION PHASE PHASE : U.....	6
3. TAUX DE DISTORTION HARMONIQUE EN TENSION : THD U .....	7
4. COURANT : I .....	8
5. TAUX DE DISTORTION HARMONIQUE EN COURANT TOTAL : THD I .....	9
6. COURANT et THD I.....	11
8. PUISSANCE ACTIVE : P .....	13
9. PUISSANCE REACTIVE : Q.....	14
10. FACTEUR DE PUISSANCE : PF .....	15
11. PUISSANCE ACTIVE ET FACTEUR DE PUISSANCE .....	16
12. FLICKER.....	17
13. HARMONIQUES EN TENSION : 13 PREMIERS RANGS EN FONCTION DU TEMPS.....	18
14. HARMONIQUES EN COURANT : 13 PREMIERS RANGS EN FONCTION DU TEMPS....	20
A1. MOYEN DE MESURE MIS EN ŒUVRE .....	23
A2. TENSION PHASE PHASE: U .....	25
A3. TAUX DE DISTORSION HARMONIQUE : THD .....	26
A4. COURANT : I.....	27
A5. DESEQUILIBRE .....	28
A6. PUISSANCE APPARENTE : S.....	30
A7. PUISSANCE ACTIVE : P .....	31
A8. PUISSANCE REACTIVE : Q .....	32
A9. FACTEUR DE PUISSANCE : PF.....	34
A10. LES HARMONIQUES U ET I.....	36
A11. LE FLICKER: PST .....	40



## 1. BILAN GLOBAL

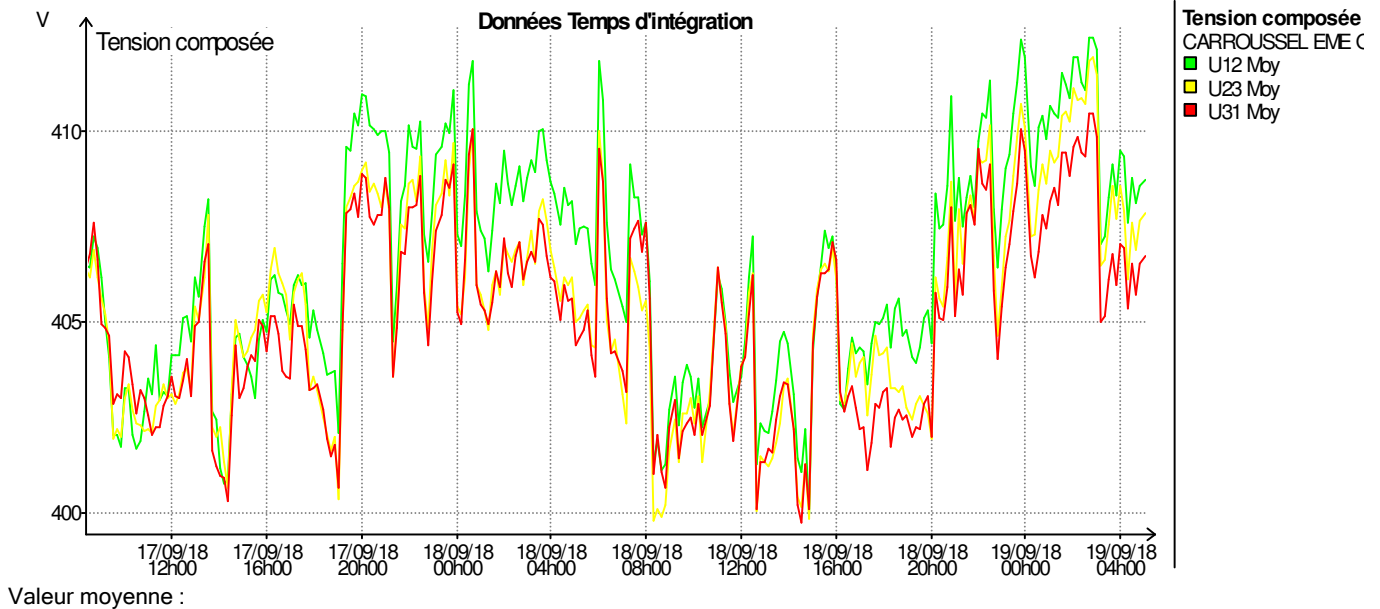
Phénomène	Résumé des mesures	Effets sur l'installation (en cas de détection du phénomène)	OK	A voir	Attention	NA
<a href="#">Continuité de la tension</a>	Pas d'interruption lors de la campagne de mesure	arrêt	▲			
<a href="#">Creux de tension</a>	Pas de creux lors de la campagne de mesure	Pas d'effet autre que visuel	▲			
<a href="#">thd U</a>	Le thd en tension moyen est le plus souvent inférieur à 3 %, cette valeur est acceptable	Usure prématurée de l'installation	▲			
<a href="#">Thd I</a>	Le thd en courant est parfois situé au dessus de 15 %	Influence sur le vieillissement des condensateurs de puissance utilisés pour compenser l'énergie réactive		▲		
<a href="#">Facteur de puissance</a>	Le facteur de puissance moyen est en dessous de 0.93			▲		
<a href="#">Déséquilibre</a>	Pas de déséquilibre		▲			
<a href="#">Flicker</a>	Reste en dessous de 1	Entraine des papillotements des luminaires	▲			

La tension délivrée est conforme à la norme EN50160.

Nous constatons qu'il y a un courant harmonique de rang 3 qui circule donc le courant se retrouvera dans le conducteur de neutre à hauteur de 9 A au minimum (somme des 3 phases).

## 2. TENSION PHASE PHASE : U

VALEURS MOYENNES EN VOLTS (V) RMS 10 Min.



Courbe	Valeur moyenne
■ CARROUSSEL EME Q2 / U12 Moy	406,51 V
■ CARROUSSEL EME Q2 / U23 Moy	405,45 V
■ CARROUSSEL EME Q2 / U31 Moy	405,08 V

Valeur maxi :

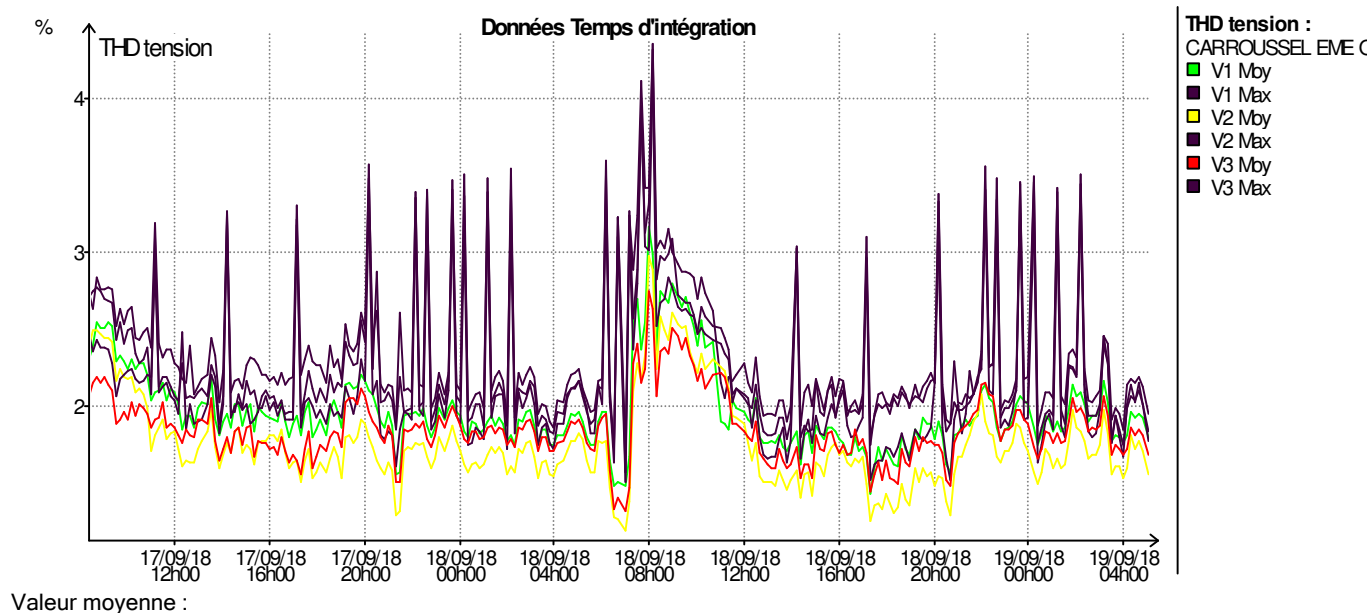
Courbe	Instant	Valeur maximale
■ CARROUSSEL EME Q2 / U12 Moy	19/09/2018, 02:50	412,46 V
■ CARROUSSEL EME Q2 / U23 Moy	19/09/2018, 02:50	411,92 V
■ CARROUSSEL EME Q2 / U31 Moy	19/09/2018, 02:40	410,45 V

La tension reste stable tout au long de la période de mesure.

Les écarts sont de 10 V au maximum ce qui fait : 2.5 % des 400 V nominaux.

### 3. TAUX DE DISTORTION HARMONIQUE EN TENSION : THD U

VALEURS MOYENNES EN POURCENTAGE DU FONDAMENTAL 10 Min.



Courbe	Valeur moyenne
CARROUSSEL EME Q2 / V1 Moy	1,97 %
CARROUSSEL EME Q2 / V1 Max	2,34 %
CARROUSSEL EME Q2 / V2 Moy	1,76 %
CARROUSSEL EME Q2 / V2 Max	2,15 %
CARROUSSEL EME Q2 / V3 Moy	1,85 %
CARROUSSEL EME Q2 / V3 Max	2,22 %

Valeur maxi :

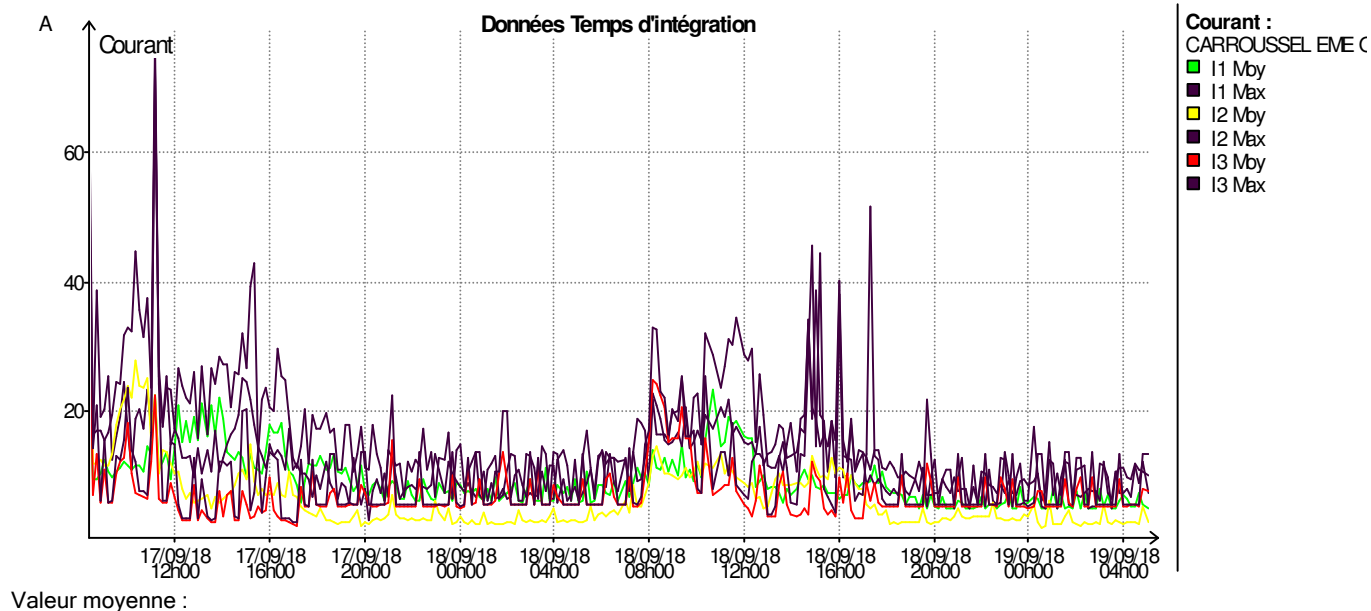
Courbe	Instant	Valeur maximale
CARROUSSEL EME Q2 / V1 Moy	18/09/2018, 08:00	3,16 %
CARROUSSEL EME Q2 / V1 Max	18/09/2018, 08:10	4,36 %
CARROUSSEL EME Q2 / V2 Moy	18/09/2018, 08:00	2,97 %
CARROUSSEL EME Q2 / V2 Max	18/09/2018, 08:10	4,31 %
CARROUSSEL EME Q2 / V3 Moy	18/09/2018, 08:00	2,74 %
CARROUSSEL EME Q2 / V3 Max	18/09/2018, 08:10	4,12 %

Les valeurs de thd U comprises entre 2% et 4 % sont acceptables.

Cependant ; si on rapproche certaines valeurs de THD en tension (4%) avec les valeurs du THD en courant (25%) (paragraphe n°4), la puissance dissipée par les harmoniques est importante.

## 4. COURANT : I

### VALEURS MOYENNES EN AMPERES (A) RMS 10 Min.



<b>Courbe</b>	<b>Valeur moyenne</b>
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Moy	9,5 A
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Max	15,37 A
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Moy	6,75 A
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Max	12,97 A
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Moy	7,37 A
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Max	10,53 A

**Valeur maxi :**

<b>Courbe</b>	<b>Instant</b>	<b>Valeur maximale</b>
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Moy	17/09/2018, 08:20	24,86 A
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Max	17/09/2018, 11:10	72,09 A
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Moy	17/09/2018, 08:20	53,39 A
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Max	17/09/2018, 11:10	77,16 A
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Moy	17/09/2018, 08:20	45,35 A
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Max	17/09/2018, 11:10	73,17 A

Le courant moyen consommé moyen en période d'activité est situé entre 10A et 40A.

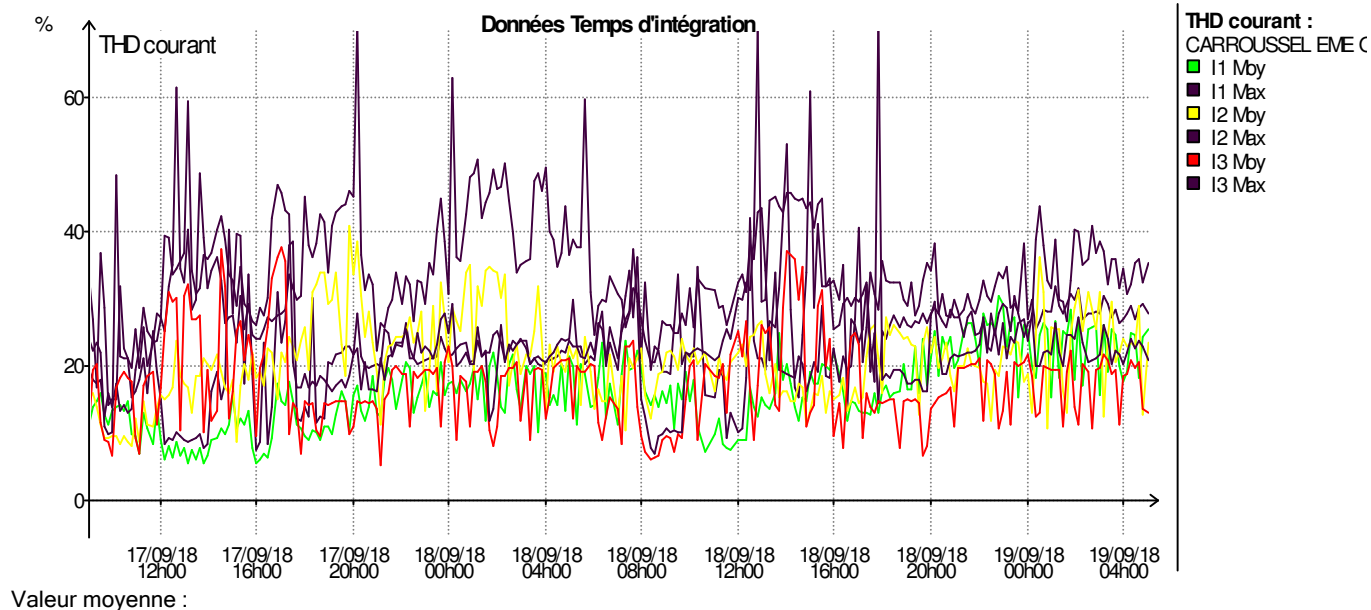
NOTA : les valeurs données par les tableaux tiennent compte de toute la période de mesure.  
(valeurs moyennes)

La charge est presque nulle lors des arrêts de production : pendant la nuit.



## 5. TAUX DE DISTORTION HARMONIQUE EN COURANT TOTAL : THD I

**VALEURS MOYENNES EN POURCENTAGE DU FONDAMENTAL 10 Min**



<b>Courbe</b>	<b>Valeur moyenne</b>
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Moy	16,43 %
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Max	24,02 %
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Moy	21,04 %
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Max	31,66 %
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Moy	17,59 %
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Max	25,45 %

Valeur maxi :

<b>Courbe</b>	<b>Instant</b>	<b>Valeur maximale</b>
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Moy	18/09/2018, 22:50	30,64 %
CARROUSSEL EME Q2 / I1 Max	18/09/2018, 15:00	60,94 %
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Moy	17/09/2018, 19:50	40,79 %
CARROUSSEL EME Q2 / I2 Max	17/09/2018, 20:10	71,14 %
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Moy	17/09/2018, 17:00	37,66 %
CARROUSSEL EME Q2 / I3 Max	18/09/2018, 17:50	72,64 %

Les valeurs de thd I supérieur à 15 % deviennent des valeurs importantes, il ne faut pas que ces valeurs se répètent trop souvent.  
Ce sont les pics répétitifs qui peuvent entrainer de la casse électronique ou des échauffements.

Si dessous l'extrait de la NFC1500 relatif aux harmoniques :

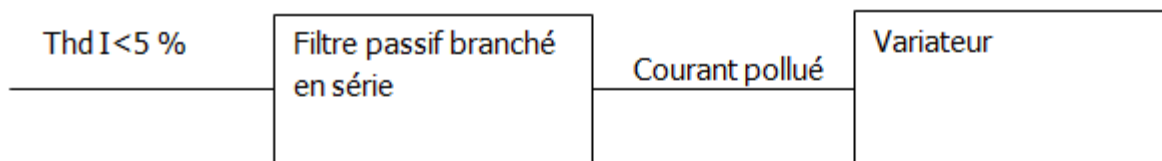
« La distorsion harmonique de la tension est susceptible de :

- accélérer le vieillissement des matériels (bobinages des moteurs, des transformateurs) par échauffement anormal,
- diminuer les performances et perturber les matériels sensibles (automatismes, informatique...),
- générer des résonances en présence de condensateurs de correction de facteur de puissance, conduisant éventuellement à des claquages par surtension. »

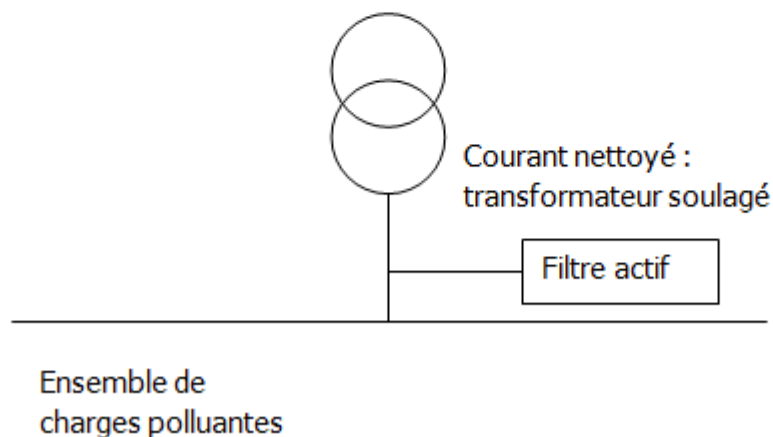
Taux d'harmoniques	Effets prévisibles
THDu<5% et THDi<10%	Néant
5%<THDu<8% ou 10%<THDi<50%	Pollution significative, effets nuisibles possibles
THDu>8% ou THDi>50%	Pollution forte, dysfonctionnements probables
Taux d'harmonique 3 en courant>15%	Courant non négligeable dans le conducteur

En conséquence, pour lutter contre ces distorsions en courant, il y a 2 méthodes :

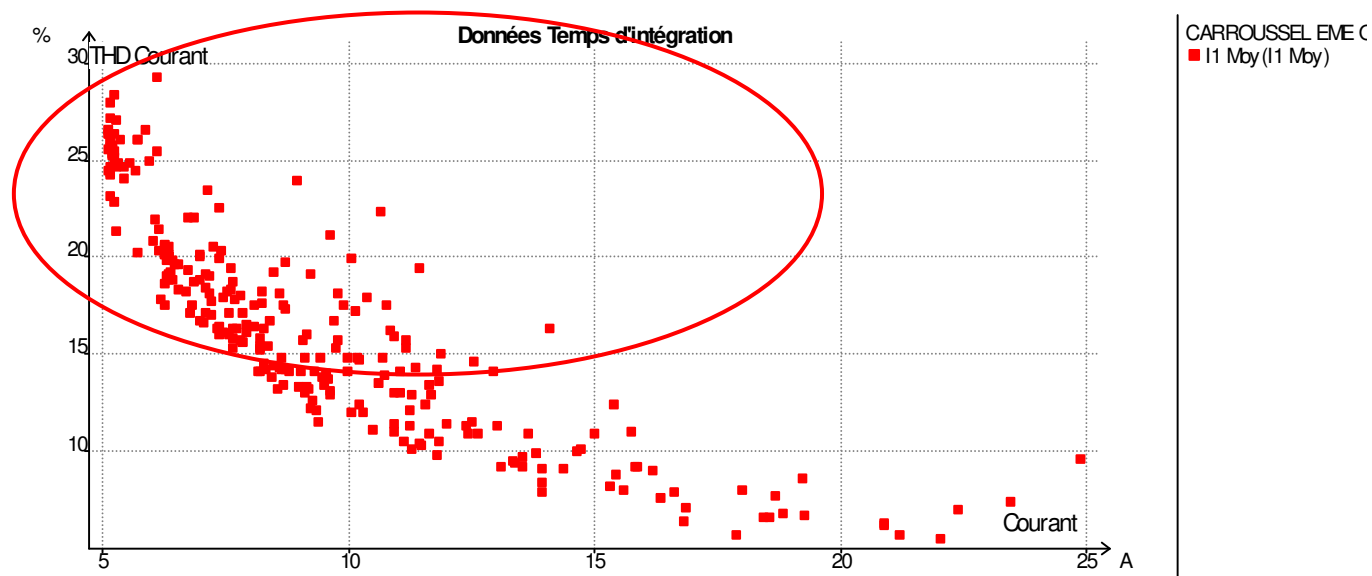
Équiper les plus gros pollueurs (variateurs puissants par exemple) de filtres passifs :



Filtrer en aval du TGBT avec un filtre actif :



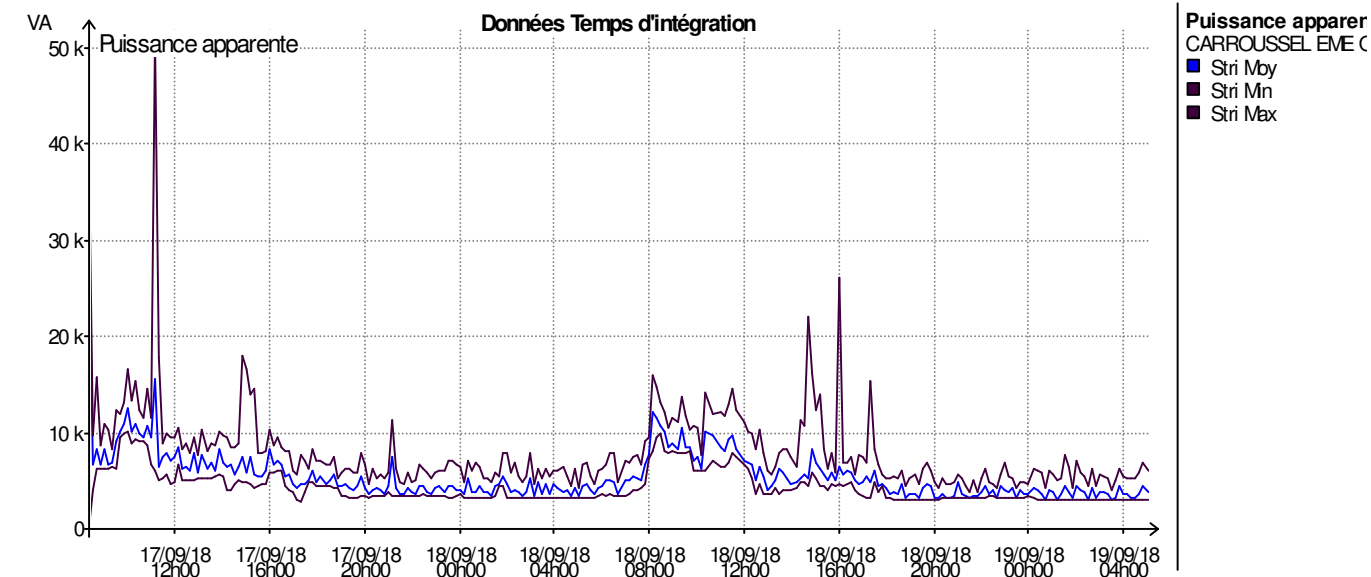
## 6. COURANT et THD I



Avec ce graphe, nous constatons que pour des courants de 5A à 15 A il y a des thd I moyens supérieurs à 15%.

## 7. PUISSANCE APPARENTE : S

**VALEURS MOYENNES EN VOLTS AMPERES (VA) RMS 10 Min.**



Valeur moyenne :

<b>Courbe</b>	<b>Valeur moyenne</b>
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Moy	5,53 kVA
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Mn	4,34 kVA
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Max	8,09 kVA

Valeur maxi :

<b>Courbe</b>	<b>Instant</b>	<b>Valeur maximale</b>
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Moy	17/09/2018, 08:20	29 kVA
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Mn	17/09/2018, 10:00	10,12 kVA
CARROUSSEL EME Q2 / Stri Max	17/09/2018, 11:10	50,92 kVA

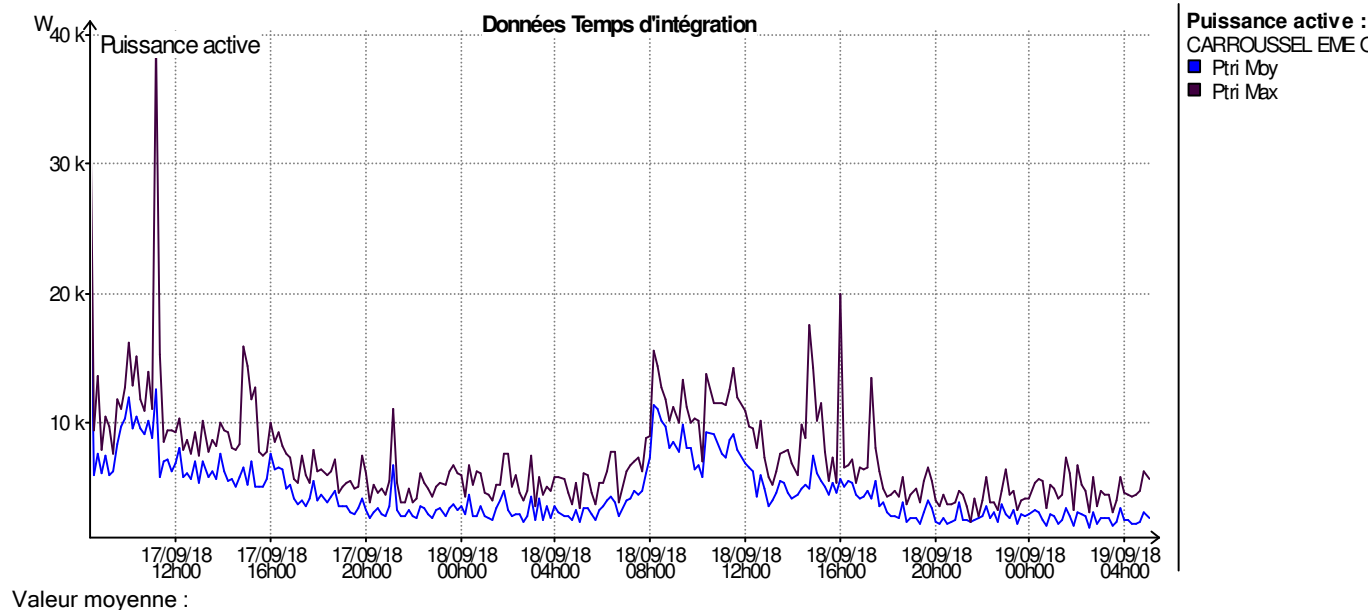
La consommation est régulière.

Les valeurs moyennes 10 minutes, sont autour de 10 kVA.

Les maxi sont 40 kVA au dessus : ce sont les a coups qu'entraînent les mises en marche.

## 8. PUISSANCE ACTIVE : P

VALEURS MOYENNES EN WATTS (W) RMS 10 Min



Courbe	Valeur moyenne
CARROUSSEL EME Q2 / Ptri Moy	4,71 kW
CARROUSSEL EME Q2 / Ptri Max	7,35 kW

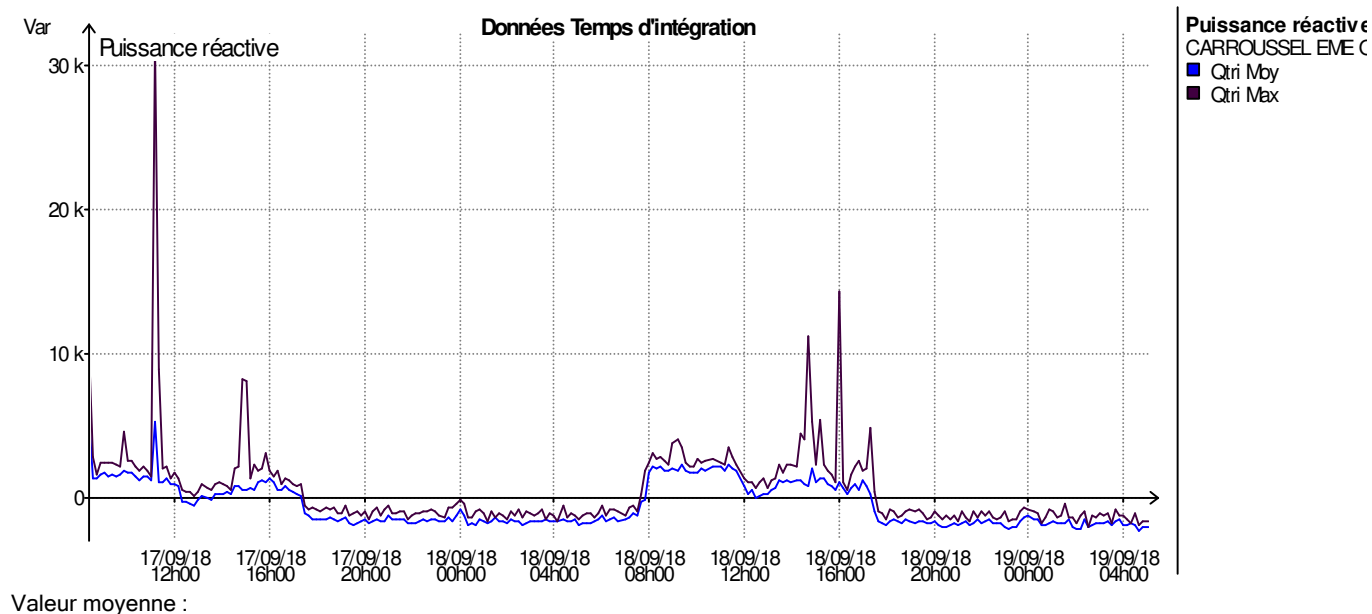
Valeur maxi :

Courbe	Instant	Valeur maximale
CARROUSSEL EME Q2 / Ptri Moy	17/09/2018, 08:20	24,88 kW
CARROUSSEL EME Q2 / Ptri Max	17/09/2018, 11:10	39,62 kW

Les charges de l'installation consomment une puissance active entre 5 kW et 10 kW.

## 9. PUISSANCE REACTIVE : Q

**VALEURS MOYENNES EN VOLTS AMPERES REACTIFS (Var) RMS 10 Min.**



Valeur moyenne :

Courbe	Valeur moyenne
CARROUSSEL EME Q2 / Qtri Moy	-449,29 Var
CARROUSSEL EME Q2 / Qtri Max	529,45 Var

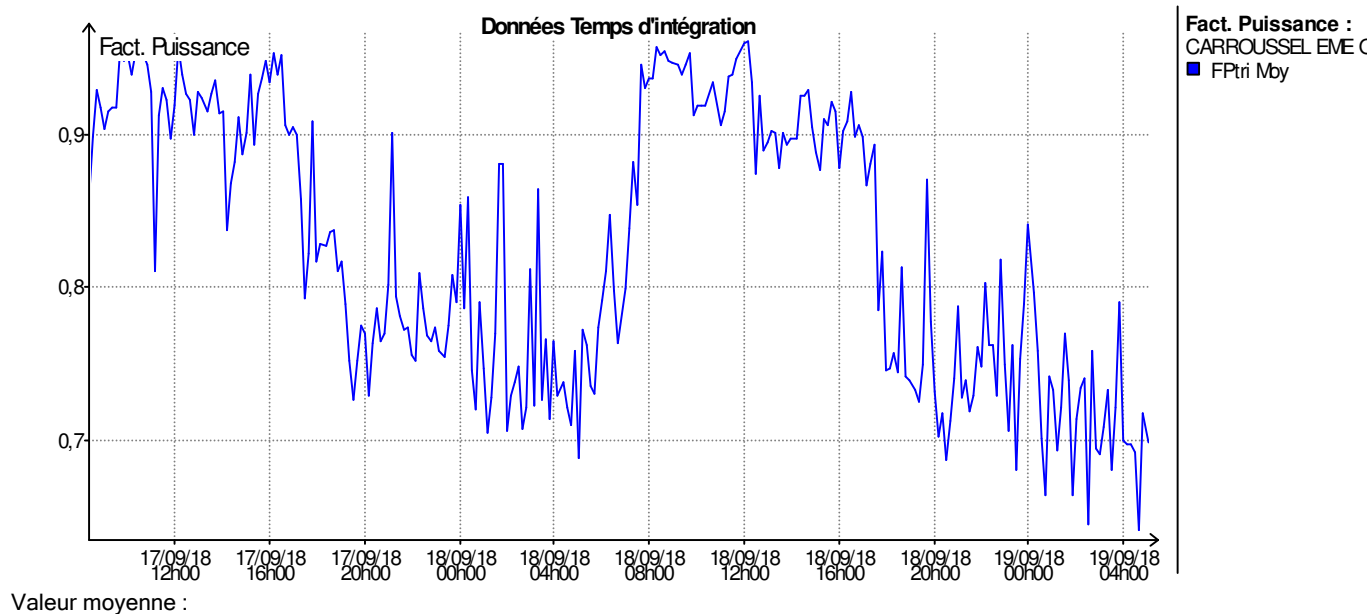
Valeur maxi :

Courbe	Instant	Valeur maximale
CARROUSSEL EME Q2 / Qtri Moy	17/09/2018, 08:20	5,69 kVar
CARROUSSEL EME Q2 / Qtri Max	17/09/2018, 11:10	31,56 kVar

Pour atteindre un facteur de puissance de 1, il reste 5 kVar de consommation d'énergie réactive.

## 10. FACTEUR DE PUISSANCE : PF

### VALEURS MOYENNES 10 Min.



Valeur moyenne :

<b>Courbe</b>	<b>Valeur moyenne</b>
CARROUSSEL EME Q2 / FPtri Moy	0,83

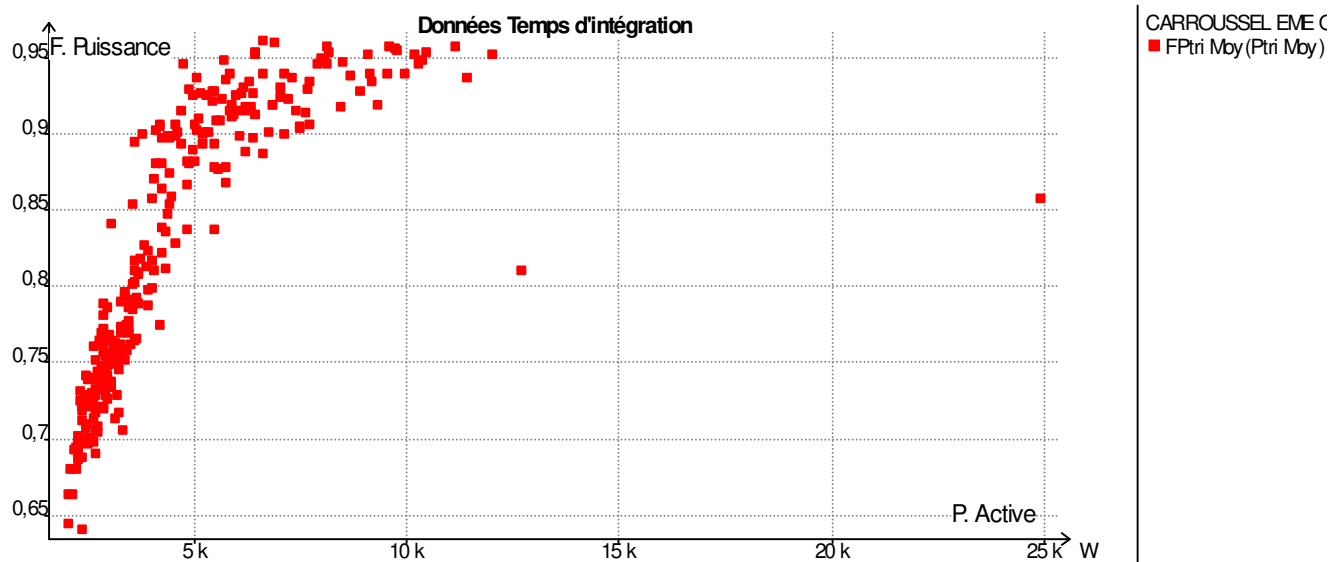
Valeur mini :

<b>Courbe</b>	<b>Instant</b>	<b>Valeur minimale</b>
CARROUSSEL EME Q2 / FPtri Moy	19/09/2018, 04:40	0,64

Le facteur de puissance lu directement derrière cette installation est de 0,83 ce qui est faible.

## 11. PUISSANCE ACTIVE ET FACTEUR DE PUISSANCE

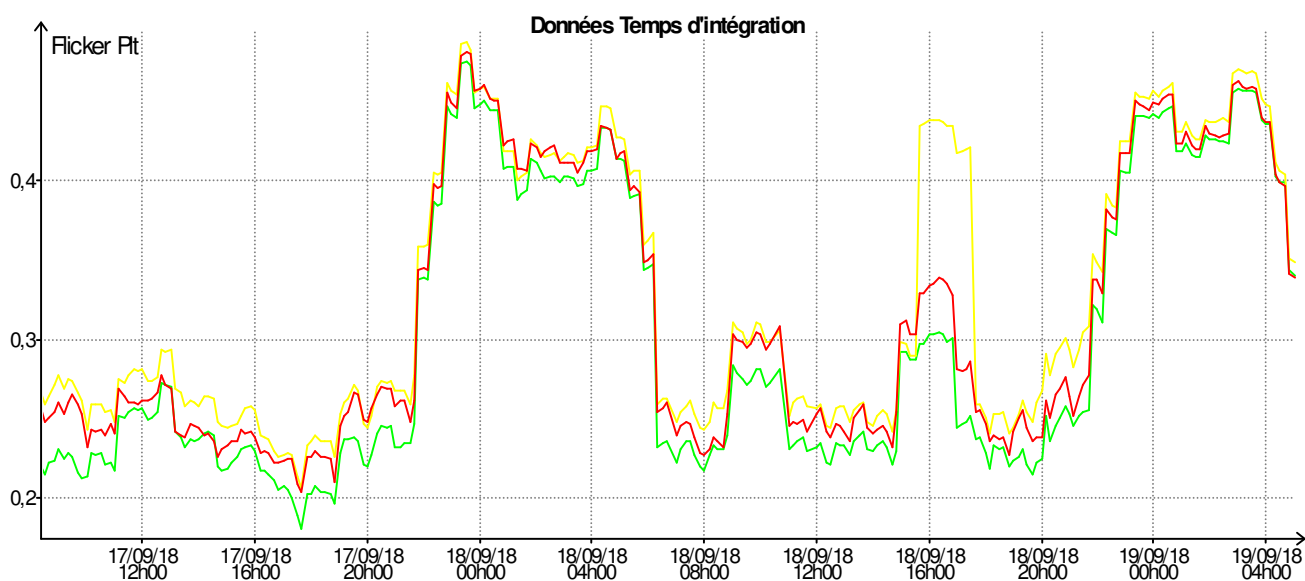
VALEURS MOYENNES 10 Min





## 12. FLICKER

### VALEURS MOYENNES 2Hrs.



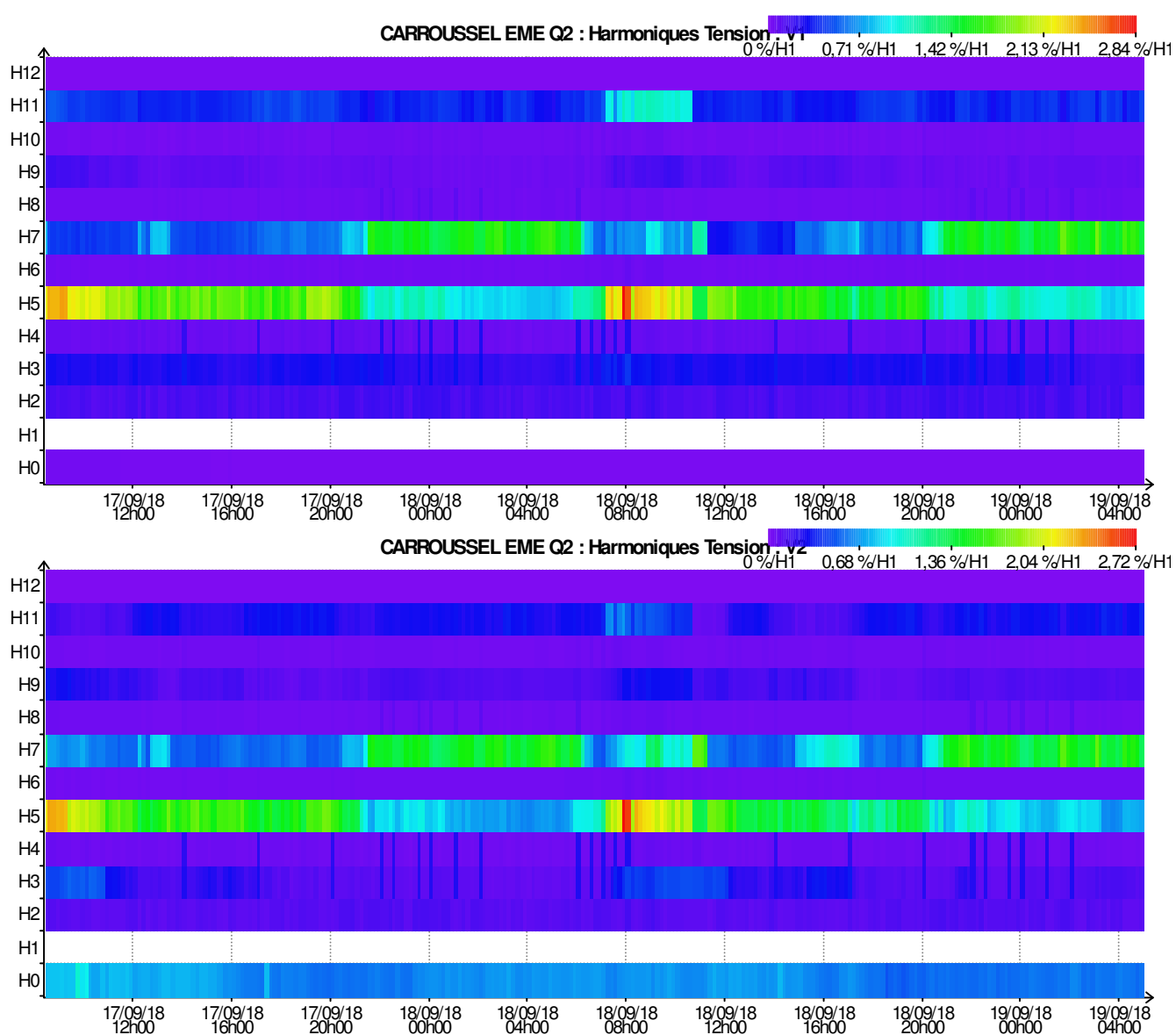
La norme EN50160 stipule que les valeurs 2 heures du flicker (aussi appelé Plt) doivent être inférieures à 1.

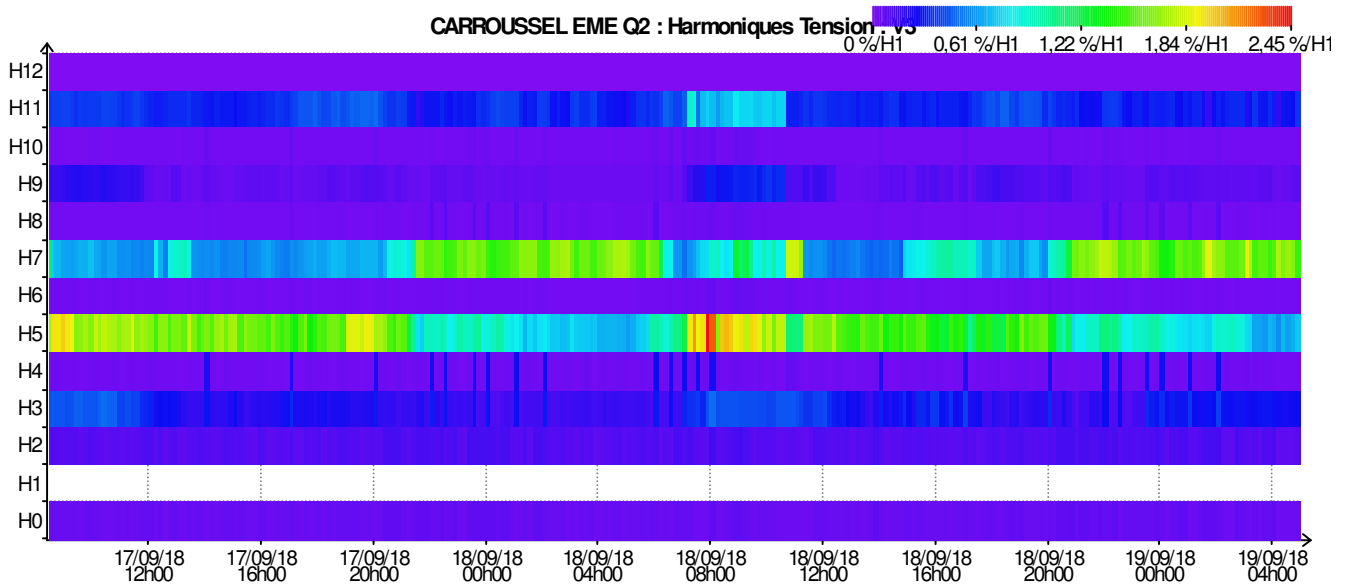
Les valeurs de Flicker restent inférieures à 1 pendant toute la mesure

## 13. HARMONIQUES EN TENSION : 13 PREMIERS RANGS EN FONCTION DU TEMPS

**VALEURS MOYENNES EN POURCENTAGE DU FONDAMENTAL 10 Min.**

Le niveau des rangs harmoniques est indiqué par une couleur. Plus cette couleur est rouge plus la valeur est élevée. En haut à droite du graphique, l'échelle de couleur est donnée.





Ces graphes montrent que le rang harmonique le plus important est le rang H5 (250 Hz)

Il atteint 2.8% de H1

La tension correspondante approximative est de 11,2V ce qui est acceptable.

La norme EN50160 autorise un taux maximal du rang harmonique jusqu'à 6% de H1 (c'est-à-dire 24 V de rang 5 pour H1 = 400 V)

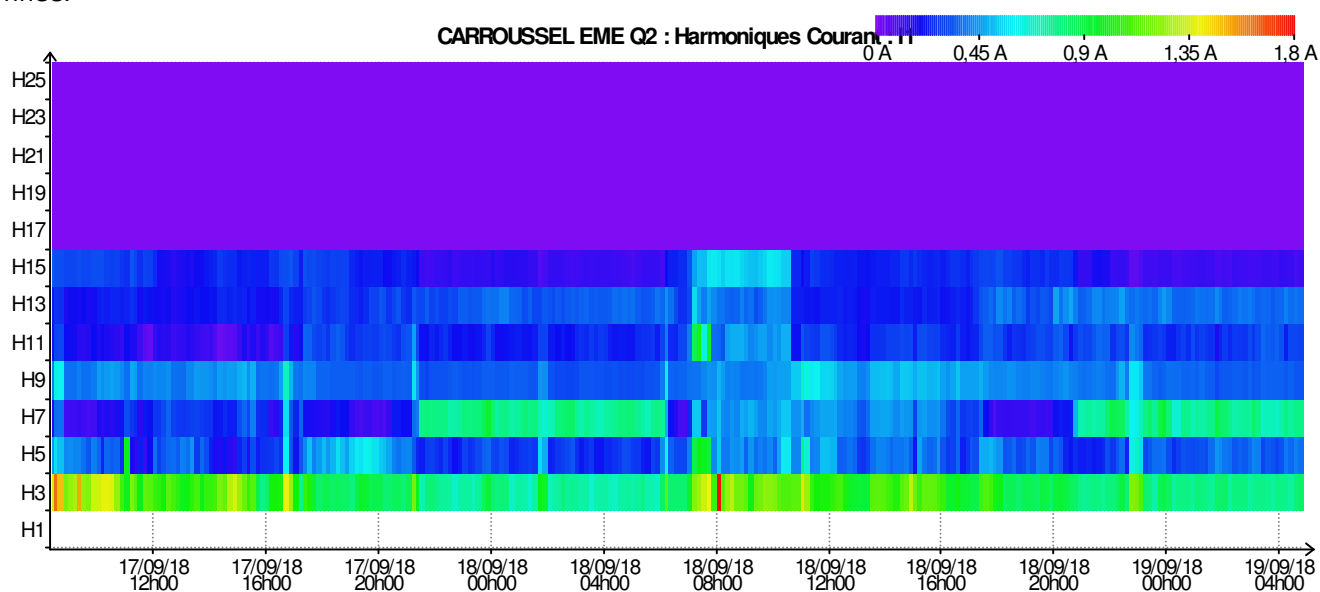
Le comportement des rangs harmoniques est identique pour les 3 phases.

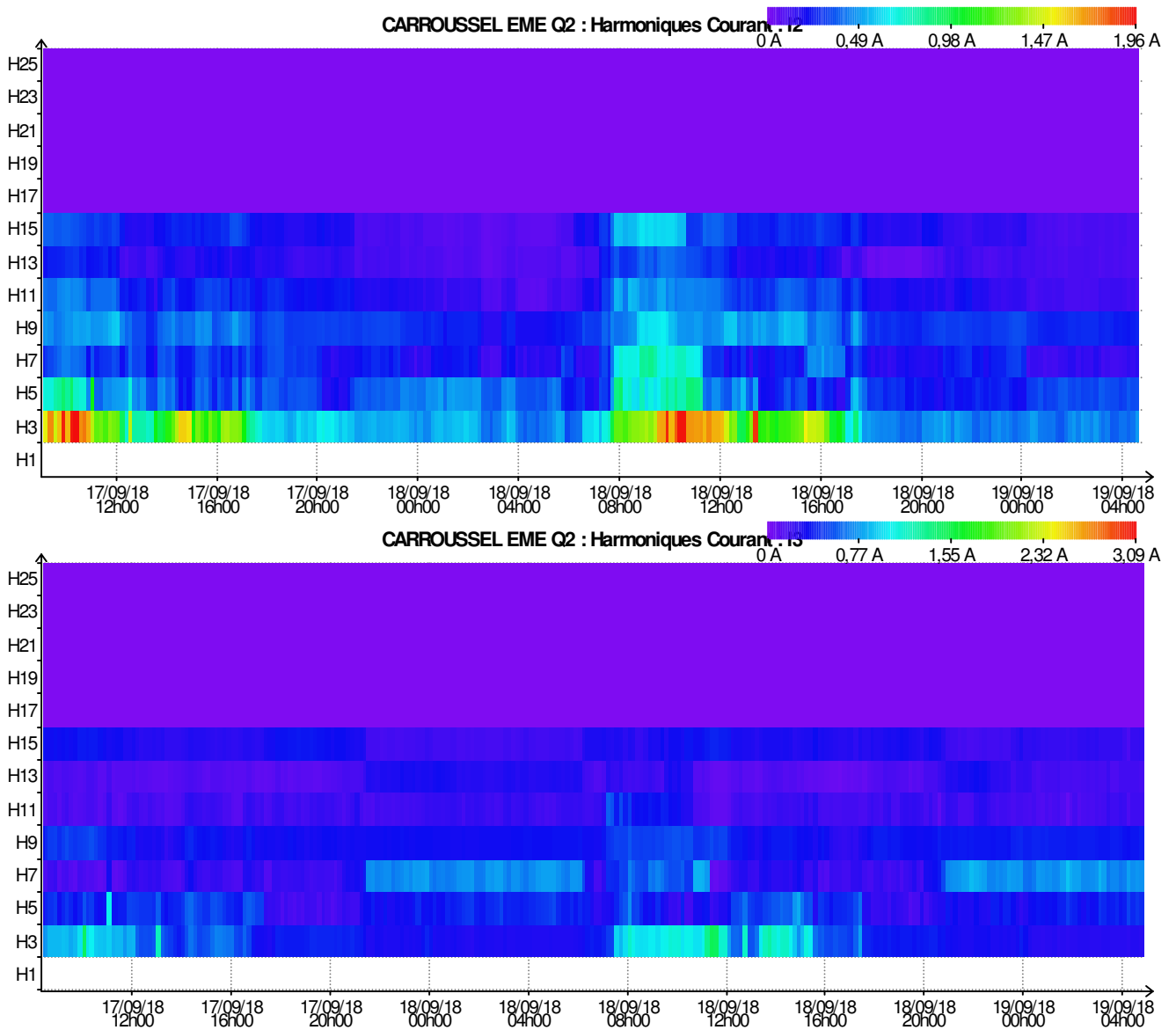
Le H7 (350 Hz) est aussi présent mais dans des pourcentages sans conséquence.

## 14. HARMONIQUES EN COURANT : 13 PREMIERS RANGS EN FONCTION DU TEMPS

**VALEURS MOYENNES EN POURCENTAGE DU FONDAMENTAL 10 Min.**

Le niveau des rangs harmoniques est indiqué par une couleur. Plus cette couleur est rouge plus la valeur est élevée. En haut à droite du graphique, l'échelle de couleur est donnée.





Nous remarquons que le rang 3 peut monter à 3 A ceci implique la possible circulation de 9 A dans le conducteur de neutre.

ANNEXES :

## A1. MOYEN DE MESURE MIS EN ŒUVRE

### **ALPTEC2333b :**



Les analyseurs de réseau ALPTEC2333 permettent un monitoring en temps réel précis de tous les paramètres électriques simultanément tels que :

Les creux, surtensions, et interruptions

Les valeurs efficaces des tensions et des courants

Les 52 rangs harmoniques et inter-harmoniques ainsi que la distorsion harmonique

Les composantes vectorielles (directes, inverses, homopolaires), et le déséquilibre

Le Flicker ou papillotement (Pst et Plt)

Les puissances actives, réactives, apparentes et déformantes

Les facteurs de puissance, les tangentes  $\phi$  et les facteurs de crête

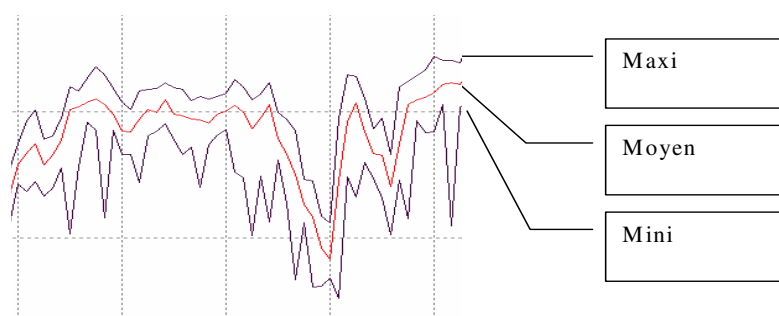
Pour plus de clarté, seules les grandeurs significatives sont présentées dans le présent rapport.

## Comment interpréter les graphes :

Valeurs RMS : données moyennes sur 10 minutes basées sur un calcul rms 200ms : la moyenne quadratique sur 10 périodes.

A chaque valeur rms sur 10 min est enregistré une valeur minimum et une valeur maximum : c'est le minimum (respectivement le maximum) atteint lors des 10 minutes.

Il en résulte que l'appareil enregistre le signal moyen et aussi l'enveloppe du signal :





## A2. TENSION PHASE PHASE: U

### **VALEURS MOYENNES EN VOLTS (V) RMS**

#### **Définition :**

Les valeurs de tensions sont mesurées entre phases : entre la phase 1 et 2 (U12), entre la phase 2 et 3 (U23), entre la phase 3 et 1 (U31). Pour un système équilibré les tensions entre phases divisées par racine de 3 sont égales à la tension entre neutre et phase :

$$V_i = U_{ij}/\sqrt{3}$$

Les valeurs moyennes 10 minutes sont le résultat de l'intégration des valeurs moyennes 200 ms synchronisées sur le réseau 50 Hz par PLL. Ces valeurs sont précises à 0.1% et sont calculées selon le standard CEI 61000-4-30 Class A.

#### **Indicateurs :**

Les tensions doivent rester autour de leur valeur nominale à +/-10% selon la norme EN50160.

Si la tension est trop basse cela entraine l'arrêt des charges alimentées.

Si la tension est trop haute cela peut entrainer des échauffements anormaux, un vieillissement prématuré voire la destruction de la charge.

#### **Solutions :**

Pour une tension trop élevée : regarder le réglage des TGBT.

Pour une tension basse ou chute de tension

Demander au fournisseur d'énergie de respecter la norme concernant la qualité de la tension.

Attention, les chutes de tension peuvent provenir de problèmes internes tels que :

appels de courant important (voir plus loin)

court circuits.

### A3. TAUX DE DISTORSION HARMONIQUE : THD

#### **VALEURS MOYENNES**

#### **Définition :**

Total Harmonic Distorsion (distorsion harmonique totale, abrégé THD) représente la variation d'un signal par rapport à une référence.

Le taux de distorsion harmonique total décrit l'influence des composantes harmoniques d'un signal

#### Méthode de calcul :

$$THD_V = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{51} V_h^2}}{V_1} \qquad THD_I = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{51} I_h^2}}{I_1}$$

Plus le taux de distorsion harmonique est élevé, plus le signal est déformé par rapport à la sinusoïde de référence.

**ATTENTION : en cas de coupure du signal (creux de tension ou absence de charge), le taux de distorsion est très élevé mais n'est pas caractéristique car il n'y a plus de signal (tension, courant) et donc la puissance dissipée à travers les harmoniques est faible.**

#### **Causes :**

#### **Solutions :**

Comme ces grandeurs sont directement liées aux harmoniques, les causes et les solutions seront exposées au chapitre concernant les harmoniques

#### A4. COURANT : I

##### **VALEURS MOYENNES EN AMPERES (A) RMS**

##### **Définition :**

Les courants par phase indiquent le courant consommé en aval des pinces (ou des transformateurs de courant). Pour un système consommateur, le courant donne une image de la consommation engendrée par la charge en aval. Pour un système générateur, ce courant donnera l'image de l'intensité délivrée et il prendra arbitrairement le signe moins.

##### **Indicateurs :**

La variation des valeurs en courant et les valeurs maximales vont donner une indication du comportement du système : plus les variations sont importantes plus le système peut être sollicité et quand il est sous dimensionné (diamètre de câbles, transformateurs), cela va entraîner des échauffements voir d'autre perturbations.

##### **Solutions :**

Pour des courants élevés : bien vérifier le dimensionnement des câbles : il dépend du matériau conducteur utilisé et de la section.

Quand les pics de courant perturbent le système (baisse de tension, taux d'harmoniques importants...). Pour diminuer les appels de courant : il y a différent cas selon le type de charge, par exemple pour un moteur, il faut envisager un démarrage type "étoile - triangle" une variation plus graduelle de la charge.

## A5. DESEQUILIBRE

### VALEURS MOYENNES 2Hrs

#### Définition :

Un système de tensions triphasées est réputé équilibré ou symétrique si les tensions et les courants présents sur les trois phases ont la même amplitude et sont déphasés l'un par rapport aux autres de 120°. Si une ou plusieurs de ces conditions ne sont pas respectées, le système est dit déséquilibré ou asymétrique.

De façon plus théorique :

En notant ( $V_i$ ,  $V_d$ ,  $V_0$ ) et ( $I_i$ ,  $I_d$ ,  $I_0$ ) les composantes symétriques respectivement des systèmes de tensions  $V_i$  et de courants  $I_i$ , nous pouvons écrire :

$$V_1 = V_d + V_i + V_0 \quad V_2 = a^2 V_d + a V_i + V_0 \quad V_3 = a V_d + a^2 V_i + V_0$$

$$I_1 = I_d + I_i + I_0 \quad I_2 = a^2 I_d + a I_i + I_0 \quad I_3 = a I_d + a^2 I_i + I_0$$

et en se souvenant que les opérateurs complexes  $a$  et  $a^2$  sont complexes conjugués,

$$I_1^* = I_d^* + I_i^* + I_0^* \quad I_2^* = a I_d^* + a^2 I_i^* + I_0^* \quad I_3^* = a^2 I_d^* + a I_i^* + I_0^*$$

$I_i^*$  ( $i = 1, 2, 3$ ),  $I_d^*$ ,  $I_i^*$ ,  $I_0^*$  sont les complexes conjugués de  $I_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ),  $I_d$ ,  $I_i$ ,  $I_0$ .

Cette décomposition est appelée : décomposition de Fortescue et définit les tensions, courant direct, inverses et homopolaires.

Le déséquilibre est alors le rapport des tensions, courants **inverses** sur les tensions, courant **direct** en pourcentage.

#### Cause :

Ils sont causés par des charges dissymétriques et des courts circuits. Ils entraînent la modification de l'équilibre des grandeurs électriques en présence.

Le type de courts-circuits et le mode de raccordement des charges dissymétriques déterminent le type de déséquilibre affectant le système électrique.

Certaines machines telles que les soudeuses sont parfois monophasées et provoquent alors du déséquilibre.

Un déséquilibre homopolaire s'identifie par la présence de composantes homopolaires dont l'amplitude dépend du choix du régime de neutre. Les composantes homopolaires sont pour ainsi dire des composantes pour lesquelles les 3 phases sont confondues en phase et en grandeur.

Le déséquilibre entraîne les problèmes suivants :

Augmentation de l'échauffement des machines tournantes.

Dégradation prématurée de machines due au couple inverse.

Endommagement des charges sensibles et même des appareils électroménagers.

#### **Solutions :**

La première mesure corrective à adopter est la maintenance pour réparer les charges 'absentes' sur certaines phases. Dans d'autre cas une solution plus technique avec des convertisseurs doit être envisagée, il faut alors s'adresser à un spécialiste.

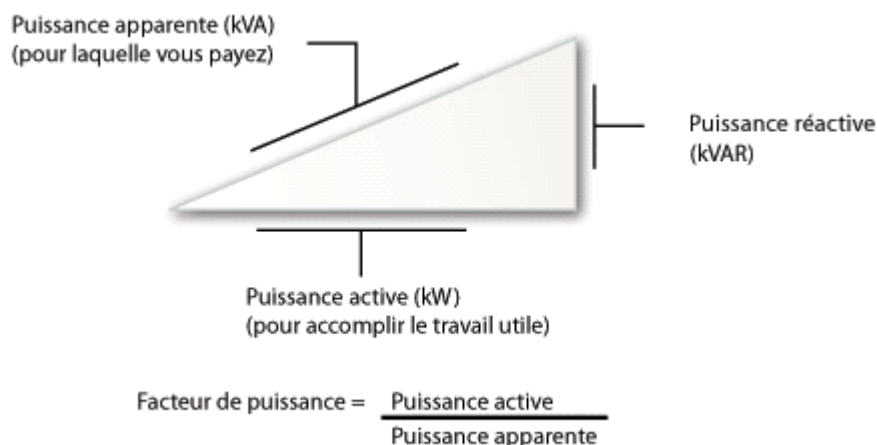
## A6. PUISSANCE APPARENTE : S

**VALEURS MOYENNES EN VOLTS AMPERES (VA) RMS 2 Hrs**

### Définition :

C'est le produit de la tension et du courant :  $S=U \cdot I$

La majorité des récepteurs ne sont pas purement résistifs mais ils ont un comportement soit inductif, soit capacitif. Cela implique un déphasage entre le courant et la tension. Pour ces cas, il est nécessaire de tenir compte du déphasage : la puissance apparente sera égale à la somme vectorielle de la puissance active et réactive :



Attention : traditionnellement la puissance apparente est définie par rapport à la fréquence fondamentale (50 Hz pour les réseaux européens) dans un régime purement sinusoïdale (qui n'est pas déformé par les harmoniques - voire définition plus loin). Quand il y a de la distorsion harmonique, le signal est dit non sinusoïdal et beaucoup des simplifications utilisées dans les conditions sinusoïdales n'ont plus lieu.

### Indicateurs :

La puissance apparente doit être inférieure à la puissance du TGBT, sinon il faut revoir le schéma unifilaire afin d'alléger la charge du TGBT ou il faut remplacer le TGBT.

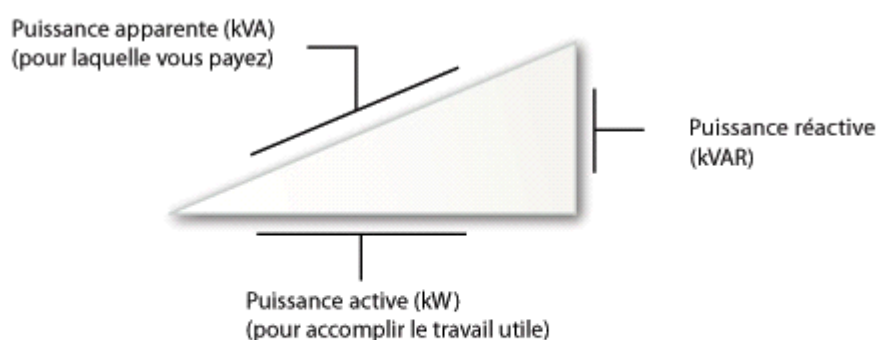
## A7. PUISSANCE ACTIVE : P

### VALEURS MOYENNES EN WATTS (W) RMS

#### Définition :

La Puissance active est aussi communément appelée puissance vraie. Elle représente la puissance directement transformée dans d'autre forme de puissances (mécanique, thermique...). Par exemple le travail demandé à un moteur est de convertir la puissance électrique en puissance mécanique.

La part de puissance directement transformée provient de la partie du courant en phase avec la tension, autrement dit de la projection du courant sur l'axe des tensions :



$$\text{Facteur de puissance} = \frac{\text{Puissance active}}{\text{Puissance apparente}}$$

La puissance active est le taux pour lequel l'énergie est dépensée, consommée ou dissipée directement par la charge et est mesurée en Watts.

$$P = U \times I \times \cos \varphi$$

où " $\varphi$ " (ou "phi") est le déphasage du courant par rapport à la tension.

Dans des conditions non sinusoïdales, il faut tenir compte de toutes les composantes du système pour calculer cette puissance active.

#### Indicateurs :

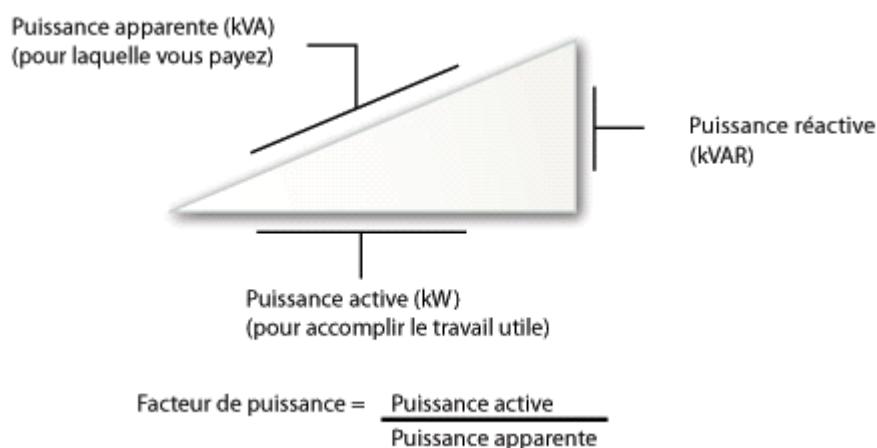
Plus la puissance active est proche de la puissance apparente plus le rendement du système est optimal.

## A8. PUISSANCE REACTIVE : Q

### VALEURS MOYENNES EN VOLTS AMPERES REACTIFS (Var) RMS

#### Définition :

La Puissance réactive représente la puissance perdue. La part de puissance apparente non transformée en puissance utile (mécanique, thermique...) provient de la partie du courant projetée sur l'axe imaginaire :



$$Q = U \times I \times \sin \varphi$$

où " $\varphi$ " (ou "phi") est le déphasage du courant par rapport à la tension.

Dans des conditions non sinusoïdales, il faut tenir compte de toutes les composantes du système pour calculer cette puissance active.

Elle sert en particulier à créer dans les bobinages des moteurs, transformateurs, le champ magnétique sans lequel le fonctionnement serait impossible. La puissance réactive Q (kVar) est dite "improductive" pour l'utilisateur.

#### Causes :

**Les récepteurs consommant le plus d'énergie réactive sont :**

- les moteurs à faible charge
- les machines à souder
- les fours à arc et induction
- les redresseurs de puissance

#### Solutions :

Il existe différents systèmes pour produire de l'énergie réactive en particulier les compensateurs asynchrones et les condensateurs shunt (ou série pour les grands réseaux de transport).



**Le condensateur est le plus utilisé compte-tenu :**

- . de sa non-consommation en énergie active,
- . de son coût d'achat,
- . de sa facilité de mise en œuvre,
- . de sa durée de vie (10 ans environ),
- . de son très faible entretien (appareil statique).

## A9. FACTEUR DE PUISSANCE : PF

### VALEURS MOYENNES

#### Définition :

Le **facteur de puissance (PF)** est une caractéristique d'un récepteur électrique.

Il est égal à P, la puissance active consommée par la charge divisée par la puissance apparente, il tient compte des composantes harmoniques. C'est une valeur signée suivant que la mesure soit faite sur un récepteur (>0) ou un générateur (<0).

Remarque : en l'absence d'harmoniques :  $PF = \cos(\varphi)$ .

Le facteur de puissance est un paramètre qui rend compte de l'efficacité qu'a une charge pour transformer de la puissance lorsqu'elle est traversée par un courant.

Le facteur de puissance est compris entre 0 et 1. Une charge donnant lieu à un facteur de puissance de 0.9 exprime que cette charge peut effectivement transformer 90% de la puissance apparente en travail utile (watts).

Un facteur de puissance égal à 1 ne conduira à aucune consommation d'énergie réactive (résistance pure).

Un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à une consommation d'énergie réactive d'autant plus importante qu'il se rapproche de 0 (inductance pure).

Dans une installation électrique, le facteur de puissance pourra être différent d'un atelier à un autre selon les appareils installés et la manière dont ils sont utilisés (fonctionnement à vide, pleine charge, ...).

#### Causes :

**Les récepteurs consommant le plus d'énergie réactive sont :**

- les moteurs à faible charge
- les machines à souder
- les fours à arc et induction
- les redresseurs de puissance

#### Solutions :

Il existe différents systèmes pour produire de l'énergie réactive en particulier les compensateurs asynchrones et les condensateurs shunt (ou série pour les grands réseaux de transport).

**Le condensateur est le plus utilisé compte-tenu :**

- . de sa non-consommation en énergie active,
- . de son coût d'achat,

. de sa facilité de mise en œuvre,

## A10. LES HARMONIQUES U ET I

### VALEURS MOYENNES 2 Hrs

#### Définition :

Les harmoniques désignent une déformation du signal sinusoïdal due à l'absorption non linéaire du courant. Autrement dit, les charges générant des harmoniques n'absorbent pas un courant qui est l'image exacte de la tension comme le ferait une résistance. Il en résulte que le signal électrique est déformé. La difficulté est alors d'estimer quelle est la vraie valeur de ce signal et les éventuels impacts des composantes harmoniques.

Hormis des phénomènes destructeurs, mais heureusement rares comme la rupture du conducteur neutre ou le claquage de condensateurs, les effets instantanés sont généralement très limités avec les appareils modernes. On peut néanmoins citer des déformations d'images, des distorsions du son, des décalages d'horloges à 50 Hz, des mesures erronées avec des appareils à référence de tension...

A long terme, on note surtout des échauffements supplémentaires des conducteurs et des circuits magnétiques (moteurs, transformateurs,...).

Si globalement les effets sont difficiles à évaluer, il faut surtout être prudent sur la réduction du conducteur de neutre qui peut se trouver surchargé en harmoniques de rang 3 très fréquentes et qui s'additionnent sur ce conducteur.

Pour quantifier et représenter ces phénomènes, on utilise un artifice mathématique nommé "décomposition en série de Fourier" qui permet de représenter n'importe quel signal périodique sous la forme de la somme d'une onde fondamentale et d'ondes additionnelles, les harmoniques, dont la fréquence est multiple de la fondamentale.

On parle ainsi souvent de rangs d'harmoniques :

rang 1 : 50 Hz (fondamentale)

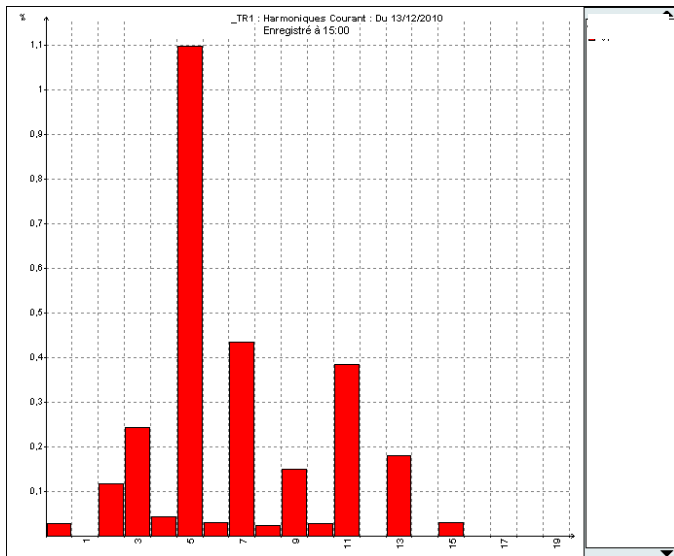
rang 2 : 100 Hz

rang 3 : 150 Hz

rang 5 : 250 Hz

rang 7 : 350 Hz

rang 50 : 2500 Hz qui est généralement la limite considérée.



Les harmoniques peuvent être exprimées rang par rang, en tension ou en courant, en pourcentage de la valeur de la fréquence fondamentale ou en valeur réelle (volts ou ampères).

De toutes les perturbations, les harmoniques ont pour particularité de ne pas montrer d'influence locale directe au même titre que les autres perturbations que sont les transitoires, les surtensions, les microcoupures... dont les effets directs ou réciproques entre appareils sont à la fois visibles et identifiables. Les harmoniques désignent un phénomène global où chaque utilisateur n'apporte qu'une petite fraction de perturbations dégradant le réseau, mais où les effets cumulés sont de moins en moins négligeables.

**Causes :**

Tous les appareils possédant une alimentation redressée monophasée suivie d'un découpage (rangs 3, 5, 7, majoritairement) : télévision, ordinateur, fax, lampe à ballast électronique;

Les gradateurs monophasés utilisant la variation de l'angle de phase (rangs 3, 5, 7) : variateurs, régulateurs, démarreurs,

Les équipements à arc (rangs 3, 5) : fours, soudure,

Les redresseurs de puissance à thyristors (rangs 5, 7) : alimentation de moteurs à vitesse variable, de fours, d'onduleurs,

Les machines à circuit magnétique si celui-ci est saturé (rang 3) : transformateurs, moteurs;

Les appareils d'éclairage à arc contrôlé (rang 3) : lampes à ballast électromagnétique, lampe à vapeur haute pression, tubes fluo,

Le rang d'harmonique 3 était jusqu'alors prépondérant, mais il est arrêté par les transformateurs HT/BT et ne remonte donc pas sur le réseau de distribution. Ce n'est plus le cas avec les rangs supérieurs 5 et 7 qui croissent actuellement, d'où les limites

en pourcentage de tension fixée par la norme EN50160 au point de livraison :

- rang 3 —> 5 %
- rang 5 —> 6 %
- rang 7 —> 5 %
- rang 9 —> 1,5 %
- rang 11 —> 3,5 %, etc.

**Solutions :**

Quelques solutions sont présentées ci-dessous :

Rechercher une puissance de court circuit la plus élevée possible (impédance de source faible).

Connecter les charges polluantes le plus en amont possible du réseau.

Alimenter les charges polluantes par une source séparée.

Placer des inductances en amont de ces charges.

Utiliser des filtres LC passifs (batterie de condensateurs et self) accordés sur la fréquence du ou des harmoniques à atténuer.

Ces filtres (R, L, C) sont de types :

- Shunt résonnant.

- Amortis.

Confiner les harmoniques (suppression en amont des transformateurs grâce à un couplage particulier).

Filtrage actif pour réduire les courants harmoniques.

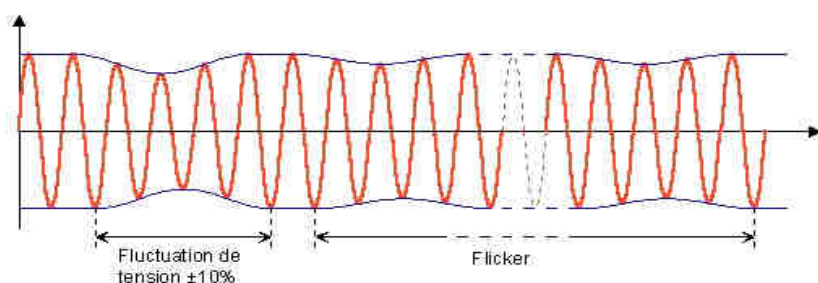
## A11. LE FLICKER: PST

### VALEURS MOYENNES 10 Min

#### Définition :

Le flicker est un phénomène de gêne physiologique visuelle ressenti par les utilisateurs de lampes alimentées par une source perturbée. La gêne correspondant au scintillement se manifeste sur les lampes. Attention, les charges perturbatrices peuvent se trouver connectées à tout niveau de tension. La norme de référence concernant cette grandeur est la norme : IEC 61000-3-7.

Ci-dessous, fluctuations typiques de la tension entraînant du flicker :



Le Flicker est un calcul statistique issu de la mesure des variations rapides de tension et défini par la norme EN 61000-4-15.

Ces fluctuations peuvent entraîner des effets négatifs sur l'homme (mal de tête, irritabilité et parfois même épilepsie) mais aussi, des fatigues ou dysfonctionnements sur les équipements industriels.

La nature de ce phénomène est aléatoire (car le flicker est provoqué uniquement par certaines charges), le niveau instantané de flicker peut varier considérablement et de façon imprévisible pendant cette période. Le flicker est dit de courte durée (short time) quand il est calculé sur un intervalle de 10 minutes. Il est assez long pour éviter d'accorder trop d'importance à des variations isolées de tensions. Il est également assez long pour permettre à une personne non avertie de remarquer la perturbation et sa persistance. La période de 10 minutes sur laquelle a été basée l'évaluation de la sévérité du flicker de courte durée est valable pour l'estimation des perturbations causées par des sources individuelles telles que les laminoirs, pompes à chaleur ou appareils électrodomestiques. Dans le cas des longues durées (long time), il est question de Plt : la durée de mesure est alors définie à 2 heures, durée considérée comme appropriée au cycle de fonctionnement de la charge ou durée pendant laquelle un observateur peut être sensible au flicker longue durée ou Plt.

#### Causes :

Les fluctuations brusques de la tension du réseau sont à l'origine de ce phénomène. Le flicker résulte surtout des fluctuations rapides de faible amplitude de la tension d'alimentation provoquées :

1- soit par les appels de puissance importants et variable de charges type fours à arc, soudeuses, moteurs, etc.,



2- soit les à-coups de charges importantes : démarrage moteurs, manœuvre de batteries de condensateurs en gradins, etc.

Surtout étudié pour les lampes à incandescence, le flicker est plus ou moins important selon le type de source lumineuse. Il peut avoir des causes autres que les variations de tension.

#### **Solutions :**

Tout d'abord il faut déterminer dans le réseau quelle est la source de Flicker pour éventuellement l'isoler. D'autres solutions sont adaptées suivant le type de charge qui provoque le Flicker :

Modification du type d'éclairage,

Adaptation du fonctionnement du perturbateur,

Installation d'un équipement de réduction de flicker par exemple une batterie de compensation statique type Alpistatic.



**ALPES TECHNOLOGIES**

**LE SPÉCIALISTE  
DE LA COMPENSATION  
D'ÉNERGIE RÉACTIVE**

**L'ACTEUR  
INCONTOURNABLE  
DES ONDULEURS**

**S2S  
Onduleurs**

 **legrand**<sup>®</sup>

**ENERGIES SOLUTIONS**

Alpes Technologies et S2S Onduleurs, marques du Groupe Legrand, ont décidé d'unir leur expertise et leurs solutions produits pour devenir **Legrand Energies Solutions**.

Cette nouvelle synergie permet de répondre encore plus efficacement à vos exigences en termes de qualité de l'énergie et de continuité de service.

## L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

En réduisant considérablement les consommations d'énergie, les solutions Legrand offrent un impact environnemental positif et participent à l'efficacité énergétique.

- ▶ **Batteries de condensateurs**  
Alpes Technologies  
Faire des économies sur  
votre facture d'énergie



Armoire haute tension



Batteries de condensateurs  
automatiques Alpes et  
Alpex avec et sans selfs  
anti-harmoniques



Cablot fix Alplex  
avec disjoncteur intégré

BASSE TENSION	Armoires fixes Alplex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avec disjoncteur intégré</li> <li>• Ensemble monté et câblé dans coffres au montage</li> </ul>
	Batteries automatiques Alpex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Équipées de condensateurs secs Alpiver<sup>®</sup> avec et sans selfs jusqu'à 900 kVA + compensation dynamique avec selfs jusqu'à 1500 kVA</li> </ul>
	Batteries automatiques Alpex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence d'interruptions et de surtensions transitoires</li> <li>• Temps de réponse très court (40 millisecondes max.)</li> </ul>
HAUTE TENSION	Batteries automatiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception sur mesure</li> </ul>

- ▶ **Audit et solutions de performance  
énergétique**  
Avec l'audit qualité de l'énergie,  
nous mesurons, vous optimisez !

- ▶ **Filtres actifs**  
Protéger vos installations

- Traitement des harmoniques en temps réel
- Diminution des coûts de maintenance et d'arrêt machine



Filtres actifs  
Alplex  
et Alpex  
régulier

- ▶ **Eco transformateurs secs**  
Qualité, fiabilité et respect  
de l'environnement garantis

- Conformés à la norme NF EN 50541-1
- Pertes extrêmement réduites pour un rendement très élevé
- Coûts d'exploitation réduits
- Réduction du CO<sub>2</sub> de près de 400 tonnes sur 20 ans

- ▶ **Redresseurs industriels**  
Assurer la continuité  
de l'alimentation

- Système modulaire redondant
- Tensions de 24 à 200 V DC
- Option C33100



Campagne de mesure sur site :

**12 POUCES**

Réalisée le 19/09/2018

Par :

**N SCHWEY**