

DERICHEBOURG ENERGIE
À l'attention de Monsieur Christophe DELPRAT

Paris, le 23 décembre 2022

Monsieur,

Suite à la campagne de mesures réalisées sur la distribution électrique du site Hôpital Louis Mourier à Colombes (92), du 15 au 21 décembre 2022, veuillez trouver ci-joint notre rapport de mesures et expertise.

Restant à votre disposition pour toute information complémentaire, nous vous prions, Monsieur, de recevoir nos sincères salutations.

Fodé GOUDIABY
Société EduWatt

Intervenant pour la société EduWatt :

Mr Fodé GOUDIABY

Sommaire

1. Instrumentation mise en œuvre	3
2. Objet de la mission.....	3
3. Présentation des mesures	4
3.1. Mesures sur TRAA	4
3.2. Mesures sur TRAB	9
4. Interprétation des mesures	15
4.1. TRAA.....	15
4.2. TRAB.....	17
5. Conclusions.....	19

1. Instrumentation mise en œuvre

Analyseurs de réseau : CA 8335
Pincés ampèremétriques : AmpFLEX 6500 A

2. Objet de la mission

Vous souhaitez réaliser la surveillance des grandeurs électriques, sur site de votre client final Hôpital Louis Mourier à Colombes (92), au niveau de deux départs électriques (TRAA et TRAB), sans batteries de condensateurs servant à compenser la puissance réactive, en relevant le facteur de déplacement à un niveau admissible et à lisser les formes d'onde de tension; afin de connaître de façon certaine le besoin de compensation d'énergie réactive, mais aussi de disposer d'informations indispensables sur la qualité de la tension fournie aux charges électriques en aval des deux départs électriques ; permettant d'effectuer un éventuelle dimensionnement et une détermination adaptés du type de batteries de condensateurs (normales, renforcées ou équipées de self anti-harmoniques).

À ces fins nous avons convenu la campagne de mesures suivante :

Mise en œuvre de deux analyseurs de réseau afin d'effectuer les :

Mesures aux temps longs, au niveau des deux départs électriques (TRAA et TRAB), de la qualité de l'énergie électrique, au sens de la norme EN 50160 et du bilan de puissances électrique, avec échantillonnage des grandeurs toutes les secondes et fourniture des valeurs maximales, moyennes et minimales entre deux échantillons.

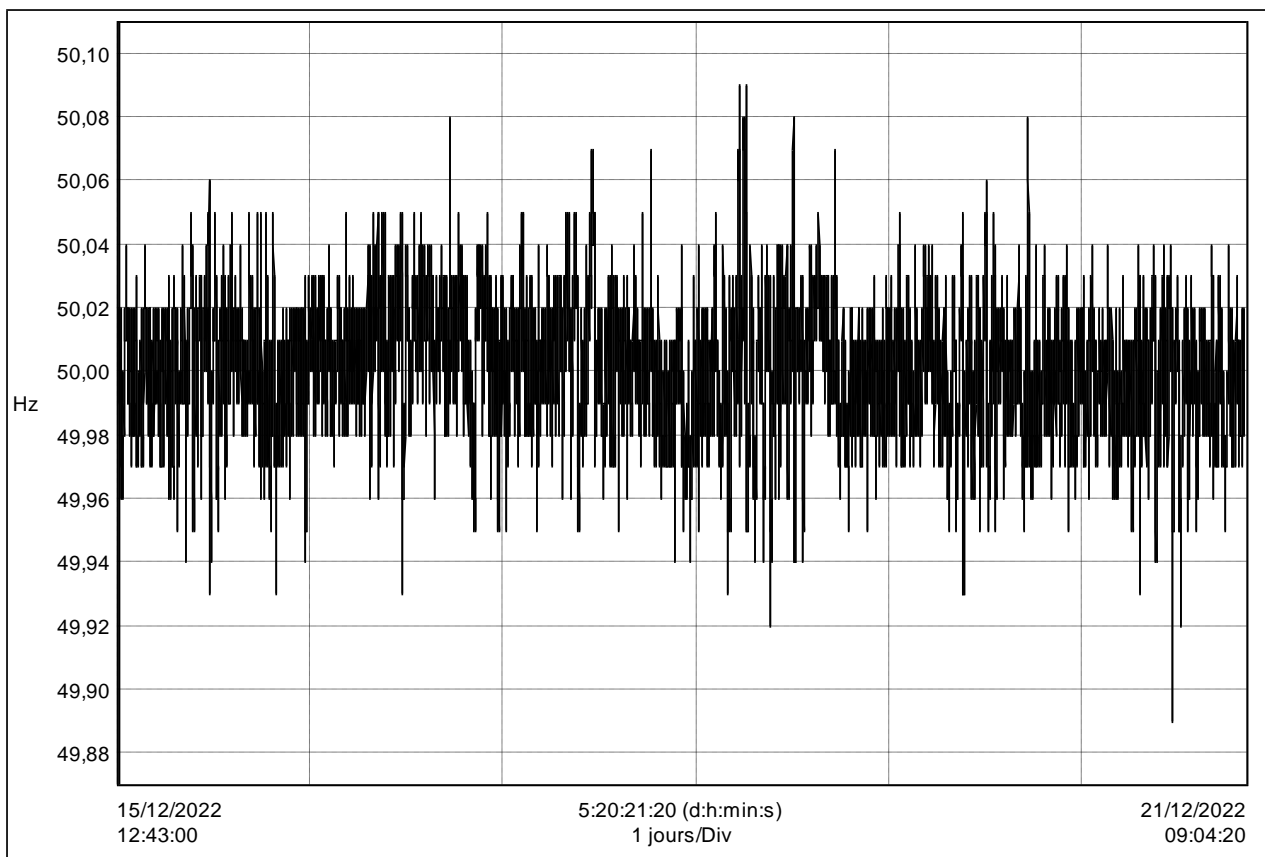
Grandeurs mesurées :

- ✓ Valeurs efficaces des tensions simples sur les trois phases
- ✓ Valeurs efficaces des tensions composées sur les trois phases
- ✓ Valeurs efficaces des courants dans les trois phases et dans le neutre
- ✓ Puissances actives, réactives, et apparentes sur les trois phases et totales
- ✓ Taux de distorsion harmonique en tension sur les trois phases
- ✓ Taux de distorsion harmonique en courant sur les trois phases
- ✓ Le facteur de déplacement pour les trois phases
- ✓ La fréquence

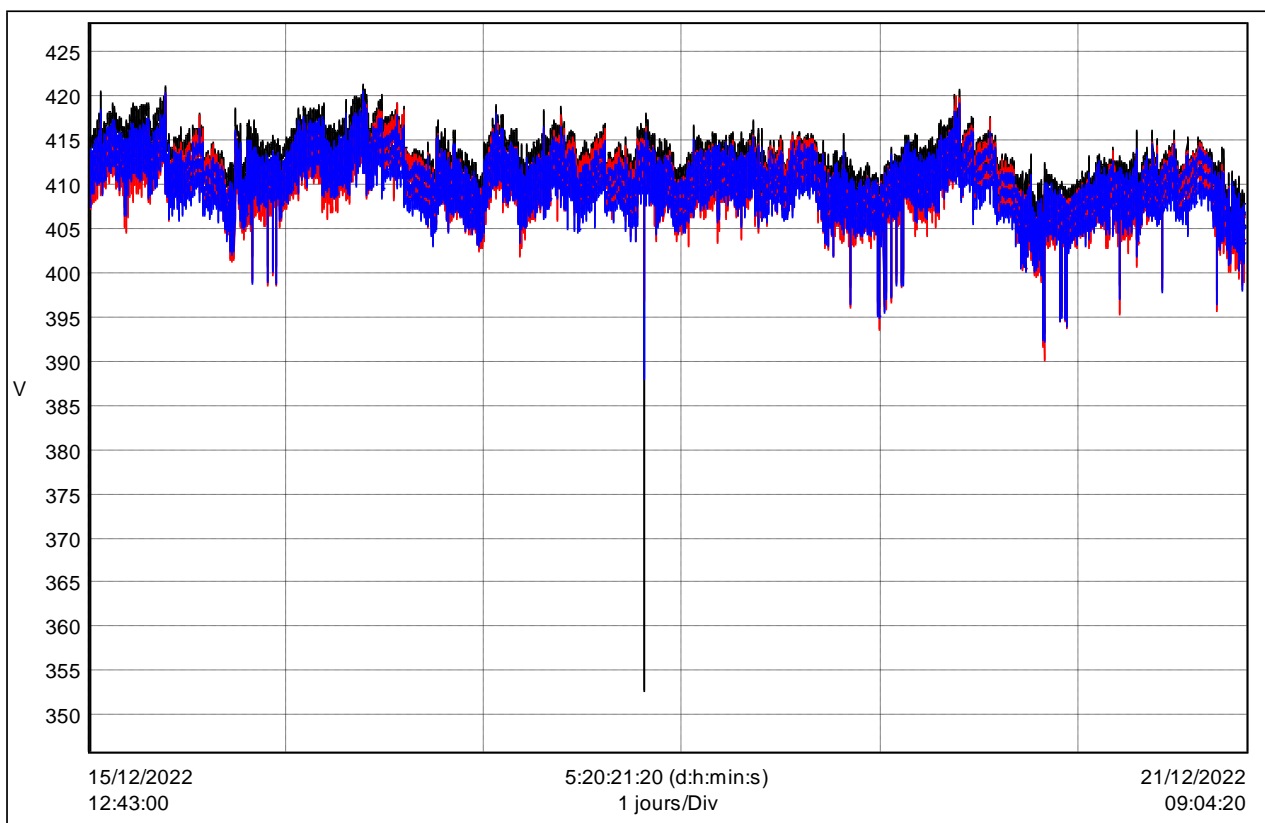
Nous présentons ci-dessous les mesures significatives pour la définition du besoin en compensation de puissance réactive sur les deux départs électriques (TRAA et TRAB).

3. Présentation des mesures

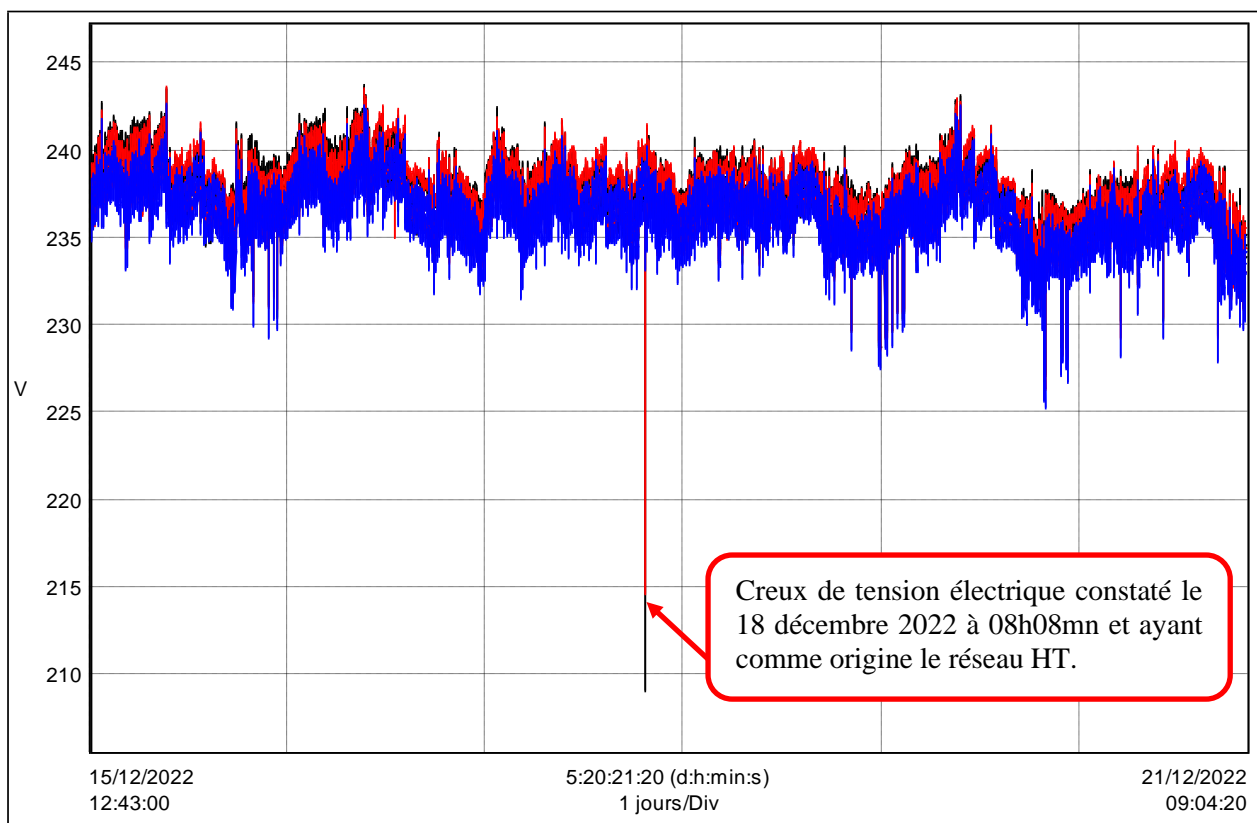
3.1. Mesures sur TRAA



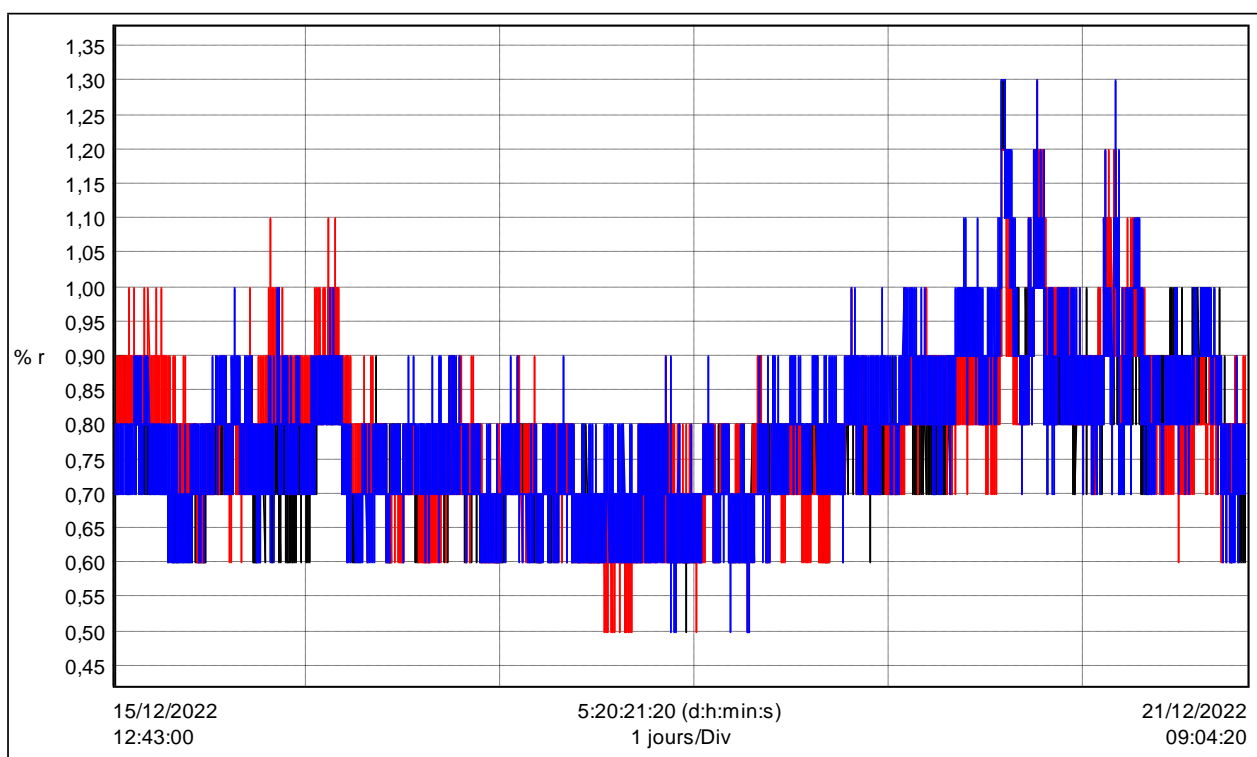
Fréquence



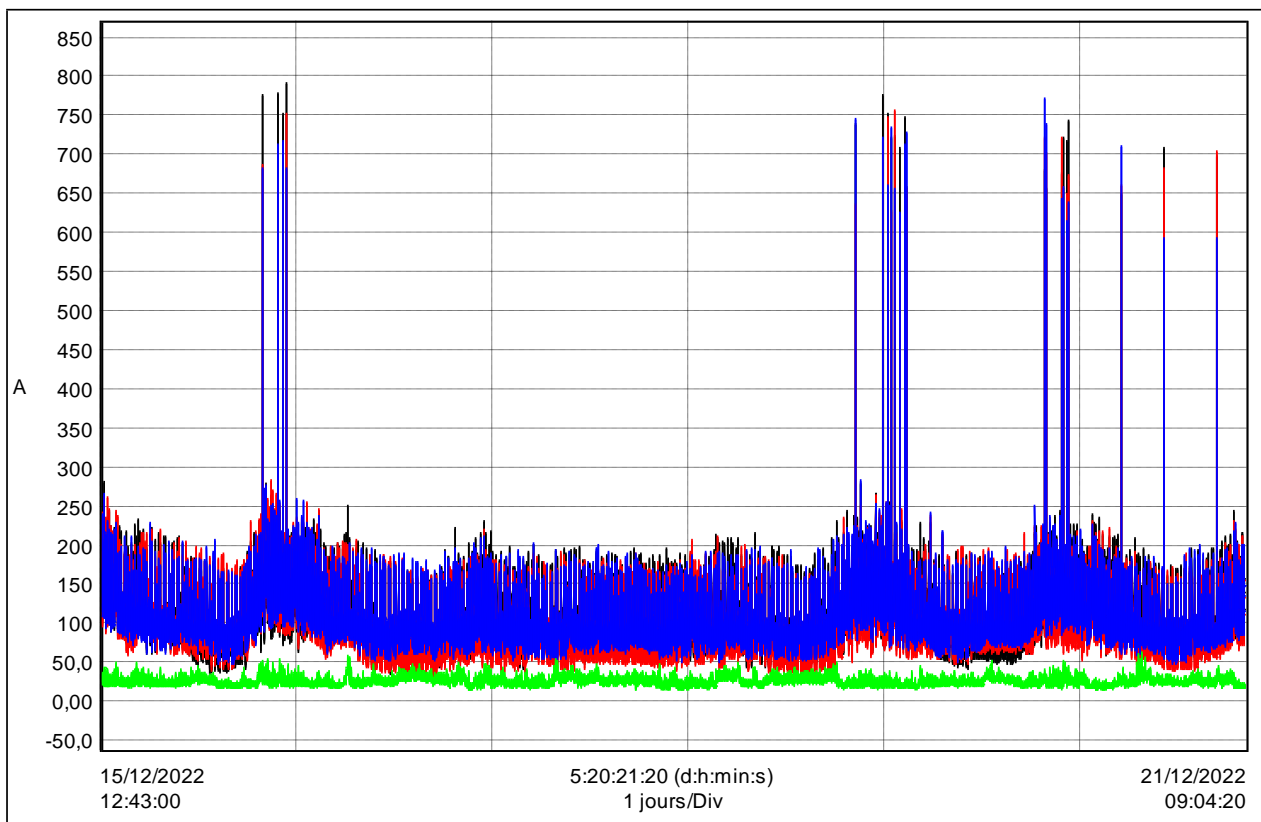
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en tensions composées mesurées sur les 3 phases



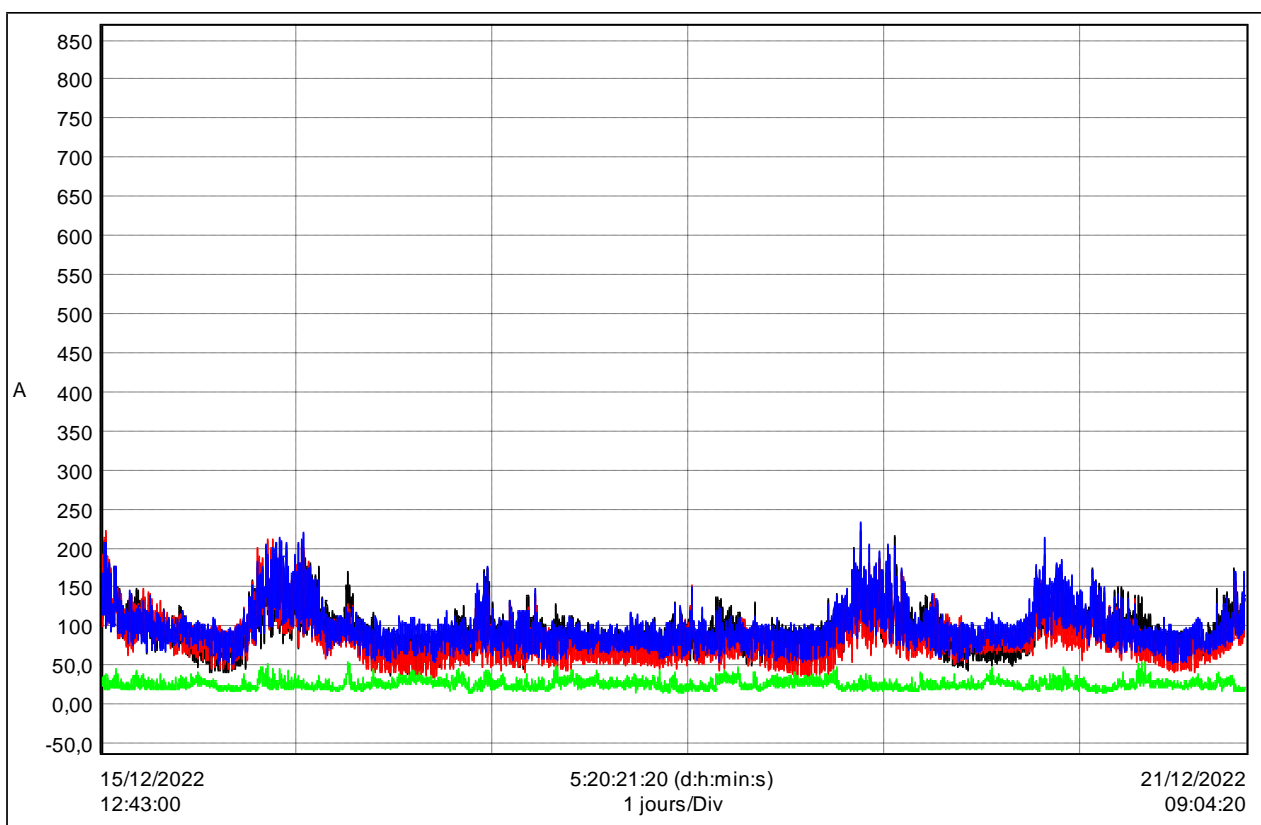
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en tensions simples mesurées sur les 3 phases



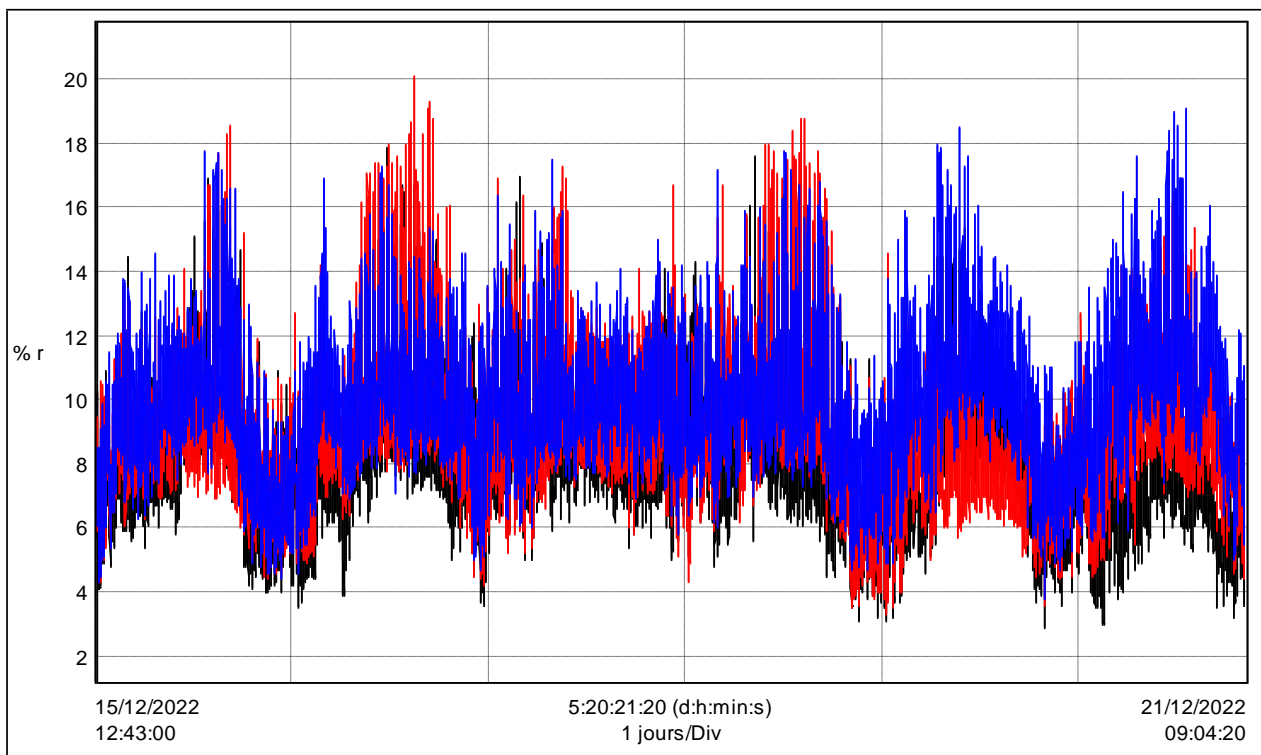
Valeurs des taux de distorsion harmonique en tensions mesurées sur les 3 phases



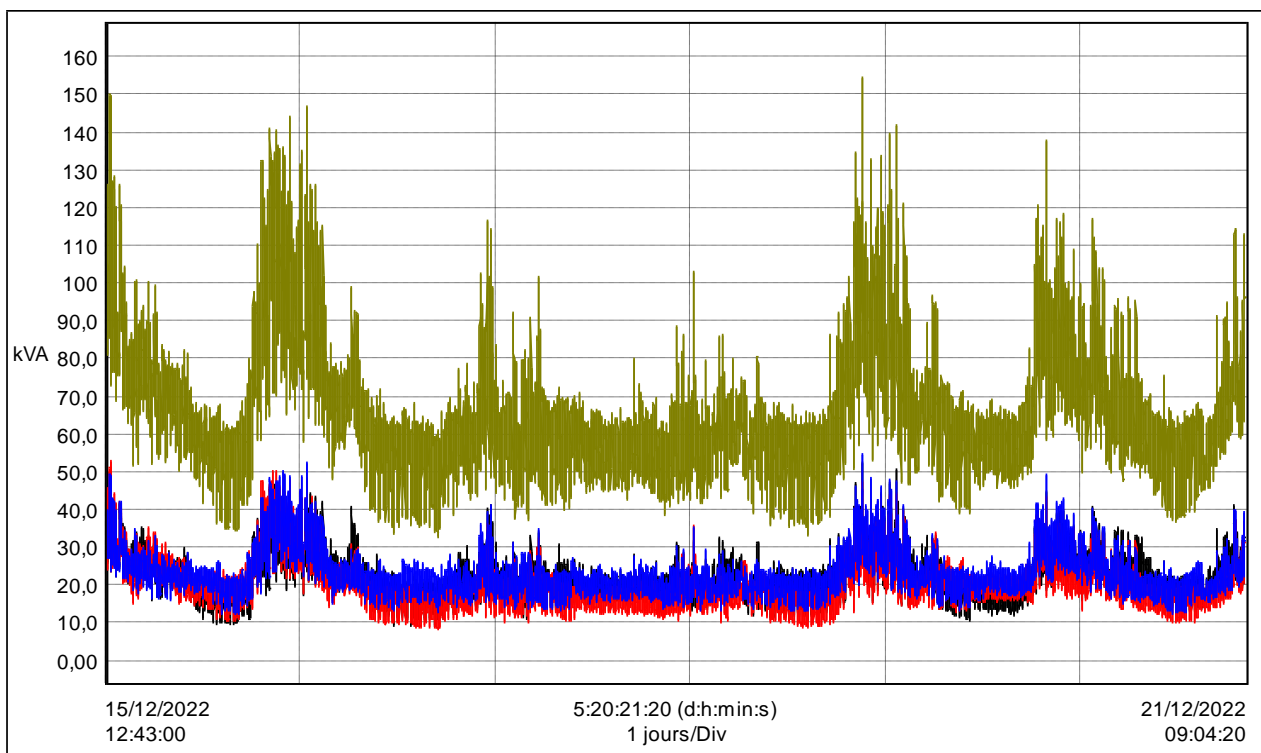
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en courants mesurées sur les 3 phases et dans le neutre



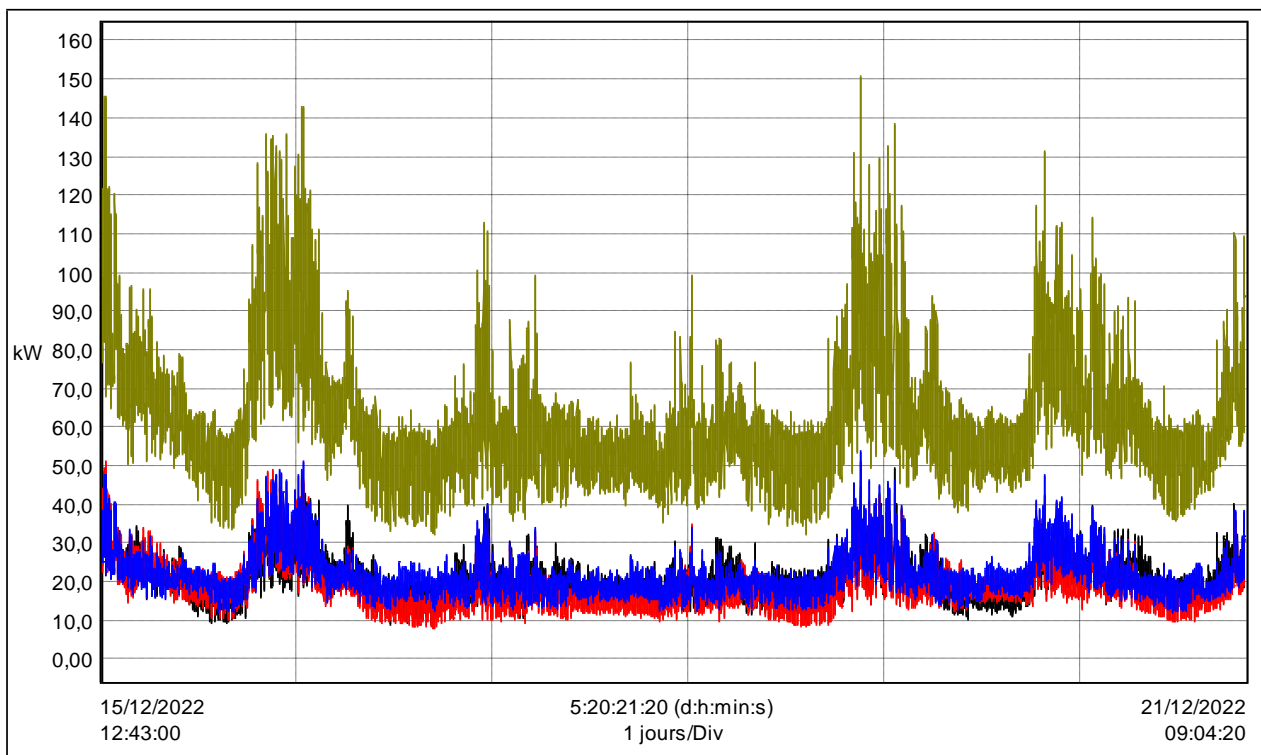
Valeurs efficaces moyennes en courants mesurées sur les 3 phases et dans le neutre



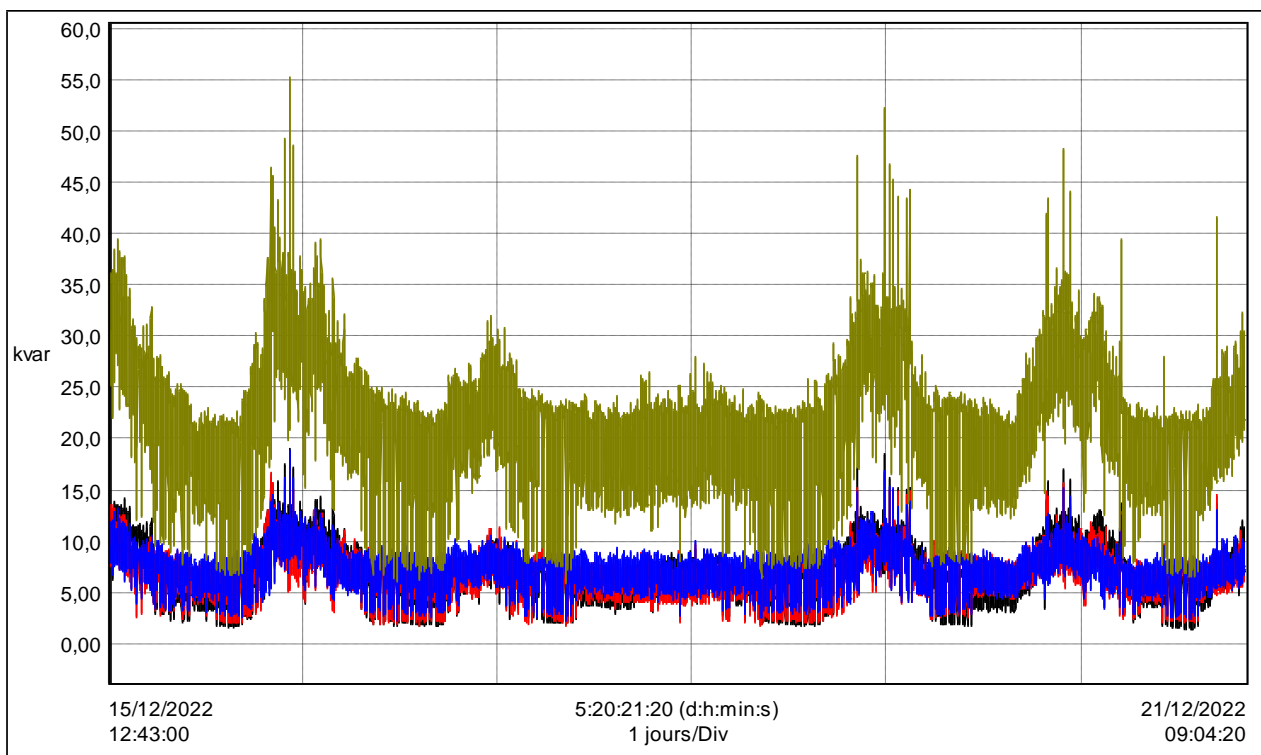
Valeurs des taux de distorsion harmonique en courants mesurées sur les 3 phases



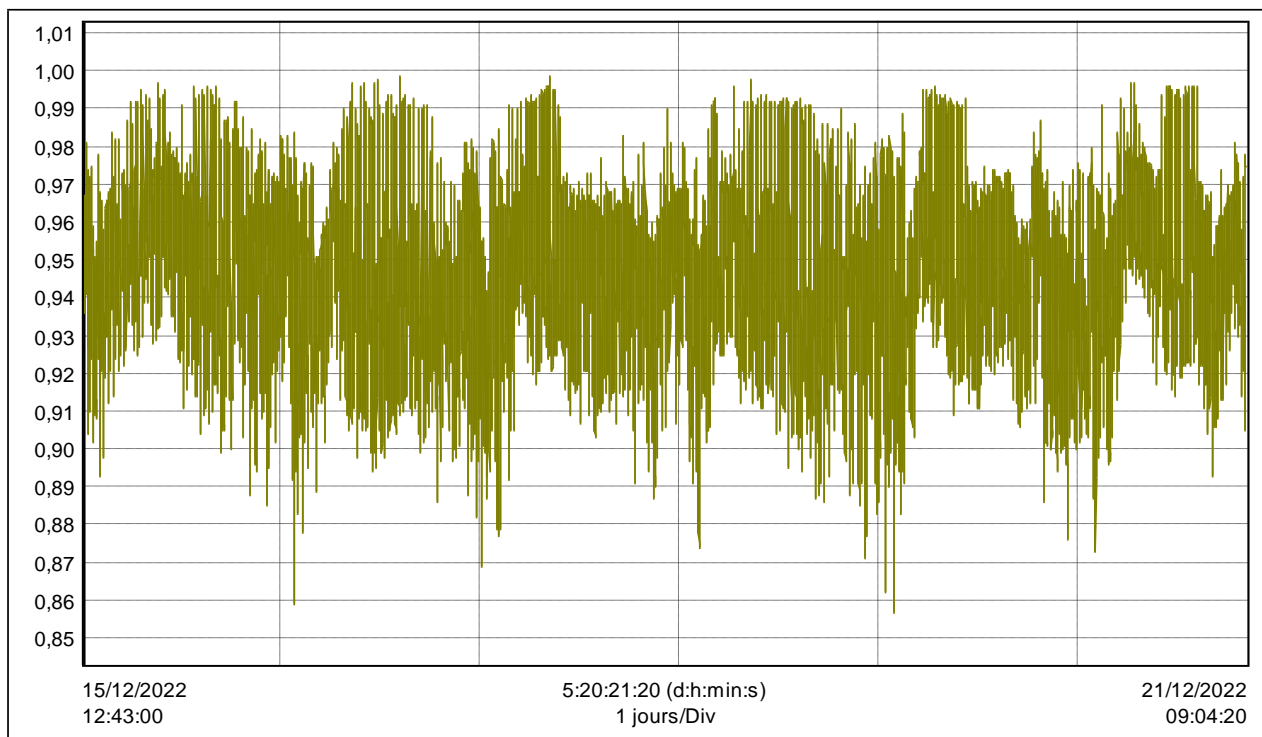
Valeurs des puissances apparentes sur les 3 phases et totale



Valeurs des puissances actives sur les 3 phases et totale

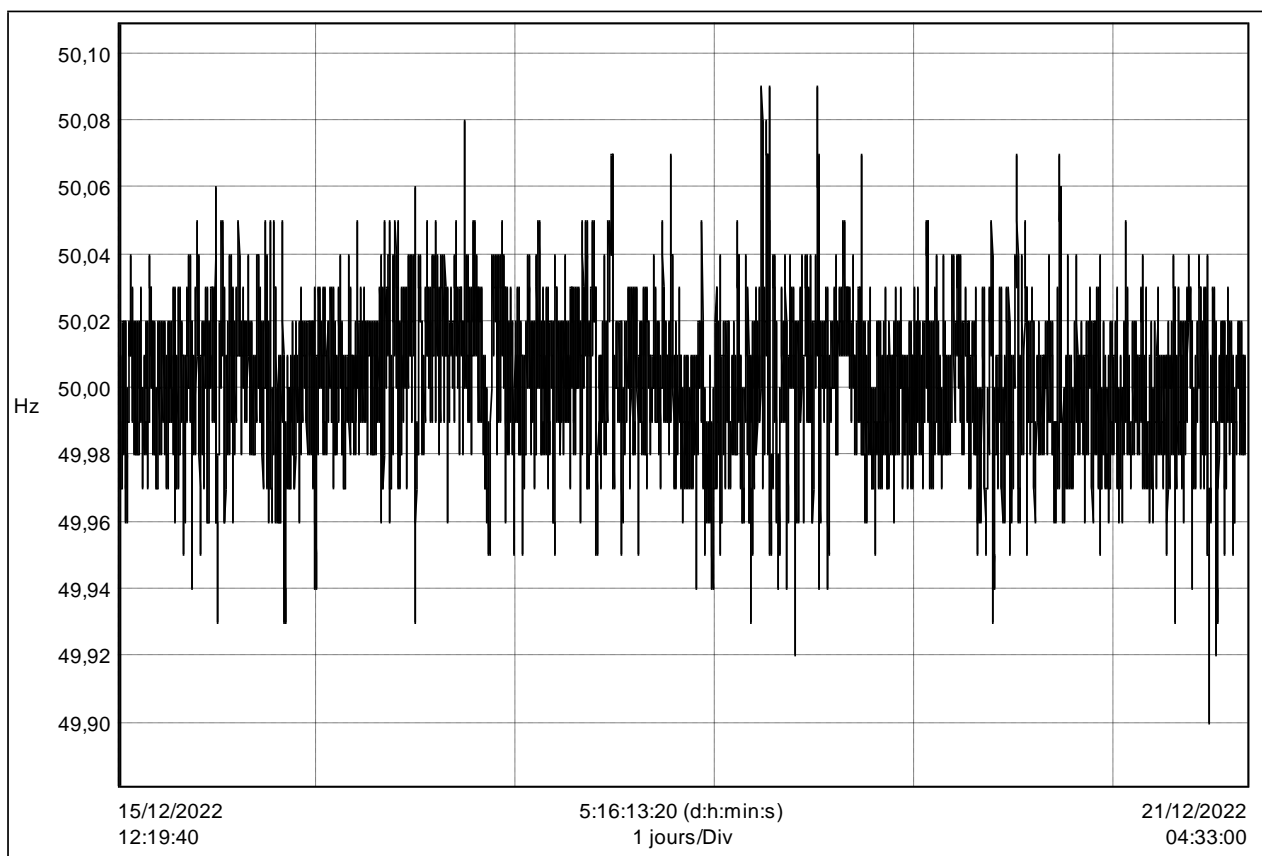


Valeurs des puissances réactives sur les 3 phases et totale

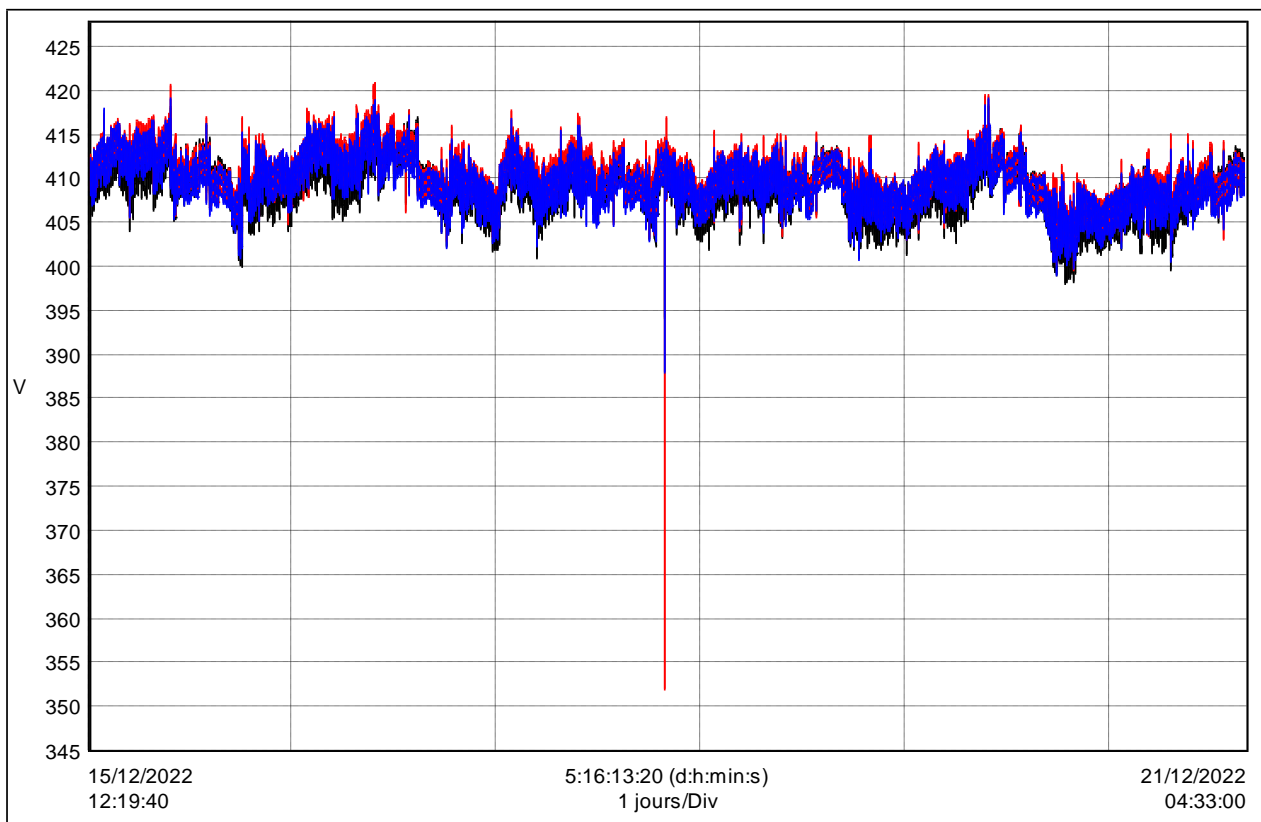


Facteur de déplacement total

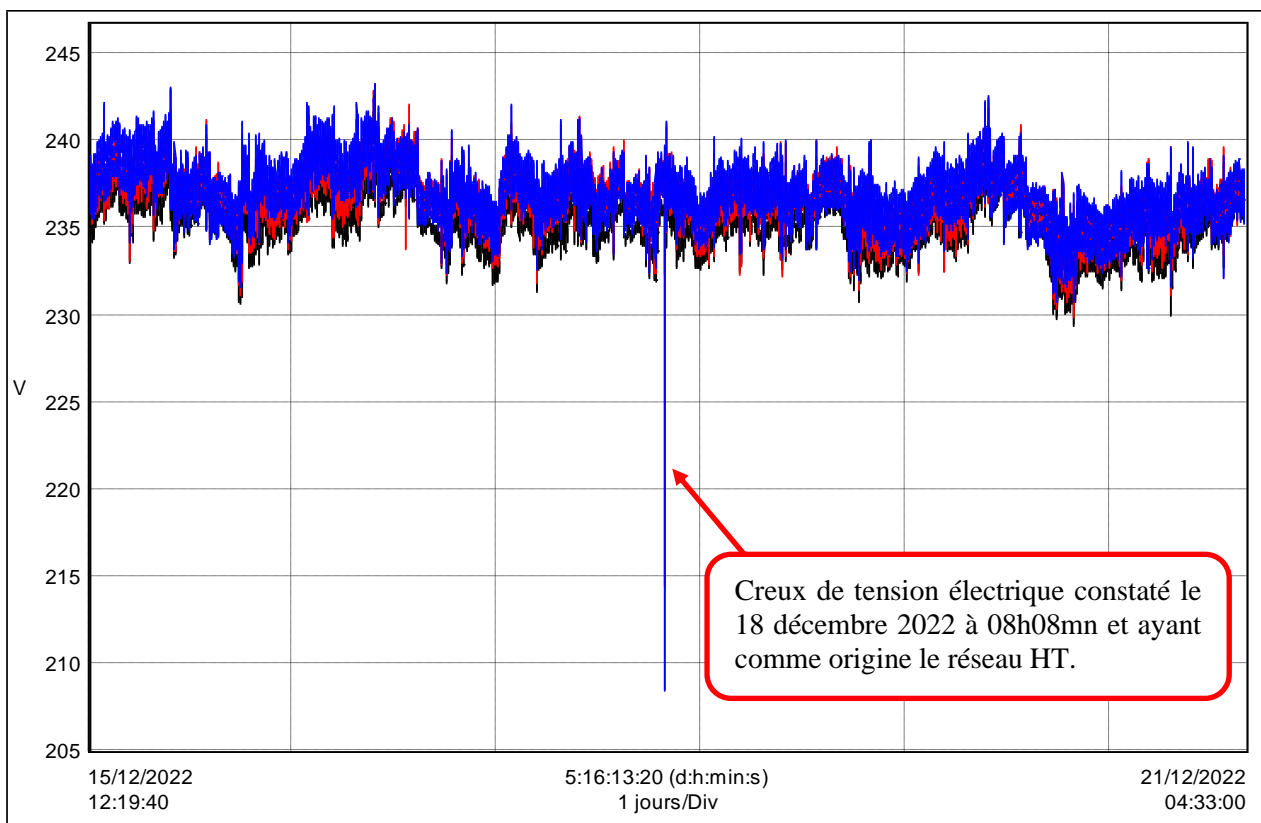
3.2. Mesures sur TRAB



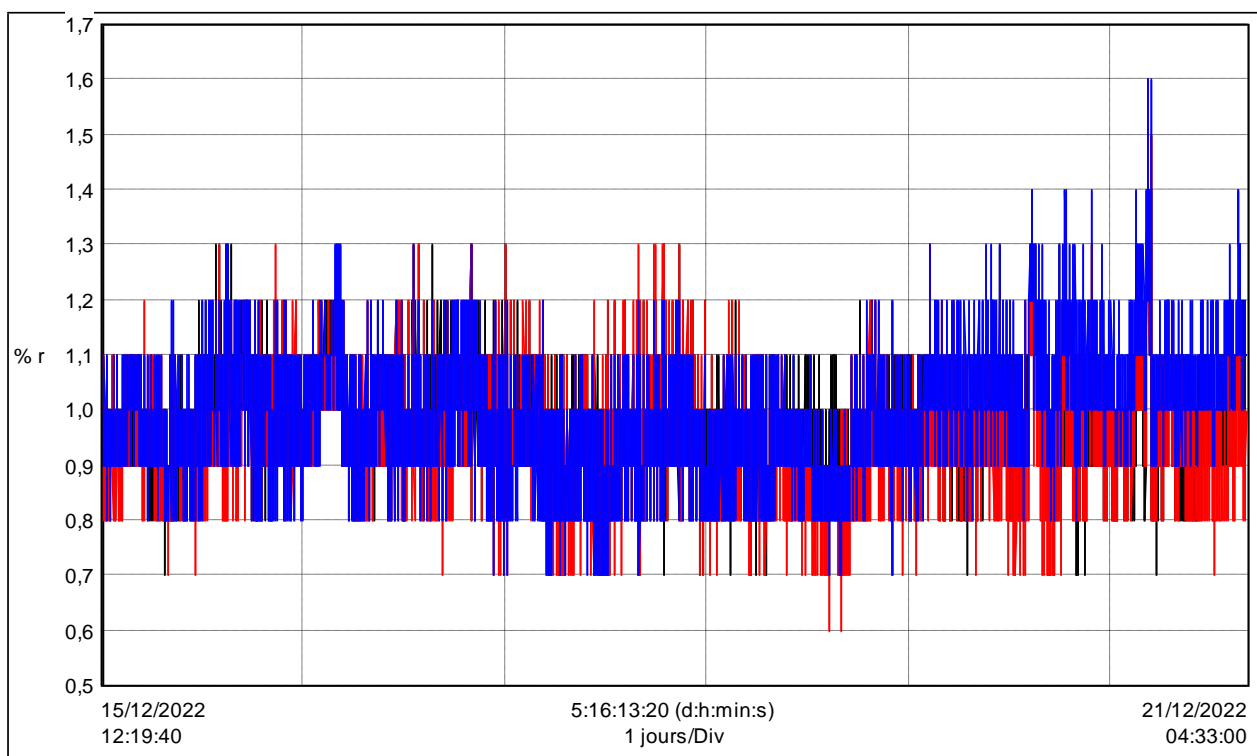
Fréquence



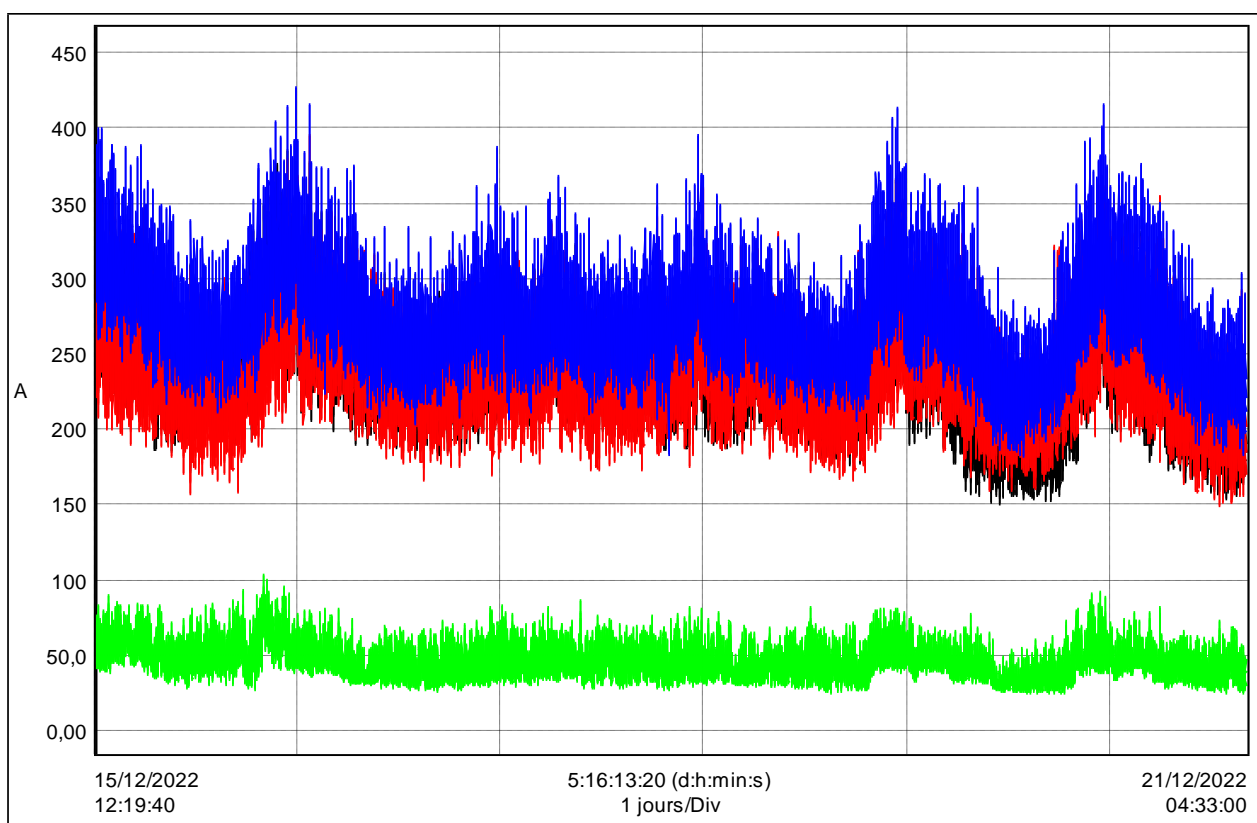
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en tensions composées mesurées sur les 3 phases



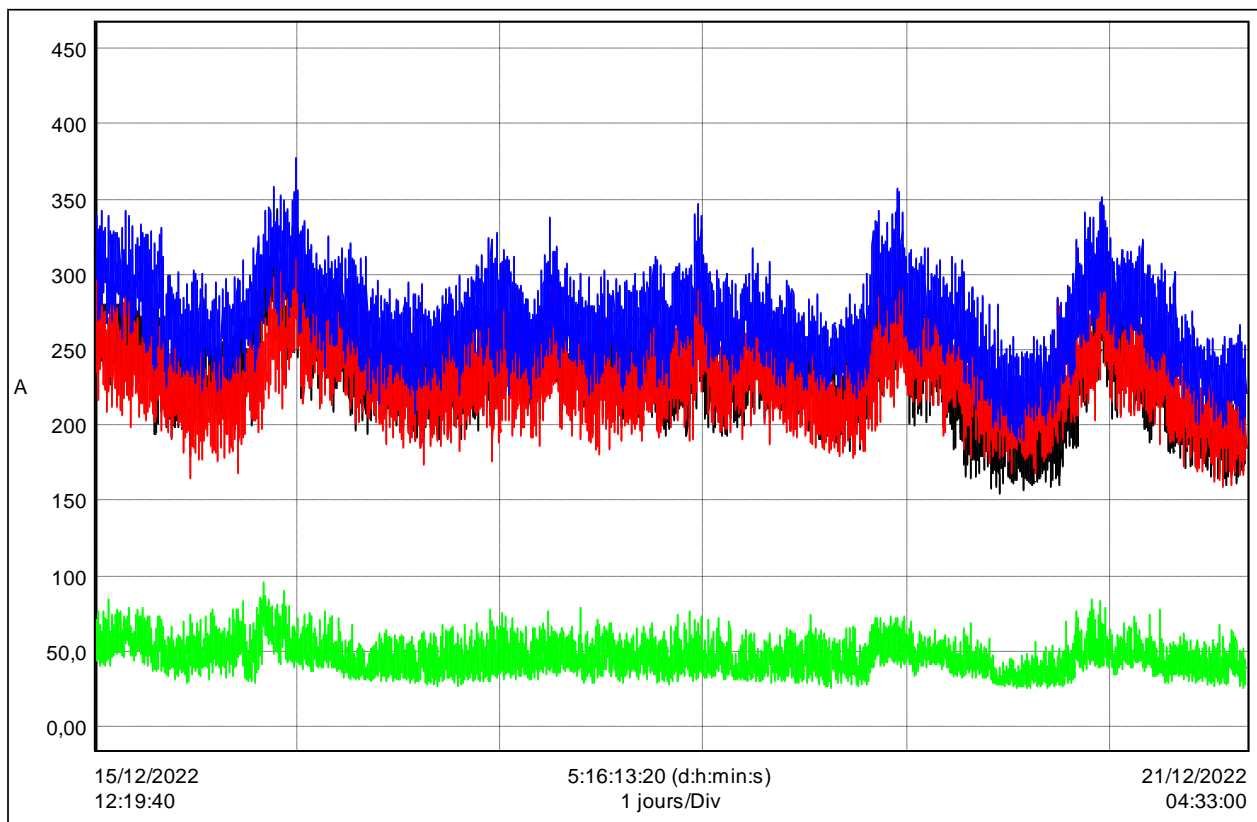
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en tensions simples mesurées sur les 3 phases



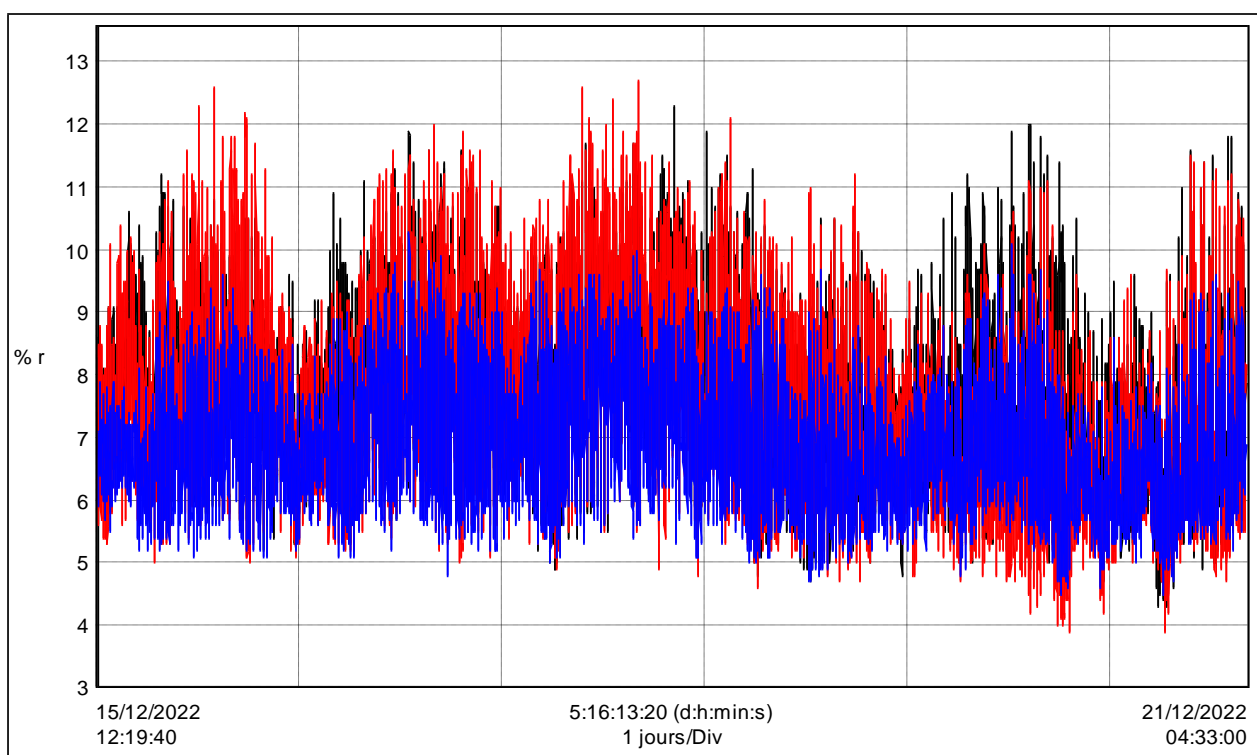
Valeurs des taux de distorsion harmonique en tensions mesurées sur les 3 phases



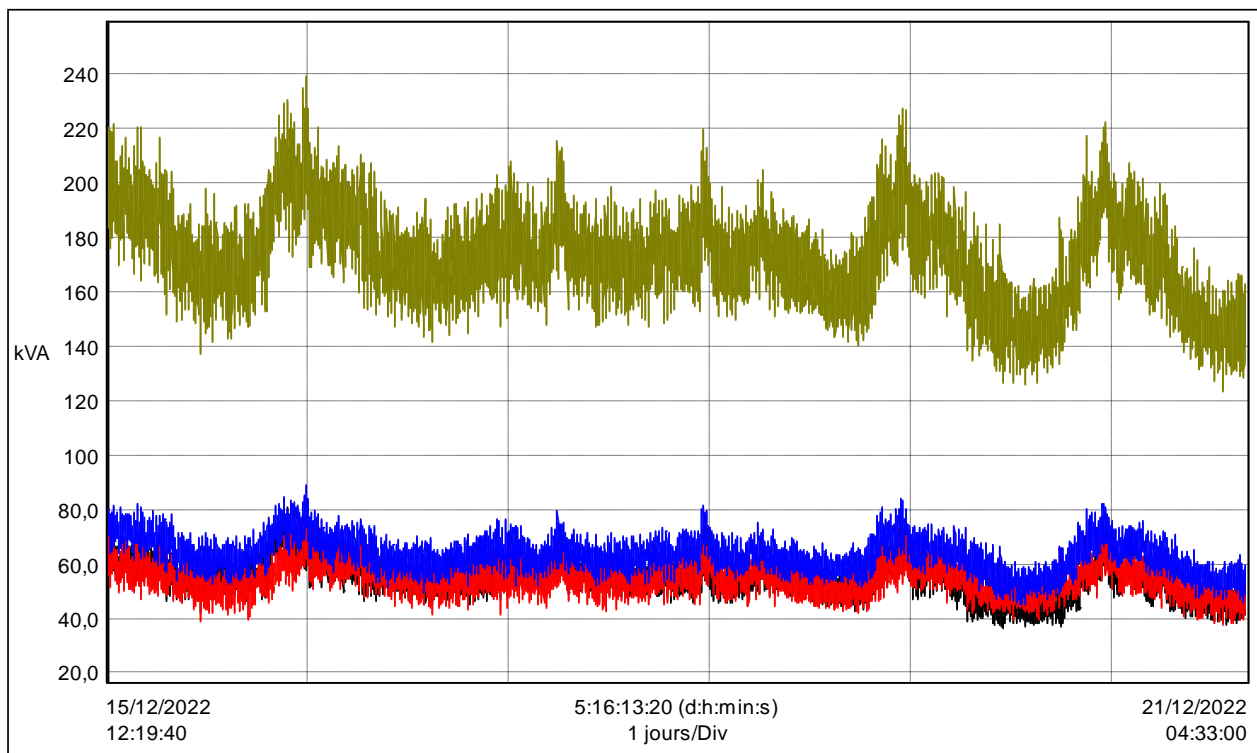
Valeurs efficaces maximales, minimales et moyennes en courants mesurées sur les 3 phases et dans le neutre



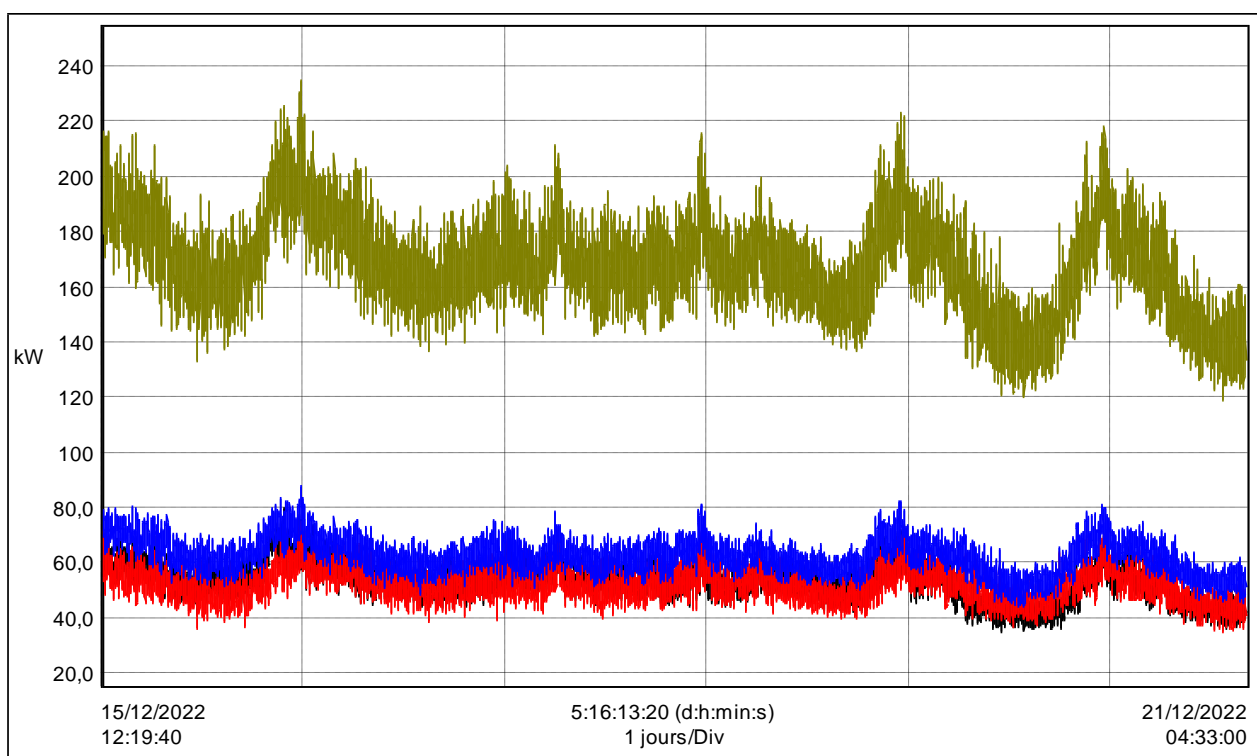
Valeurs efficaces moyennes en courants mesurées sur les 3 phases et dans le neutre



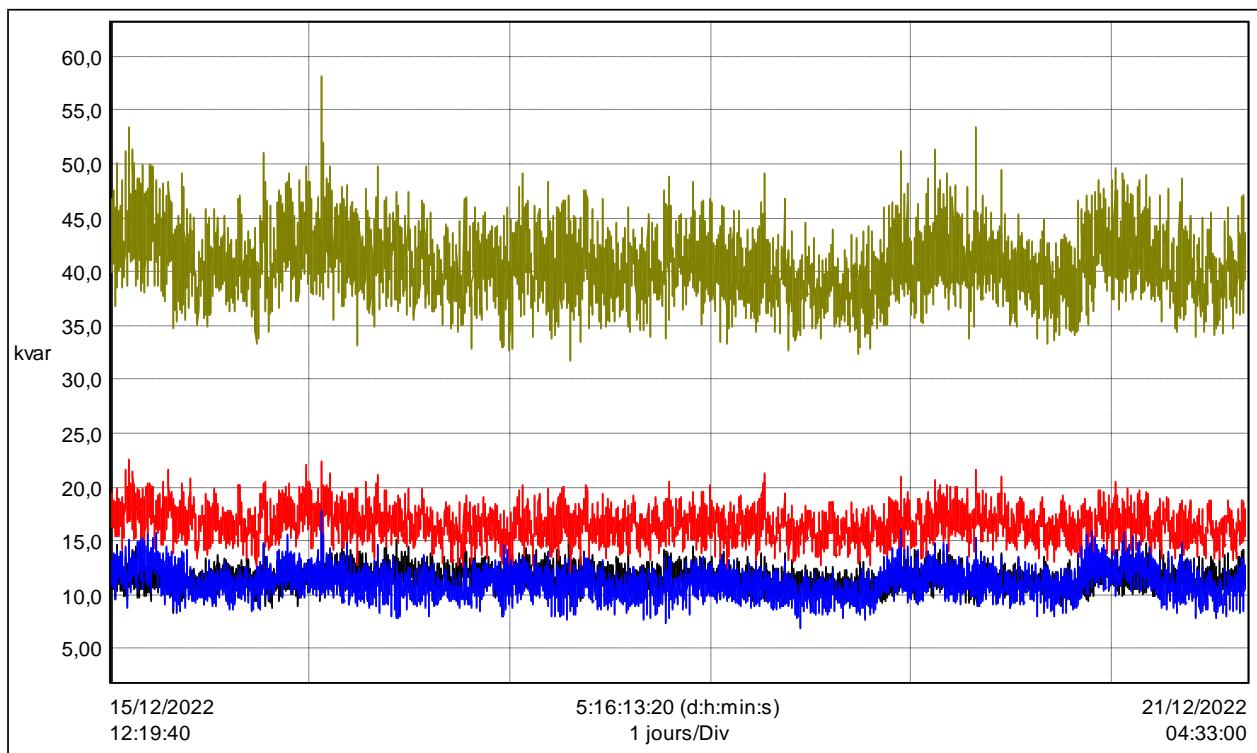
Valeurs des taux de distorsion harmonique en courants mesurées sur les 3 phases



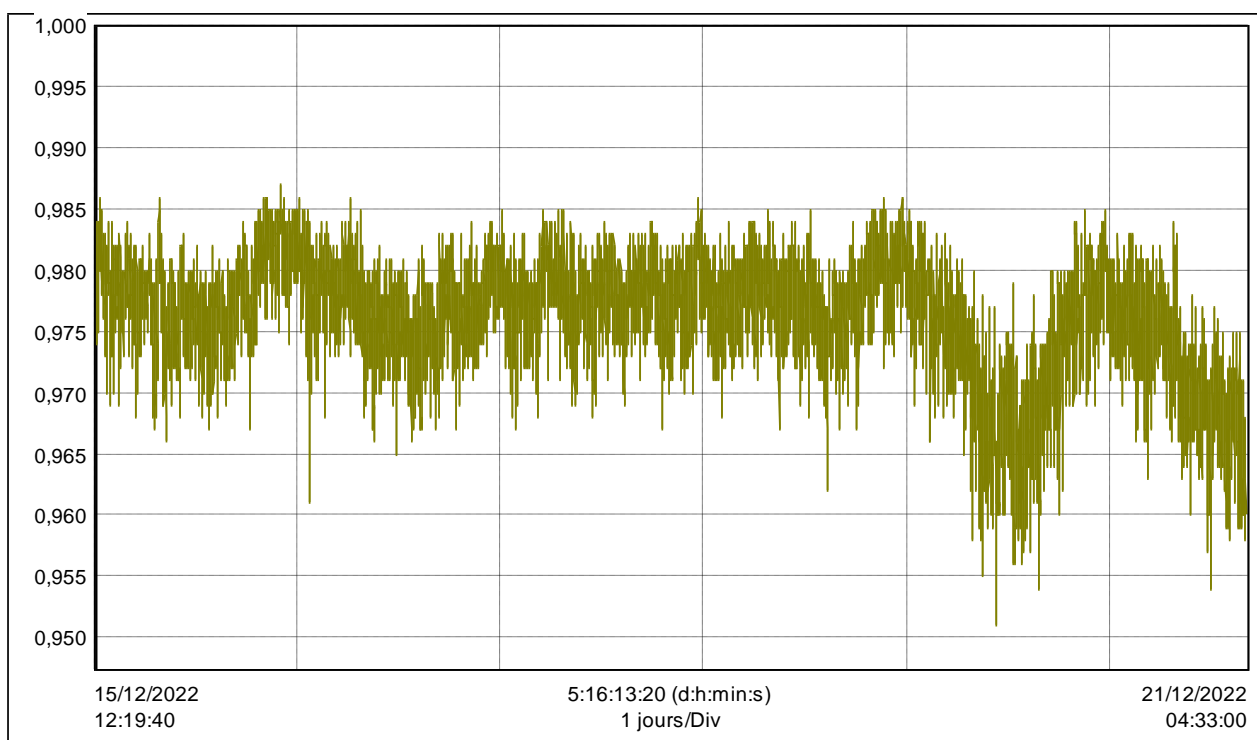
Valeurs des puissances apparentes sur les 3 phases et totale



Valeurs des puissances actives sur les 3 phases et totale



Valeurs des puissances réactives sur les 3 phases et totale



Facteur de déplacement total

4. Interprétation des mesures

Préambule : pour tous les départs électriques, le dimensionnement de batteries de condensateurs est à réaliser en considérant que l'objectif à atteindre est de supprimer les situations où les risques de pénalisations pour consommation de puissance réactive existent, à savoir lorsque la puissance réactive en tout point de l'enregistrement est supérieure à la limite pénalisante : (puissance active) $X \text{ tg}(\phi_{\text{lim}})$, où $\text{tg}(\phi_{\text{lim}}) = 0,4$. Il convient alors de disposer d'une disponibilité (grâce à la batterie de condensateurs) en puissance réactive au moins égale à cette valeur diminuée de la valeur en puissance réactive appelée par la charge en ce point de mesure :

$$Q_c \text{ à fournir} = (P_{\text{consommée}} \times 0,4) - Q_{\text{consommée}}$$

Lorsque cette grandeur calculée est positive, cela signifie qu'en l'absence de batterie de compensation, aucune pénalité n'est possible ; les valeurs négatives correspondent à la compensation minimale (en valeur absolue) à installer pour ne plus être en situation de paiement de pénalité.

4.1. TRAA

On observe que durant toute la période d'enregistrement, la fréquence est à 50 Hz en valeur moyenne, le maximum de fréquence mesuré est de 50,09 Hz et le minimum de 49,89 Hz, valeurs conformes aux attentes de la norme EN 50-160.

Les valeurs efficaces des tensions simples et composées varient entre des extrêmes (209 V et 243,8 V) et (352,7 V et 421,4 V), respectivement pour la phase la plus impactée en valeur efficace, ces variations de tensions électriques répondent aux exigences de la norme EN 50-160, avec un échantillonnage point seconde.

En valeur moyenne, en fonctionnement normal, la tension simple est à 237 V et la tension composée à 411 V.

Le taux de distorsion harmonique en tension est mesuré à 1,3 %, en valeur maximale, sur toute la période d'enregistrement, ce qui caractérise d'une bonne qualité de l'énergie (avec échantillonnage toutes les secondes).

Les courants de phases évoluent entre 33 A et 793 A (extrêmes), sur toute la période d'enregistrement. En valeur moyenne le courant de phases ne dépasse pas 250A. Le courant dans le neutre est mesuré à 63 A en valeur maximale.

Le taux de distorsion harmonique en courant évolue entre 2,9 % et 20,1 %, et n'a pas d'impact majeur sur le taux de distorsion harmonique en tension.

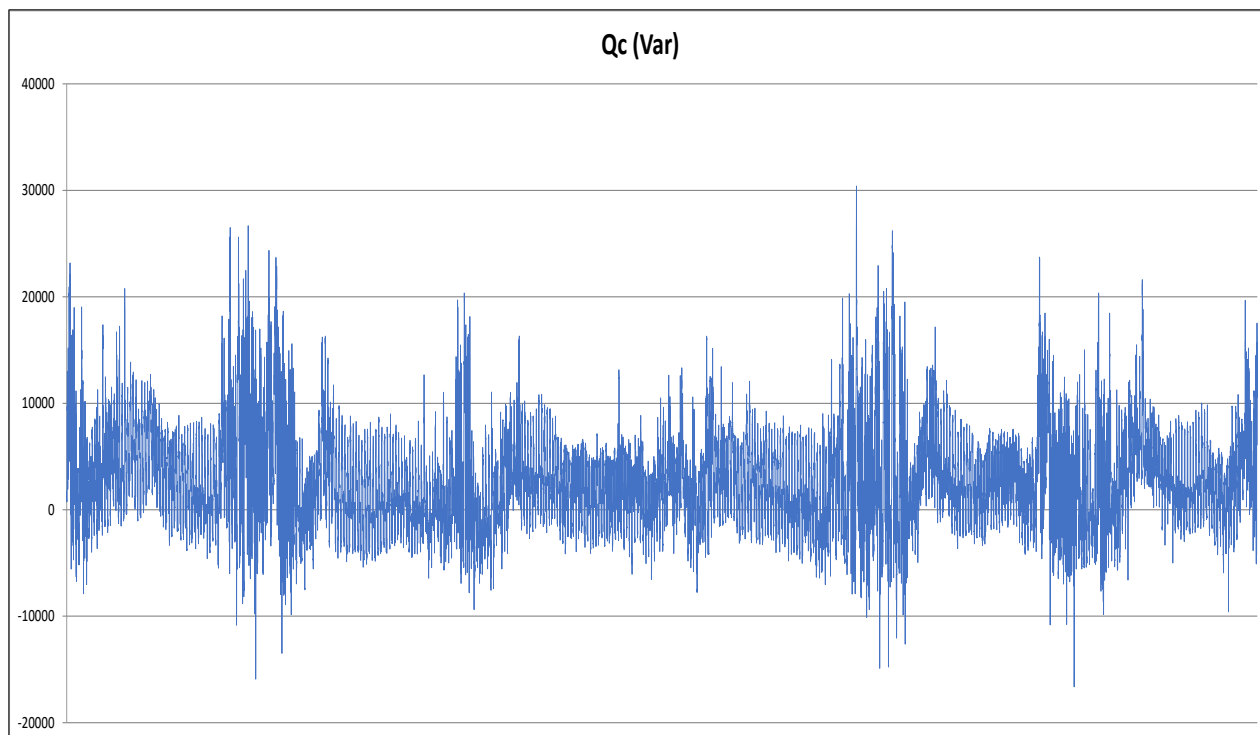
Le profil de charge est de type « quotidien et impulsif », puissance apparente appelée en journée plus importante que la nuit, avec une activité moindre le week-end. Le maximum de puissance apparente totale mesurée est de 154,6 kVA, pour une puissance active totale de 150,8 kW. La valeur maximale de puissance réactive totale mesurée est égale à 55,28 kVar (charge inductive).

Le facteur de déplacement total varie sur toute la période de surveillance entre 0,857 et 0,999.

Les mesures ont été réalisées en l'absence de batteries de condensateurs.

Dans ces conditions, le facteur de déplacement n'est pas tout au long du temps de l'enregistrement supérieur à 0,928, ce qui correspond à une consommation de puissance réactive supérieure à la limite de la valeur conduisant au paiement de pénalités.

Le besoin en puissance réactive pour éventuellement relever le facteur de déplacement à 0,928 dans les différentes situations de consommation (établi selon formule donnée en préambule) est proposé sur le graphique ci-dessous :



Ce graphe décrit les situations possibles, avec un besoin de compensation de puissance réactive, au cours de l'enregistrement, notamment :

- Lorsque la consommation de puissance active est à 64,37 kW, en valeur moyenne, pour 39,24 kVar de puissance réactive, avec un facteur de déplacement voisin de 0,859.
Cette situation définit un besoin de la batterie : à ce niveau de puissance active, il convient, pour relever le facteur de déplacement à 0,928 (équivalent à $\text{tg}(\phi) = 0,4$) de ne consommer que $64,37 \times 0,4 = 25,75$ kVar et donc de disposer de $39,24 - 25,75 = 13,49$ kVar de disponible en compensation de réactif.
- Lorsque la consommation de puissance active est à 56,68 kW, en valeur moyenne, pour 34,73 kVar de puissance réactive, avec un facteur de déplacement voisin de 0,857.
Cette situation définit un besoin de la batterie : à ce niveau de puissance active, il convient, pour relever le facteur de déplacement à 0,928 (équivalent à $\text{tg}(\phi) = 0,4$) de ne consommer que $56,68 \times 0,4 = 22,67$ kVar et donc de disposer de $34,73 - 22,67 = 12,06$ kVar de disponible en compensation de réactif.
- Lorsque la consommation de puissance active est à 57,96 kW, en valeur moyenne, pour 33,03 kVar de puissance réactive, avec un facteur de déplacement voisin de 0,873.
Cette situation définit un besoin de la batterie : à ce niveau de puissance active, il convient, pour relever le facteur de déplacement à 0,928 (équivalent à $\text{tg}(\phi) = 0,4$) de ne consommer que $57,96 \times 0,4 = 23,18$ kVar et donc de disposer de $33,03 - 23,18 = 9,85$ kVar de disponible en compensation de réactif.

Ainsi, une batterie de condensateurs 25 kVar (2 X 12,5 kVar) suffit pour compenser le besoin de puissance réactive sur ce départ. De plus, le niveau du taux de distorsion harmonique ne justifie pas de risque de résonance entre les condensateurs et les inductances de fuite du transformateur existant et qui alimente les charges actuelles. La mise en œuvre de batteries de condensateurs de type normal est ici adaptée, avec la possibilité de compenser par gradin.

4.2. TRAB

On observe que durant toute la période d'enregistrement, la fréquence est à 50 Hz en valeur moyenne, le maximum de fréquence mesuré est de 50,09 Hz et le minimum de 49,90 Hz, valeurs conformes aux attentes de la norme EN 50-160.

Les valeurs efficaces des tensions simples et composées varient entre des extrêmes (208,4 V et 243,3 V) et (351,9 V et 421 V), respectivement pour la phase la plus impactée en valeur efficace, ces variations de tensions électriques répondent aux exigences de la norme EN 50-160, avec un échantillonnage point seconde.

En valeur moyenne, en fonctionnement normal, la tension simple est à 237 V et la tension composée à 411 V.

Le taux de distorsion harmonique en tension est mesuré à 1,6 %, en valeur maximale, sur toute la période d'enregistrement, ce qui caractérise d'une bonne qualité de l'énergie (avec échantillonnage toutes les secondes).

Les courants de phases évoluent entre 149,5 A et 428 A (extrêmes), sur toute la période d'enregistrement. En valeur moyenne le courant de phases ne dépasse pas 400A. Le courant dans le neutre est mesuré à 103,6 A en valeur maximale.

Le taux de distorsion harmonique en courant évolue entre 3,9 % et 12,7 %, et n'a pas d'impact majeur sur le taux de distorsion harmonique en tension.

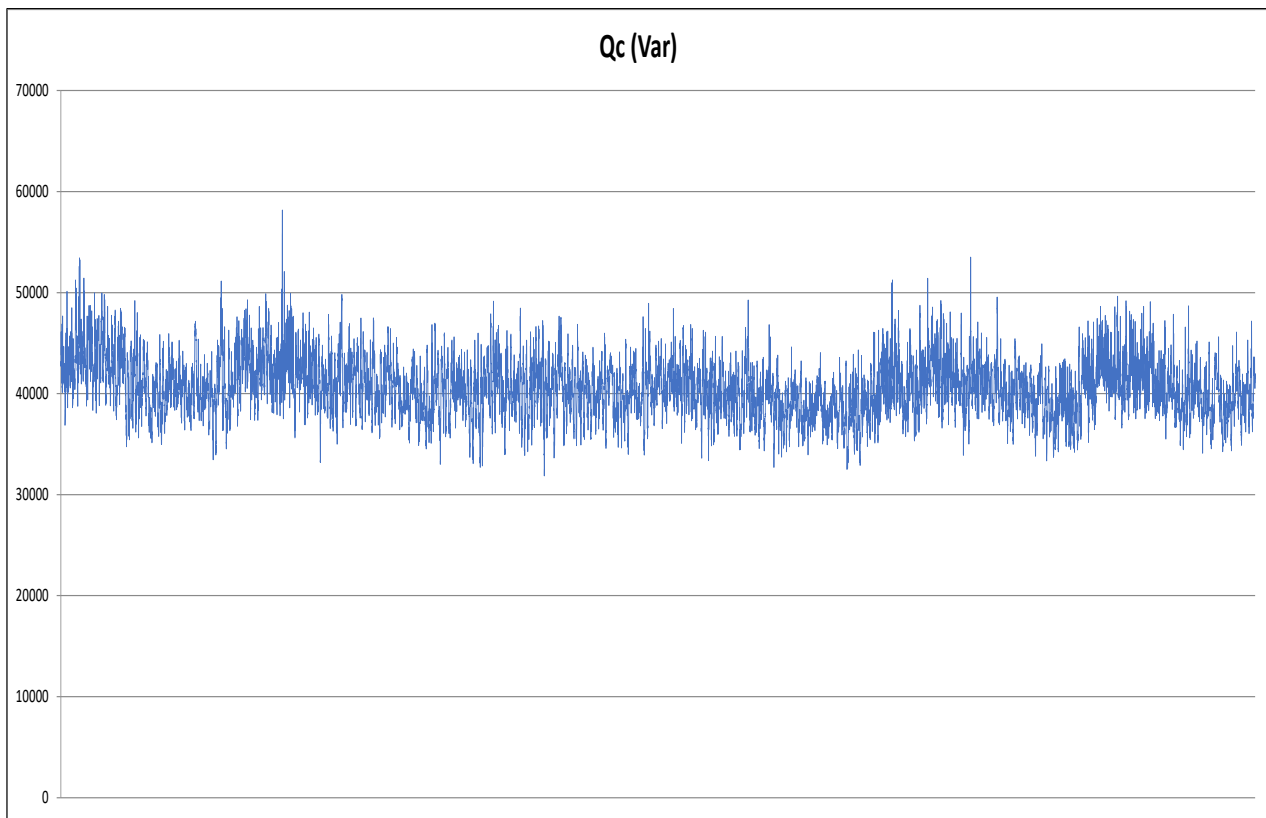
Le profil de charge est de type « quotidien », puissance apparente appelée en journée plus importante que la nuit, avec une activité moindre le week-end. Le maximum de puissance apparente totale mesurée est de 239,3 kVA, pour une puissance active totale de 234,9 kW. La valeur maximale de puissance réactive totale mesurée est égale à 58,18 kVar (charge inductive).

Le facteur de déplacement total varie sur toute la période de surveillance entre 0,951 et 0,987.

Les mesures ont été réalisées en l'absence de batteries de condensateurs.

Dans ces conditions, le facteur de déplacement est tout au long du temps de l'enregistrement supérieur à 0,928, ce qui correspond à une consommation de puissance réactive inférieure à la limite de la valeur conduisant au paiement de pénalités.

Le besoin en puissance réactive pour « éventuellement » relever le facteur de déplacement à 0,928 dans les différentes situations de consommation (établi selon formule donnée en préambule) est proposé sur le graphique ci-dessous :



Ce graphe permet de confirmer que le facteur de déplacement est tout au long du temps de l'enregistrement supérieur à 0,928, ce qui correspond à une consommation d'énergie réactive inférieure à la limite de la valeur conduisant au paiement de pénalités.

Aucune valeur négative, la mise en œuvre d'une batterie de condensateurs n'est donc pas nécessaire au vu de la consommation sur cette période de mesures.

5. Conclusions

Au vu de l'ensemble des mesures réalisées, sur la distribution électrique de votre client final Hôpital Louis Mourier à Colombe (92), au niveau de deux départs électriques (TRAA et TRAB), sur la période du 15 au 21 décembre 2022, nous portons à votre connaissance les conclusions suivantes :

- TRAA : le facteur de déplacement n'est pas tout au long du temps de l'enregistrement supérieur à 0,928, ce qui correspond à une consommation de puissance réactive supérieure à la limite de la valeur conduisant au paiement de pénalités. La mise en œuvre d'une batterie de condensateurs est donc nécessaire au vu de la consommation sur cette période de mesures.
Ainsi, une batterie de condensateurs 25 kVar (2 X 12,5 kVar) suffit pour compenser le besoin de puissance réactive sur ce départ. De plus, le niveau du taux de distorsion harmonique ne justifie pas de risque de résonance entre les condensateurs et les inductances de fuite du transformateur existant et qui alimente les charges actuelles. La mise en œuvre de batteries de condensateurs de type normal est ici adaptée, avec la possibilité de compenser par gradin.
- TRAB : le facteur de déplacement est tout au long du temps de l'enregistrement supérieur à 0,928, ce qui correspond à une consommation d'énergie réactive inférieure à la limite de la valeur conduisant au paiement de pénalités. La mise en œuvre d'une batterie de condensateurs n'est donc pas nécessaire au vu de la consommation sur cette période de mesures

Nous restons à votre disposition pour toute information complémentaire.

Fodé GOUDIABY
Société EduWatt