

Conférence du Groupe d'utilisateurs PowerLogic 2023

Aperçu de la qualité de l'alimentation électrique

Présenté par:
Kevin Loucks, Schneider Electric Canada

11/09/2023

Qu'est-ce que la qualité de l'énergie électrique ?

L'étude et la correction de la qualité de l'alimentation électrique (souvent appelée qualité de l'onde) est une sous-spécialité au sein de l'ingénierie des réseaux électriques qui s'intéresse à la qualité de l'énergie et de la puissance transmise par la source vers les charges dans un système de distribution électrique.

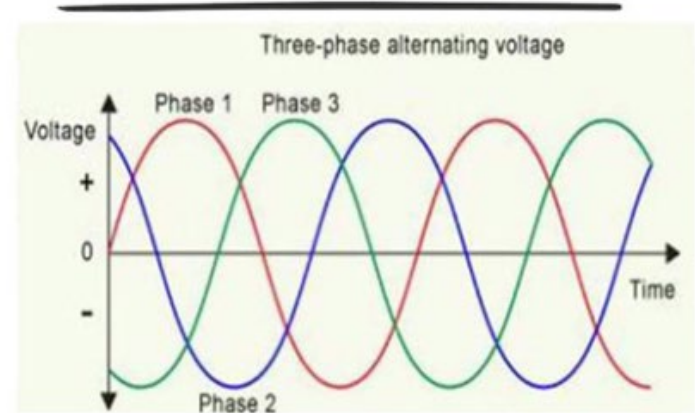
D'une façon semblable que le sang qui circule dans notre corps peut contenir des contaminants qui peuvent endommager nos organes et détériorer notre santé, l'énergie électrique qui se propage dans votre système de distribution électrique peut contenir des perturbations électriques pouvant nuire au bon fonctionnement et endommager les équipements électroniques sensibles essentiels à votre production et la fiabilité de vos processus d'affaires.

Qu'est que la qualité de l'onde

La qualité de l'onde dans un système de distribution électrique idéal à les caractéristiques suivantes:

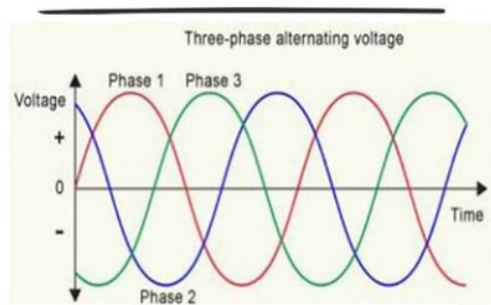
- Amplitude nominale (600/120Vac)
- Fréquence nominale (60Hz)
- Forme d'onde sinusoidale
- Symétrie des 3 phases

La variation de n'importe quels de ces paramètres constitue un **Problème de la qualité de l'onde**

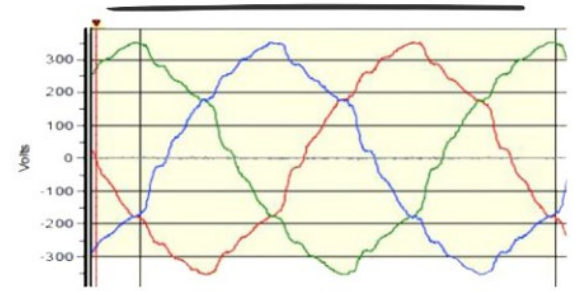


GOOD POWER QUALITY

Qu'est que la qualité de l'onde



GOOD POWER QUALITY

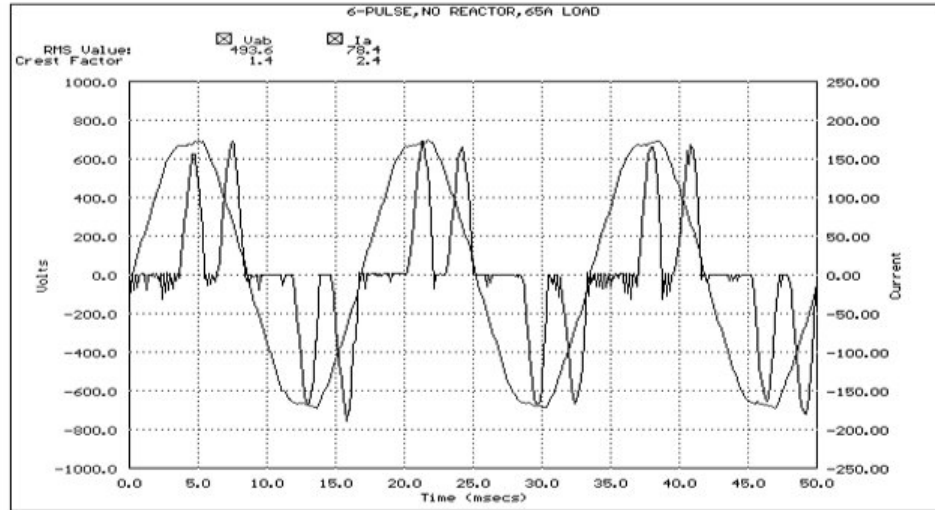


POOR POWER QUALITY



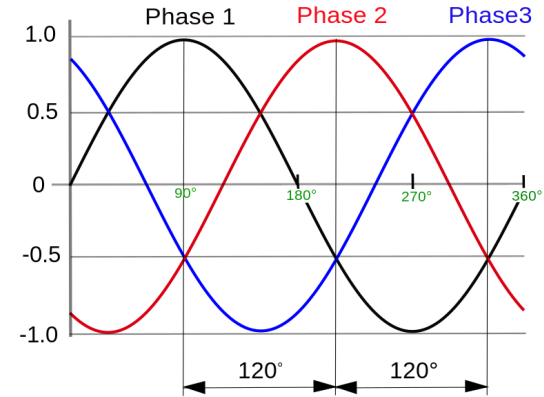
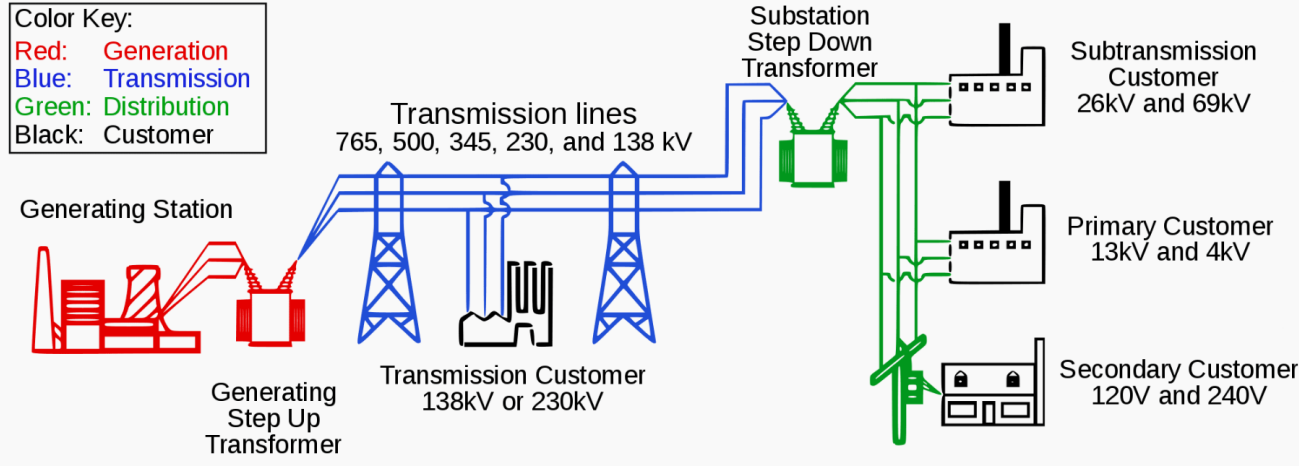
Pourquoi y-a-t'il une augmentation des problèmes de la qualité de l'onde

1. Une augmentation fulgurante de l'installation des charges non-linéaires (afin d'augmenter l'efficacité énergétique).
2. Les systèmes de distribution électrique n'ont pas été conçus pour pour les charges non-linéaires.
3. Une utilisation accrue d'équipements sensibles pour augmenter la performance des systèmes de production.



Équipement eco-énergétique

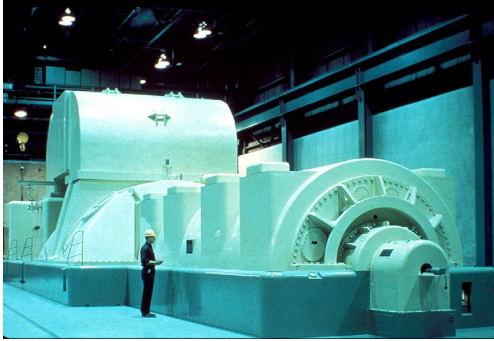
Nos systèmes de distribution électrique sont basés sur ceux conçus par Nikola Tesla et George Westinghouse



Nos systèmes de distribution électrique ont été conçus pour transmettre trois (3) ondes de tension (voltage) parfaitement sinusoïdales

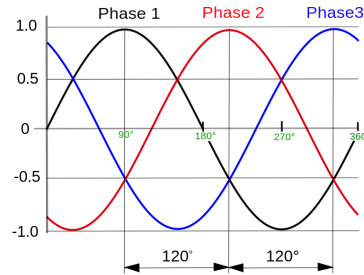
Nos systèmes de distribution électrique sont basés sur ceux conçus par Nikola Tesla et George Westinghouse

Quels équipements produisent une tension sinusoïdale ?



Quelles charges tirent un courant parfaitement sinusoïdal ?

67% of the total grid load in 1991

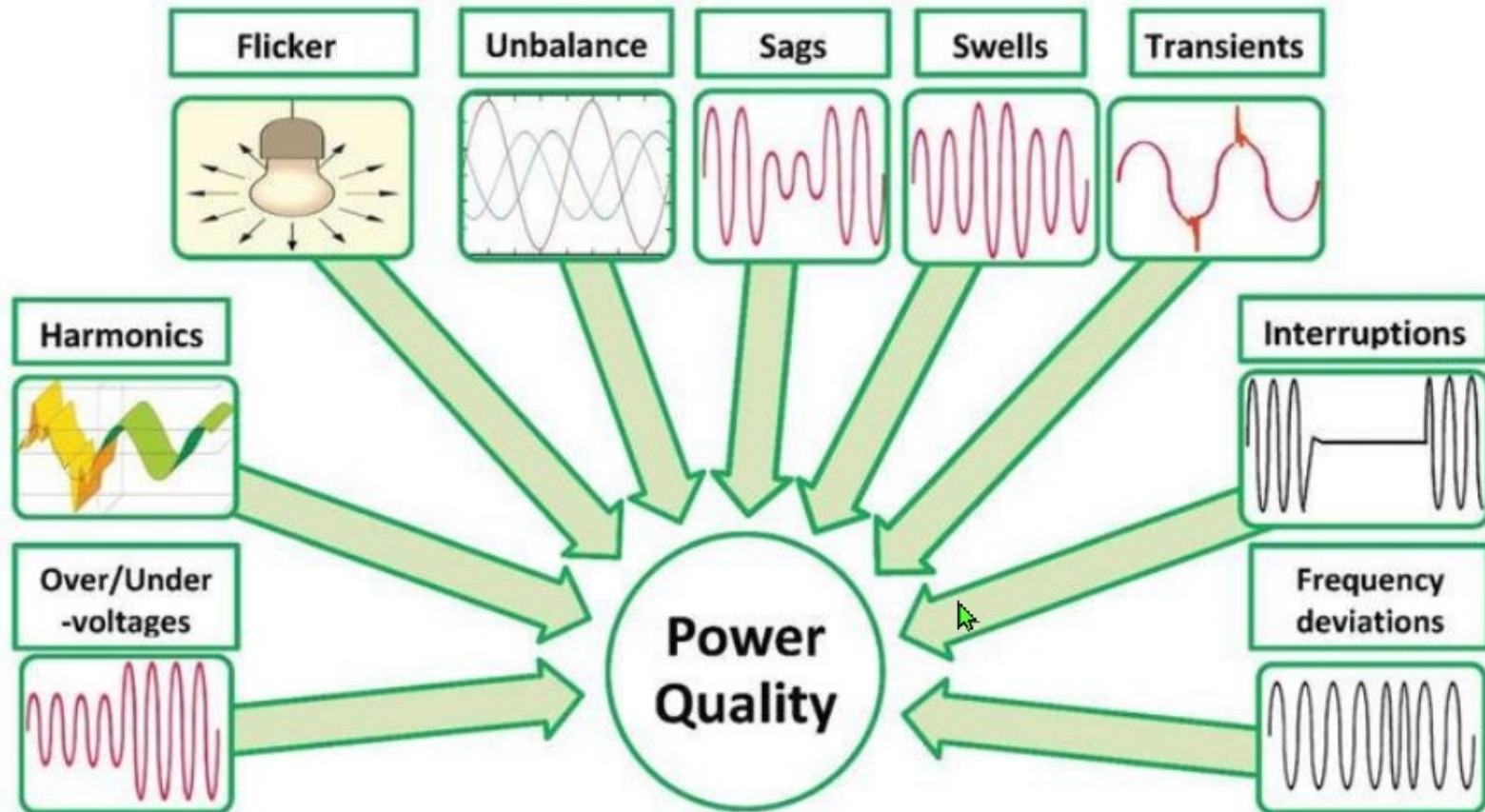


Nos systèmes de distribution électrique sont basés sur ceux conçus par Nikola Tesla et George Westinghouse

Quelles charges tirent un courant distorsionné?



Perturbations électriques communes



Nos solutions aux problèmes de la qualité de l'onde

Sag Fighter

Mitigation creux de
Tension
Sure-Volt
Régulateur de tension



PowerLogic PFC

Banque de condensateur
Automatique ou fixe

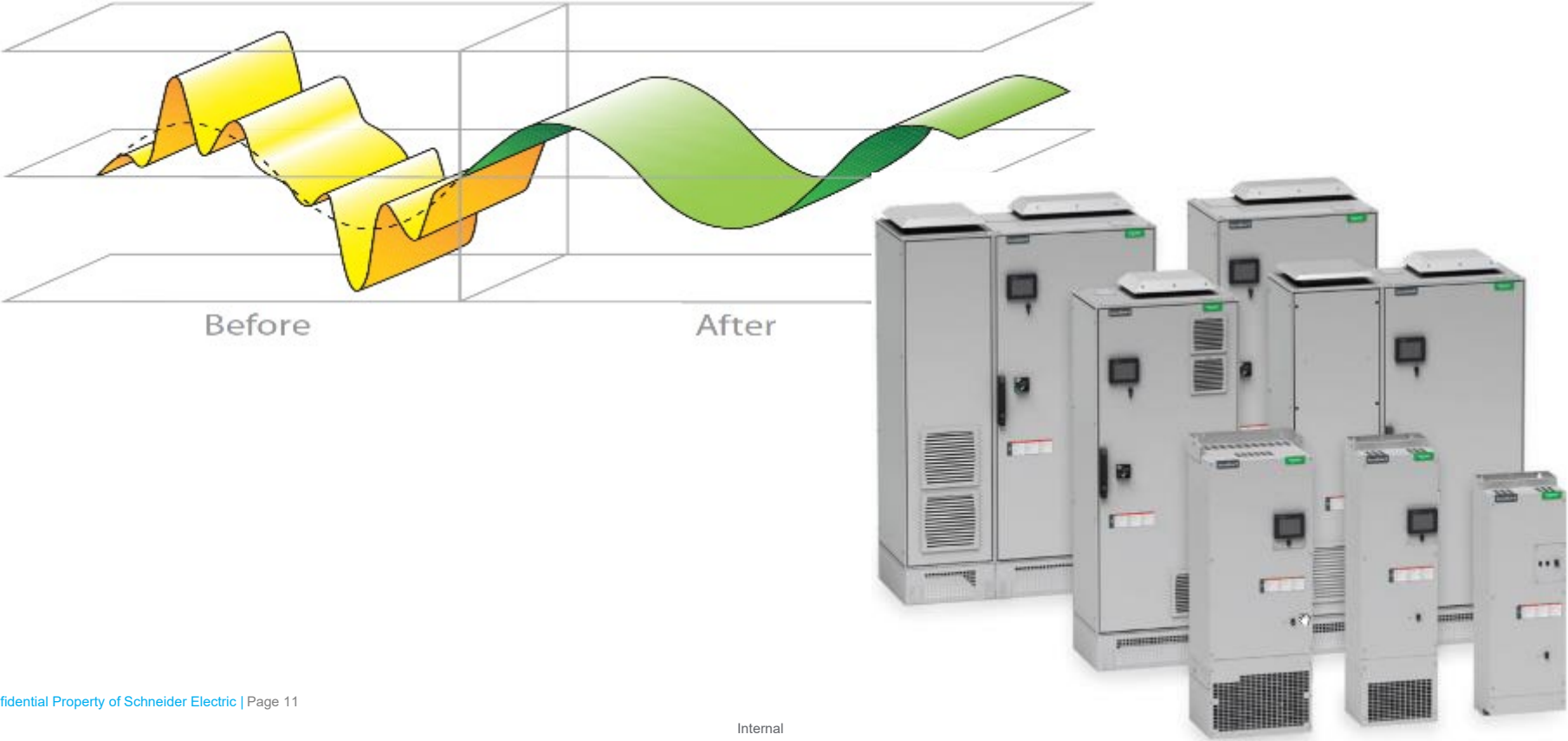
PowerLogic Accusine+

Filtre harmonique actif
Réglage papillotement
Balancement de phases
Correction facteur de
puissance

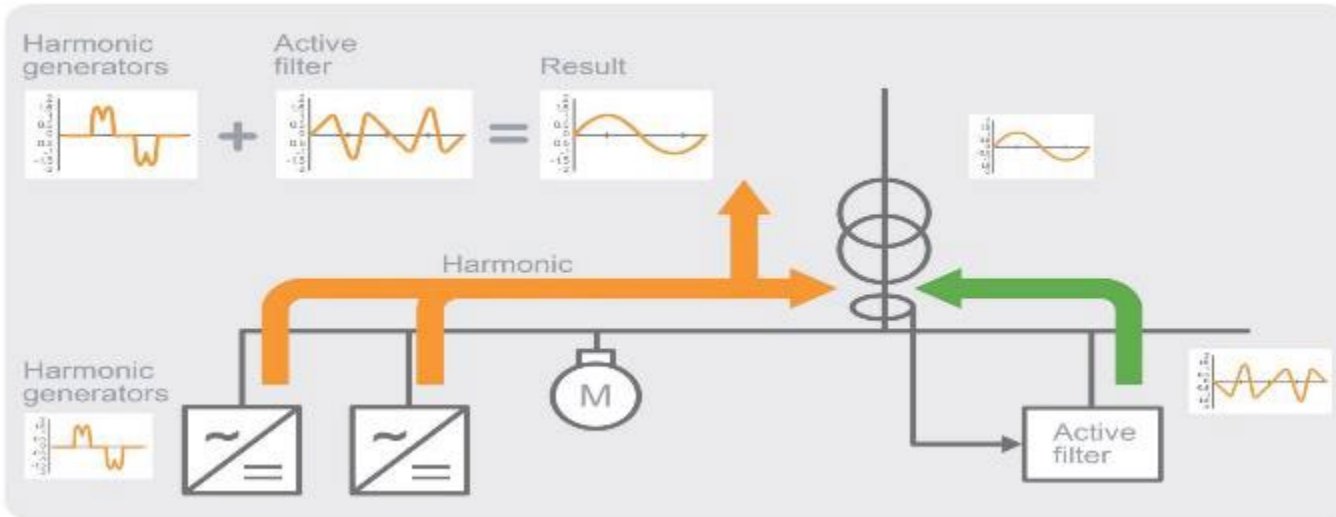


Kit pour audit de la
qualité de l'onde
électrique

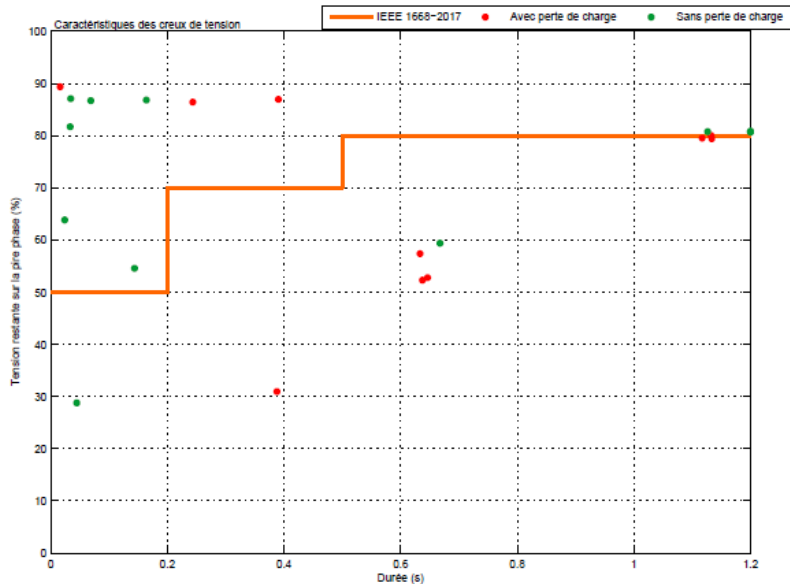
AccuSine PCS+



AccuSine PCS+



Étude creux de tensions – Sag Fighter



| | |
|----------------------------|----|
| Total # of Events Received | 30 |
|----------------------------|----|

Sag-Fighter Performance

| Result | Description | Number of Events | % of Sag Events | % of Events Within Duration |
|--------------|--|------------------|-----------------|-----------------------------|
| Good | Sag is within Sag-Fighter range. Output voltage corrected to $\geq 95\%$ of nominal voltage. | 18 | 66.7% | 100% |
| Good (90%) | Sag is within Sag-Fighter range. Output voltage corrected to $\geq 90\%$ of nominal voltage. | 5 | 18.5% | 100% |
| Maybe | Sag is outside of Sag-Fighter range. The unit will correct sag, but output voltage $< 90\%$ of nominal. | 2 | 7.4% | 100% |
| Out of Spec | Sag is outside of Sag-Fighter range. The unit will not correct sag and remain in bypass. | 2 | 7.4% | N/A |
| Interruption | Complete power loss. The Sag-Fighter does not correct for complete three phase interruptions in voltage. | 0 | N/A | N/A |
| Not a Sag | The event is an over-voltage or the sag is not deep enough for Sag-Fighter correction to activate. | 3 | N/A | N/A |

| Creux de tension et interruption(s) | | TENSIONS L-N RESTANTES (V %) | | | | Durée totale(s) | V Min(%) | Charge (kW) | | |
|-------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------|-------|-----------------|----------|-------------|------|------|
| Date du creux de tension | Phase AN Durée(s) | Phase BN Durée(s) | Phase CN Durée(s) | V(%) | Avant | | | Après | | |
| 01-Nov-2019 06:39:32 | 0.385 | 35 | 0.388 | 31 | 0.309 | 34 | 0.388 | 31 | 1404 | 586 |
| 01-Nov-2019 06:39:37 | --- | --- | 0.034 | 87 | --- | --- | 0.034 | 87 | --- | --- |
| 01-Nov-2019 06:39:38 | 0.019 | --- | 0.372 | --- | --- | --- | 0.381 | NaN | --- | --- |
| 01-Nov-2019 08:22:58 | --- | --- | 1.133 | 79 | 1.133 | 81 | 1.1 | 79 | 1043 | 935 |
| 01-Nov-2019 09:19:21 | --- | --- | 1.116 | 80 | 1.115 | 81 | 1.1 | 80 | 1283 | 1078 |
| 01-Nov-2019 09:44:07 | --- | --- | 1.131 | 80 | 1.128 | 81 | 1.1 | 80 | 1092 | 941 |
| 01-Nov-2019 09:47:29 | --- | --- | 1.308 | 81 | 1.304 | 81 | 1.3 | 81 | --- | --- |
| 01-Nov-2019 09:47:36 | --- | --- | 1.208 | 81 | 1.216 | 81 | 1.2 | 81 | --- | --- |
| 01-Nov-2019 09:47:52 | --- | --- | 1.124 | 81 | 1.126 | 82 | 1.1 | 81 | --- | --- |
| 0 01-Nov-2019 10:05:34 | 0.569 | 53 | 0.641 | 53 | 0.642 | 59 | 0.646 | 53 | 1044 | 838 |
| 1 01-Nov-2019 10:08:01 | 0.044 | 29 | --- | --- | --- | --- | 0.045 | 29 | --- | --- |
| 2 01-Nov-2019 10:14:53 | 0.163 | 87 | 0.138 | 87 | 0.111 | 89 | 0.164 | 87 | --- | --- |

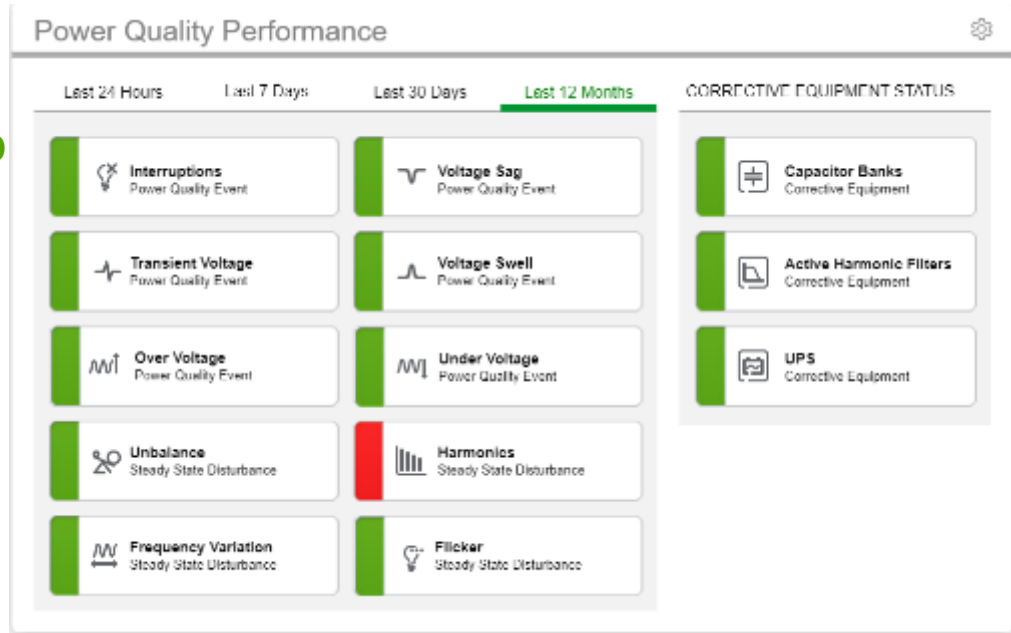


Internal

Nouveau Kit d'audit



Ap



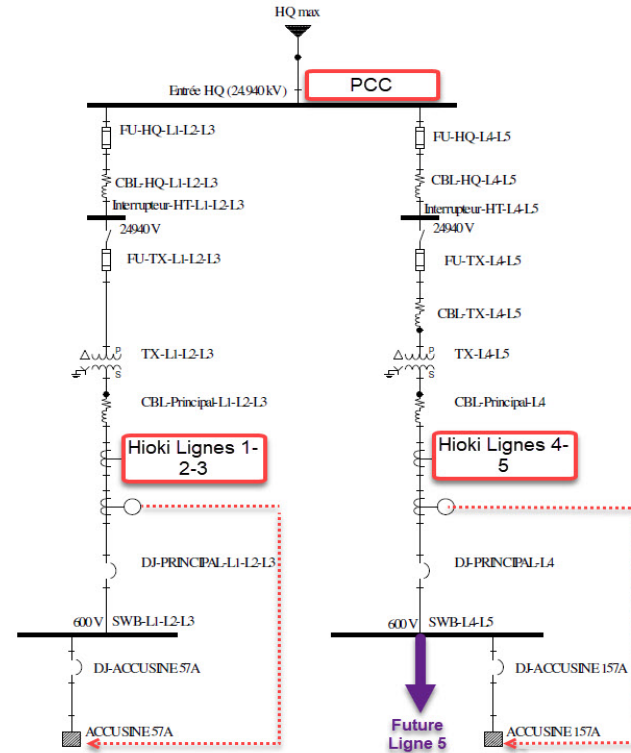
PLUG 2023

Études de cas Qualité de l'onde

Audrée Picard-Moreau, ing.
Représentante qualité de l'onde
audree.picard-moreau@se.com

Étude de cas #1

- Installation existante : PCC Moyenne tension avec HQ, deux transformateurs basse tension
- Ajout d'une ligne de production nécessite une analyse harmonique de niveau 2
- Besoin de connaître le niveau de courant harmonique actuel
- Besoin de modéliser l'ajout



Données recueillies

Étude de cas #1

Tableau 5-2 : Spectre harmonique du courant au point de raccordement avec Hydro-Québec (données recueillies)

| Nom équipement | Ligne HQ | | | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------------|
| De : | BUS HQ 25kV | | | |
| A : | PCC raccordement 25kV | | | |
| Rang harmonique (h) | Courant harmonique lignes 1-2-3 (A) | Courant harmonique ligne 4 (A) | Courant total installé (A) ^a | Limite C.25-01 (A) (Tableau III) |
| 1 | 37,155 | 12,438 | 43,923 | - |
| 2 | 0,100 | 0,577 | 0,084 | 1,857 |
| 3 | 0,877 | 0,481 | 1,156 | 1,124 |
| 4 | 0,048 | 0,144 | 0,052 | 0,819 |
| 5 | 1,605 | 1,155 | 2,504 | 1,708 |
| 6 | 0,022 | 0,072 | 0,025 | 0,691 |
| 7 | 0,178 | 0,433 | 0,840 | 0,977 |
| 8 | 0,019 | 0,048 | 0,008 | 0,521 |
| 9 | 0,059 | 0,096 | 0,213 | 0,684 |
| 10 | 0,022 | 0,024 | 0,008 | 0,420 |
| 11 | 0,568 | 0,120 | 0,628 | 1,376 |
| 12 | 0,004 | 0,024 | 0,005 | 0,356 |
| 13 | 0,093 | 0,096 | 0,231 | 0,915 |
| 14 | 0,007 | 0,024 | 0,005 | 0,314 |
| 15 | 0,041 | 0,024 | 0,052 | 0,574 |
| 16 | 0,015 | 0,024 | 0,005 | 0,285 |
| 17 | 0,163 | 0,096 | 0,222 | 0,456 |
| 18 | 0,011 | 0,024 | 0,002 | 0,269 |
| 19 | 0,119 | 0,048 | 0,127 | 0,263 |
| 20 | 0,011 | 0,024 | 0,002 | 0,260 |
| 21 | 0,015 | 0,024 | 0,058 | 0,389 |
| 22 | 0,007 | 0,024 | 0,002 | 0,257 |
| 23 | 0,178 | 0,048 | 0,193 | 0,354 |
| 24 | 0,004 | 0,024 | 0,002 | 0,258 |
| 25 | 0,063 | 0,000 | 0,074 | 0,356 |
| 26 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,260 |
| 27 | 0,026 | 0,024 | 0,037 | 0,360 |
| 28 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,258 |
| 29 | 0,097 | 0,024 | 0,136 | 0,274 |
| 30 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,240 |
| 31 | 0,056 | 0,024 | 0,077 | 0,256 |
| 32 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,225 |
| 33 | 0,015 | 0,024 | 0,031 | 0,270 |
| 34 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,211 |
| 35 | 0,097 | 0,024 | 0,102 | 0,205 |
| 36 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,199 |
| 37 | 0,056 | 0,000 | 0,064 | 0,193 |
| 38 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,188 |
| 39 | 0,005 | 0,024 | 0,029 | 0,183 |
| 40 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,179 |
| 41 | 0,059 | 0,024 | 0,080 | 0,174 |
| 42 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,170 |

^aÀ noter que le courant total est le maximum des deux courants au même moment et ne correspond donc pas nécessairement à $I_{123max} + I_{4max}$

Données recueillies + simulées

Tableau 5-4 : Spectre harmonique total du courant au point de raccordement avec Hydro-Québec (données recueillies et futur)

| Nom équipement | | | | |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| De : | | | | |
| A : | | | | |
| Rang harmonique (h) | Courant total ligne 1-2-3 (A) | Courant total ligne 4-5 (A) | Courant total à l'installation (A) | Limite C.25-01 (A) (Tableau III) |
| 1 | 37,155 | 36,888 | 68,373 | - |
| 2 | 0,100 | 0,577 | 0,084 | 1,857 |
| 3 | 0,877 | 0,481 | 1,156 | 1,124 |
| 4 | 0,048 | 0,144 | 0,052 | 0,819 |
| 5 | 1,605 | 3,122 | 4,471 | 1,708 |
| 6 | 0,022 | 0,072 | 0,025 | 0,691 |
| 7 | 0,178 | 0,858 | 1,265 | 0,977 |
| 8 | 0,019 | 0,048 | 0,008 | 0,521 |
| 9 | 0,059 | 0,096 | 0,213 | 0,684 |
| 10 | 0,022 | 0,024 | 0,008 | 0,420 |
| 11 | 0,568 | 0,244 | 0,752 | 1,376 |
| 12 | 0,004 | 0,024 | 0,005 | 0,356 |
| 13 | 0,093 | 0,212 | 0,347 | 0,915 |
| 14 | 0,007 | 0,024 | 0,005 | 0,314 |
| 15 | 0,041 | 0,024 | 0,052 | 0,574 |
| 16 | 0,015 | 0,024 | 0,005 | 0,285 |
| 17 | 0,163 | 0,132 | 0,258 | 0,456 |
| 18 | 0,011 | 0,024 | 0,002 | 0,269 |
| 19 | 0,119 | 0,088 | 0,167 | 0,263 |
| 20 | 0,011 | 0,024 | 0,002 | 0,260 |
| 21 | 0,015 | 0,024 | 0,058 | 0,389 |
| 22 | 0,007 | 0,024 | 0,002 | 0,257 |
| 23 | 0,178 | 0,180 | 0,325 | 0,354 |
| 24 | 0,004 | 0,024 | 0,002 | 0,258 |
| 25 | 0,063 | 0,122 | 0,196 | 0,356 |
| 26 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,260 |
| 27 | 0,026 | 0,024 | 0,037 | 0,360 |
| 28 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,258 |
| 29 | 0,097 | 0,042 | 0,154 | 0,274 |
| 30 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,240 |
| 31 | 0,056 | 0,045 | 0,098 | 0,256 |
| 32 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,225 |
| 33 | 0,015 | 0,024 | 0,031 | 0,270 |
| 34 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,211 |
| 35 | 0,097 | 0,024 | 0,102 | 0,205 |
| 36 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,199 |
| 37 | 0,056 | 0,000 | 0,064 | 0,193 |
| 38 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,188 |
| 39 | 0,005 | 0,024 | 0,029 | 0,183 |
| 40 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,179 |
| 41 | 0,059 | 0,024 | 0,08 | 0,174 |
| 42 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,170 |

Étude de cas #1

Solution avec filtres

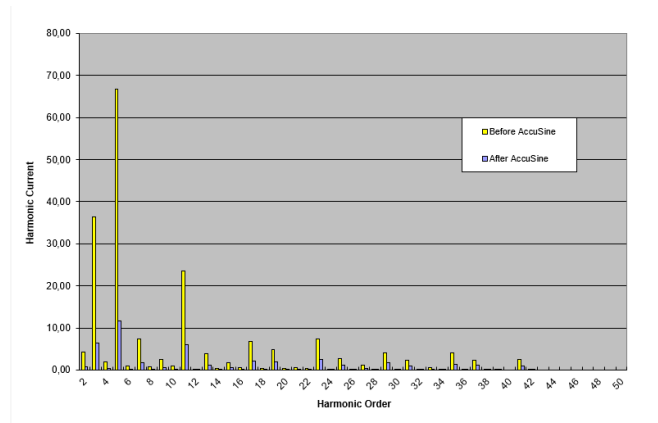
Tableau 5-5 : Spectre harmonique total du courant au point de raccordement avec Hydro-Québec avec les deux filtres recommandés

| Nom équipement | | | | |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| De : | | | | |
| A : | | | | |
| Rang harmonique (h) | Courant total ligne 1-2-3 (A) | Courant total ligne 4-5 (A) | Courant total à l'installation (A) | Limite C.25-01 (A) (Tableau III) |
| 1 | 37,155 | 36,888 | 68,373 | - |
| 2 | 0,017 | 0,127 | 0,144 | 1,857 |
| 3 | 0,152 | 0,106 | 0,258 | 1,124 |
| 4 | 0,008 | 0,032 | 0,040 | 0,819 |
| 5 | 0,278 | 0,685 | 0,963 | 1,708 |
| 6 | 0,005 | 0,019 | 0,024 | 0,691 |
| 7 | 0,040 | 0,230 | 0,269 | 0,977 |
| 8 | 0,005 | 0,014 | 0,019 | 0,521 |
| 9 | 0,015 | 0,029 | 0,044 | 0,684 |
| 10 | 0,006 | 0,007 | 0,013 | 0,420 |
| 11 | 0,146 | 0,073 | 0,219 | 1,376 |
| 12 | 0,001 | 0,008 | 0,009 | 0,356 |
| 13 | 0,027 | 0,071 | 0,098 | 0,915 |
| 14 | 0,002 | 0,009 | 0,011 | 0,314 |
| 15 | 0,013 | 0,009 | 0,022 | 0,574 |
| 16 | 0,005 | 0,009 | 0,014 | 0,285 |
| 17 | 0,053 | 0,048 | 0,101 | 0,456 |
| 18 | 0,004 | 0,010 | 0,014 | 0,269 |
| 19 | 0,046 | 0,037 | 0,083 | 0,283 |
| 20 | 0,004 | 0,009 | 0,013 | 0,260 |
| 21 | 0,005 | 0,009 | 0,014 | 0,389 |
| 22 | 0,002 | 0,009 | 0,011 | 0,257 |
| 23 | 0,059 | 0,067 | 0,126 | 0,354 |
| 24 | 0,002 | 0,011 | 0,012 | 0,258 |
| 25 | 0,026 | 0,054 | 0,079 | 0,356 |
| 26 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,260 |
| 27 | 0,011 | 0,011 | 0,023 | 0,360 |
| 28 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,258 |
| 29 | 0,042 | 0,020 | 0,062 | 0,274 |
| 30 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,240 |
| 31 | 0,023 | 0,018 | 0,041 | 0,256 |
| 32 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,225 |
| 33 | 0,005 | 0,009 | 0,014 | 0,270 |
| 34 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,211 |
| 35 | 0,032 | 0,009 | 0,041 | 0,205 |
| 36 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,199 |
| 37 | 0,028 | 0,000 | 0,028 | 0,193 |
| 38 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,188 |
| 39 | 0,002 | 0,010 | 0,012 | 0,183 |
| 40 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,179 |
| 41 | 0,023 | 0,010 | 0,033 | 0,174 |
| 42 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,170 |

Étude de cas #1

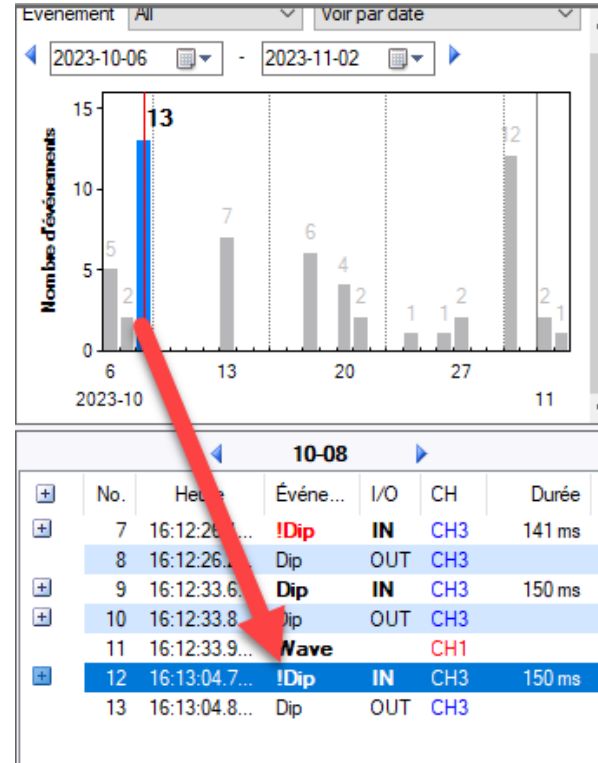
Étude de cas #1

- Requis de HQ sont particuliers : méthode de mesure différente de la norme IEEE-519
 - Seuils de courant en ampère
 - 95e percentile
 - 1 à 2 “business cycle”
 - HQ est préoccupée par l’effet sur son reseau, pas par l’effet sur le client
- Les mesures obtenues à partir des équipements nous permettent de faire cette analyse détaillée
- Ces valeurs permettent de dimensionner le filtre de façon adéquate
- Si aucune correction de PF supplémentaire n’est requise, le filtre actif est la meilleure solution
- Idéalement, obtenir les mesures provenant du contrôleur de la banque de condensateurs donnerait un portrait encore plus précis et permettrait possiblement une solution moins coûteuse dans certains cas



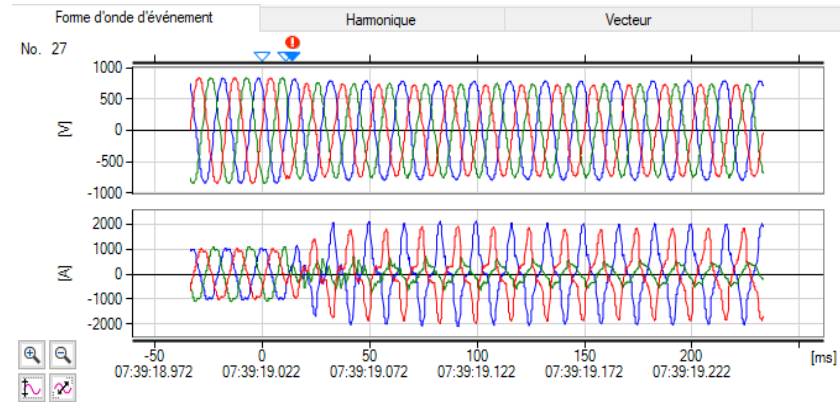
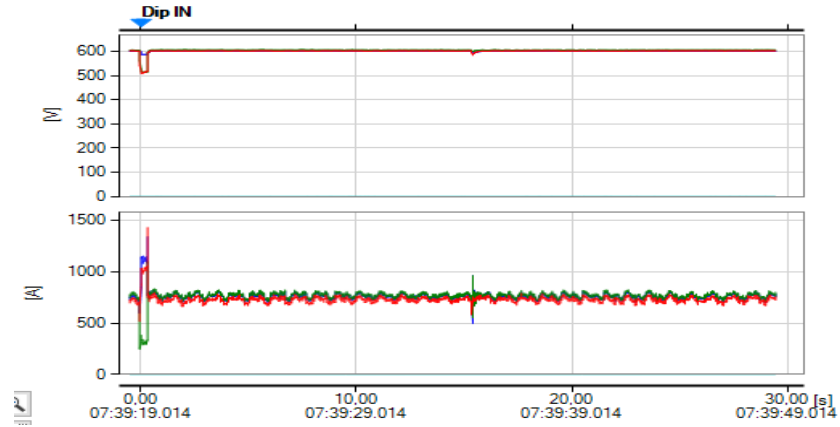
Étude de cas #2

- Certains équipements tombent en arrêt : le client soupçonne des chutes de tension (sag) selon les messages d'erreur obtenus
- Afin de trouver la solution, il faut caractériser le problème
- On configure l'appareil de façon à déclencher l'enregistrement de l'onde lors d'un événement



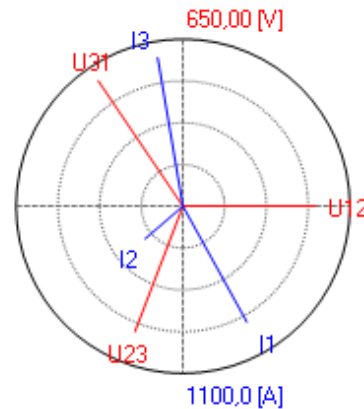
Étude de cas #2

- Analyse détaillée de l'événement est requise afin de déterminer la cause de la baisse de tension momentanée



Étude de cas #2

- Forme d'onde de courant caractéristique d'un défaut phase-phase (courants A et C à 180°)
- La valeur du courant demeure faible (1000A pour une entrée de 3750A)
- L'appel de courant ne peut expliquer la chute de tension
- Certains équipements peuvent être très sensibles au déséquilibre en tension
- Ponts redresseurs → le condensateur n'a pas la capacité de se charger entre V_{AB} et V_{BC}
- Va uniquement se charger entre V_{CA} → induit un déséquilibre important en courant



CH 1 2 3 4

| | | |
|--------|---------|----------|
| U12 H1 | 516,95V | 0,00° |
| U23 H1 | 522,33V | -111,00° |
| U31 H1 | 588,44V | 124,07° |
| Uunb | 8,70% | |

| | | |
|-------|--------|----------|
| I1 H1 | 870,0A | -61,07° |
| I2 H1 | 327,4A | -139,26° |
| I3 H1 | 991,1A | 99,68° |
| Iunb | 55,73% | |

En conclusion

- Les audits : un travail de détective
- Meilleurs sont les outils, meilleure est la solution!
- Plus de mesurage = capacité de prévoir, prévenir et guérir 😊

Q&A

Please share your questions via chat