atee
ASSOCIATION TECHNIQUE ENERGIE ENVIRONNEMENT

Efficacité énergétique

Atelier Mesure et étalonnage autour de l'audit énergétique
25 janvier 2018

L'analyse de réseau

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

CINOV INDUSTRIE

CETIAT
ensemble, innover et valider

La qualité du produit électricité

- Vous avez dit qualité d'énergie ?
- Les Normes
  - EN50160
  - IEC 1000-4-30
- Les principes de mesure
  - Mesure cyclique moyenne
- Les paramètres normatifs
  - Les variations de tension
  - Le flicker
  - Les harmoniques
  - Le déséquilibre
- L'origine d'un événement
- Mesurer selon EN50160…

La qualité d'énergie ?

Variation de tension

IEC 1000-4-30

Coupure

Harmoniques

EN 50160

Transitoires HF

Flicker

Fréquence

Analyse glogale PQ

Puissance

Déséquilibre

Monophasé

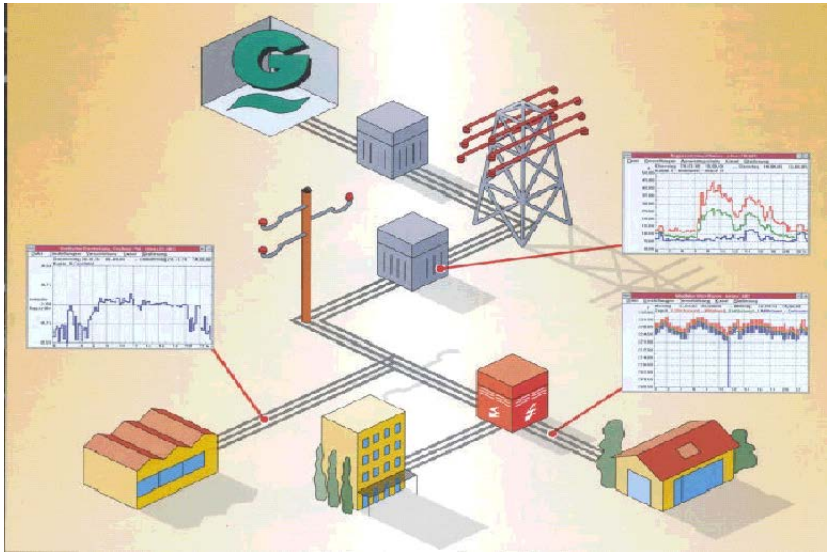
Triphasé

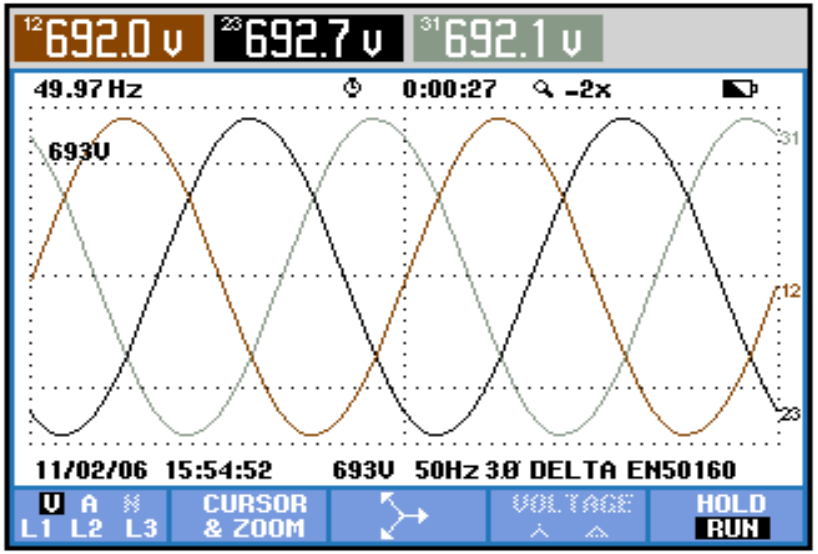
Creux et surtensions

La qualité d’énergie?

Une qualité parfaite du réseau électrique serait une alimentation sans interruptions , toujours dans les limites avec une tension sinusoidale parfaite .

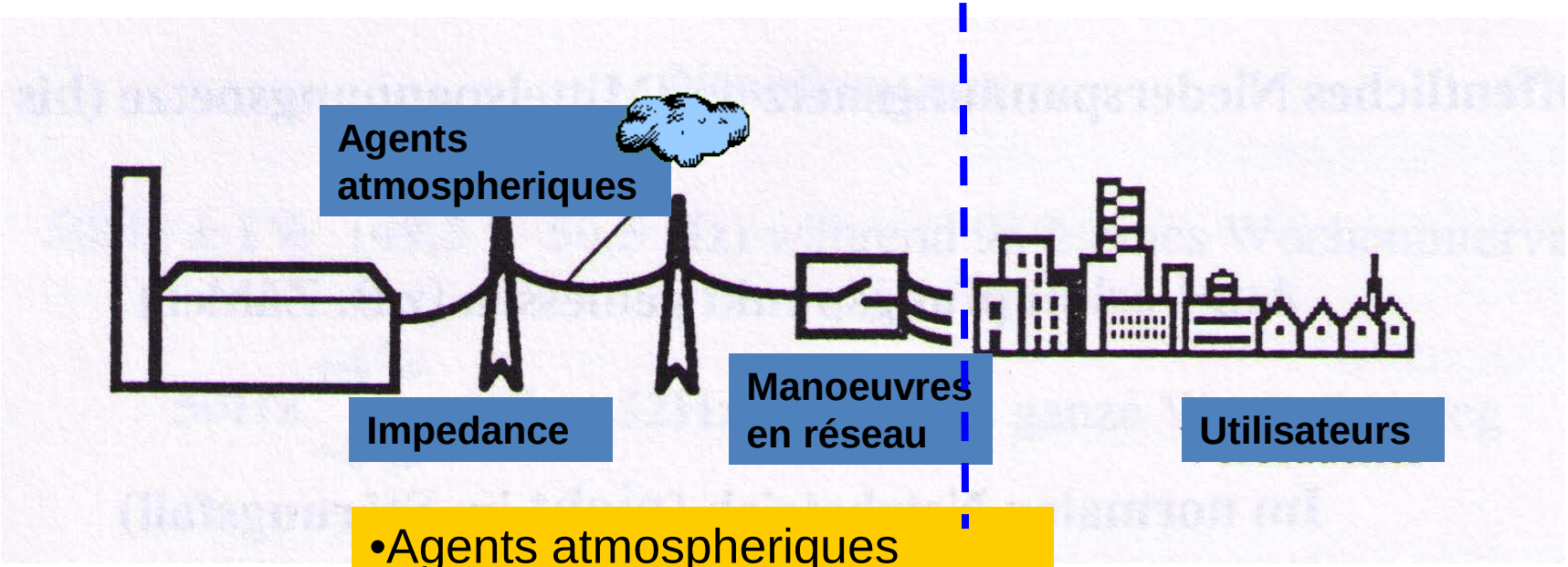
Dans la réalité, les déviations acceptées dépendent des l‘applications, des caractéristiques/exigences des charges connectées





La qualité d'énergie?

Qu'est-ce qui peut affecter le produit éléctricité ?



- Agents atmospheriques
- Impedance
- Manoeuvres en réseau
- Utilisateurs

La qualité d'énergie ?

Les symptômes ?

- Blocage des ordinateurs
- Papillotement des écrans ou de l'éclairage
- Arrêts de production
- Surcharge des batteries de condensateurs
- Surchauffe du neutre
- Déclenchement intempestif des protections
- Dysfonctionnements des moteurs
- Destruction de cartes électroniques
- .....

Les normes

Analyse

EN 50160: CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)
Basse et moyenne tension

Mesure

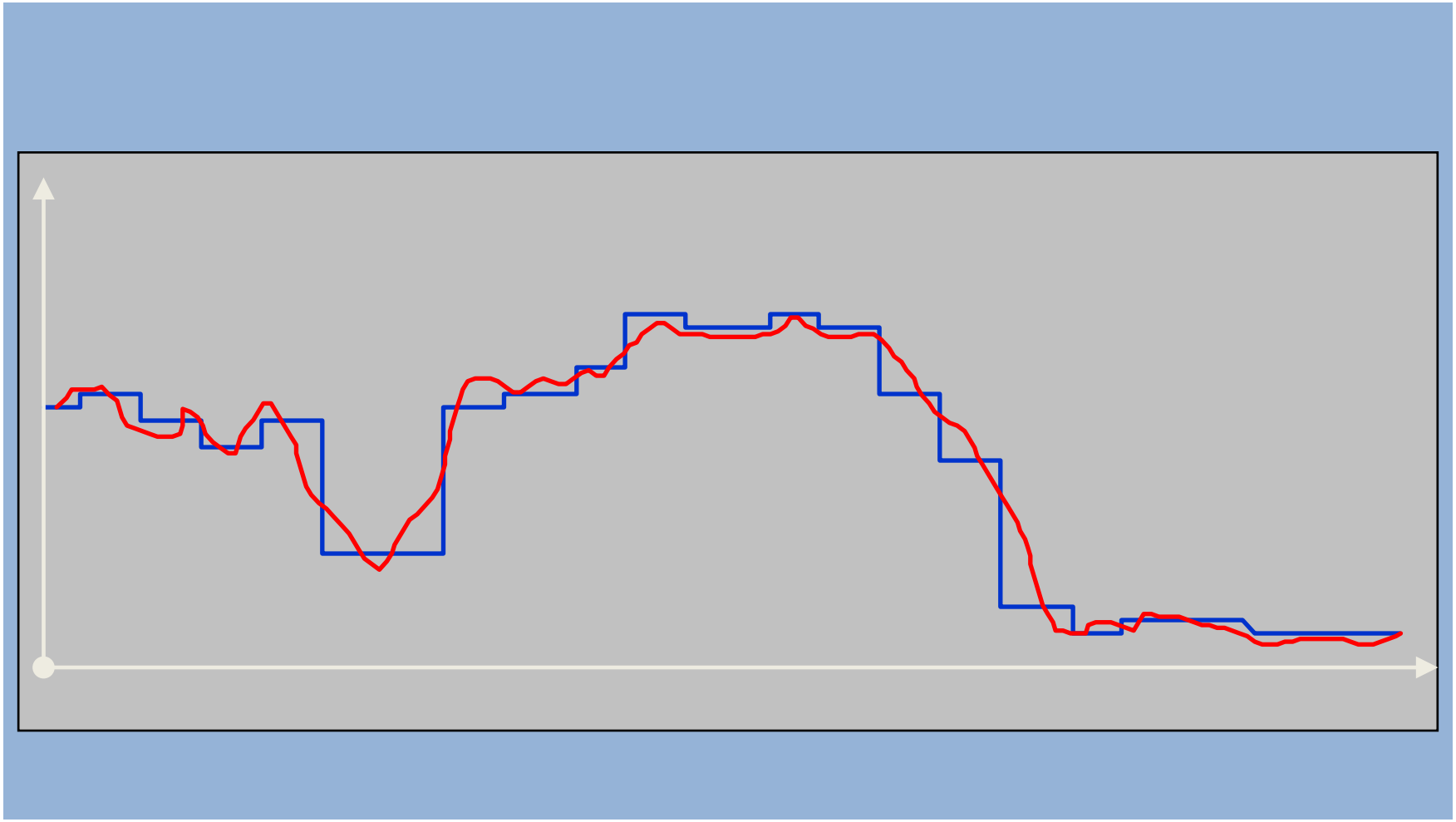
CEI (Commission Electrotechnique Internationale)
CEI 61000-4-7: Harmoniques
CEI 61000-4-15: flicker
CEI 61000-4-30: méthode de mesure (Classe A)

EN50160

Caractéristiques du produit électricité

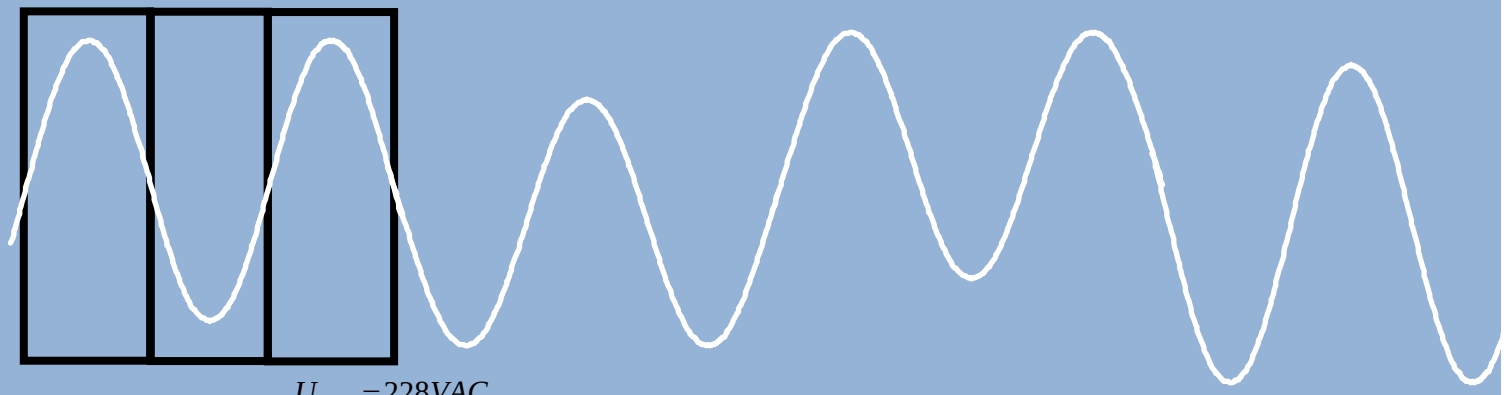
Paramètres	Limites	Intervalle	Période	Tolérance %
Variations de tension	Un +/- 10%	10 min	1 semaine	95%
	Un + 10% / -15%	10 min	1 semaine	100%
Flicker	Plt = 1	2h	1 semaine	95%
Harmoniques de U	Jusqu'au H 25 THD = 8%	10 min	1 semaine	95%
Déséquilibre	Di / Dd 2%	10 min	1 semaine	95%
Télécommandes	< 5% Un	3 sec	1 semaine	99%
Fréquence	49,5 Hz à 50.5 Hz	10 min	1 semaine	95%
	47Hz à 52 Hz	10 min	1 semaine	100%

Mesure de la valeur moyenne



Mesure de la efficace

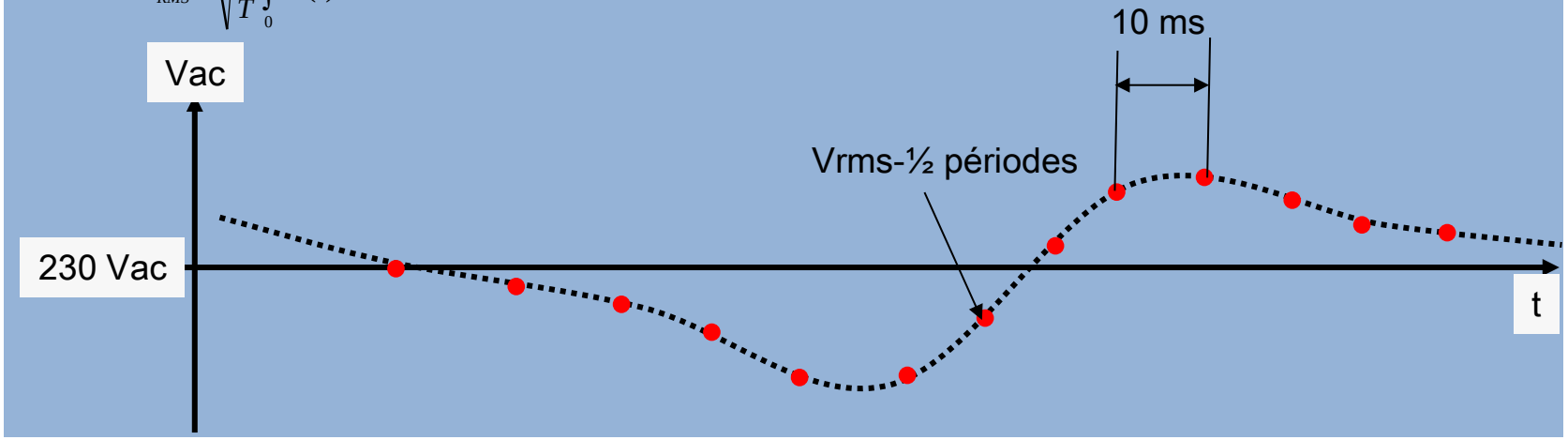
Actualisation toutes les ½ périodes



$$U_{RMS} = 228VAC$$

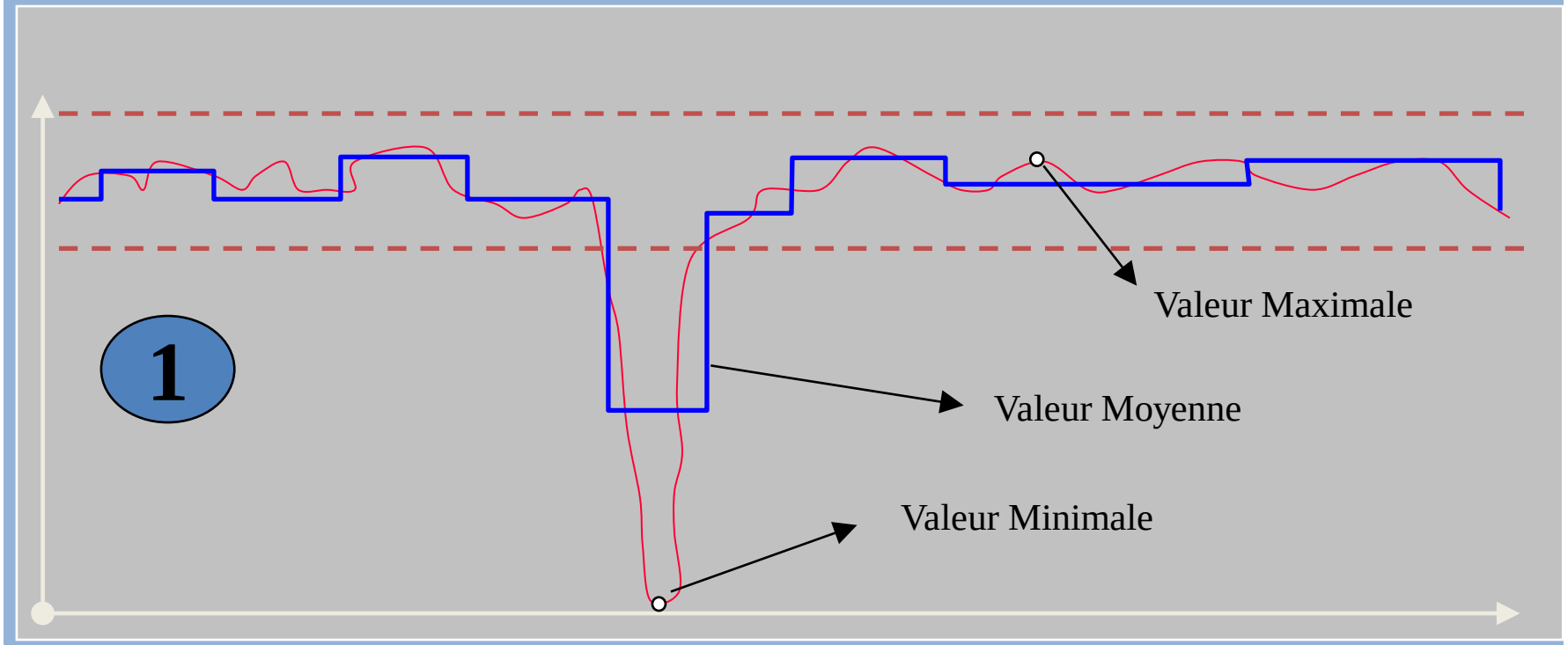
$$U_{RMS} = 227VAC$$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)\,dt} = 230VAC$$

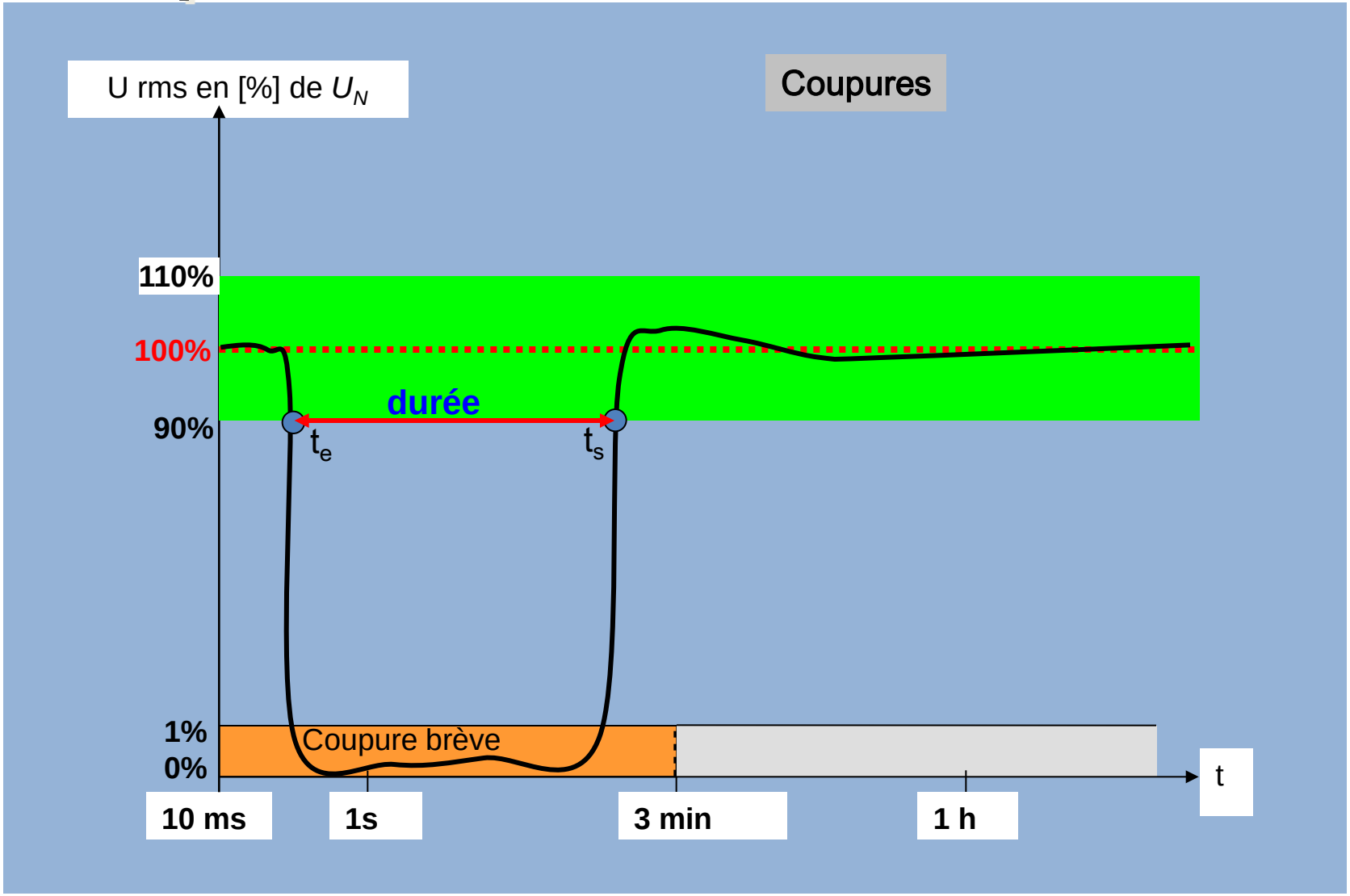


Pour résumer….

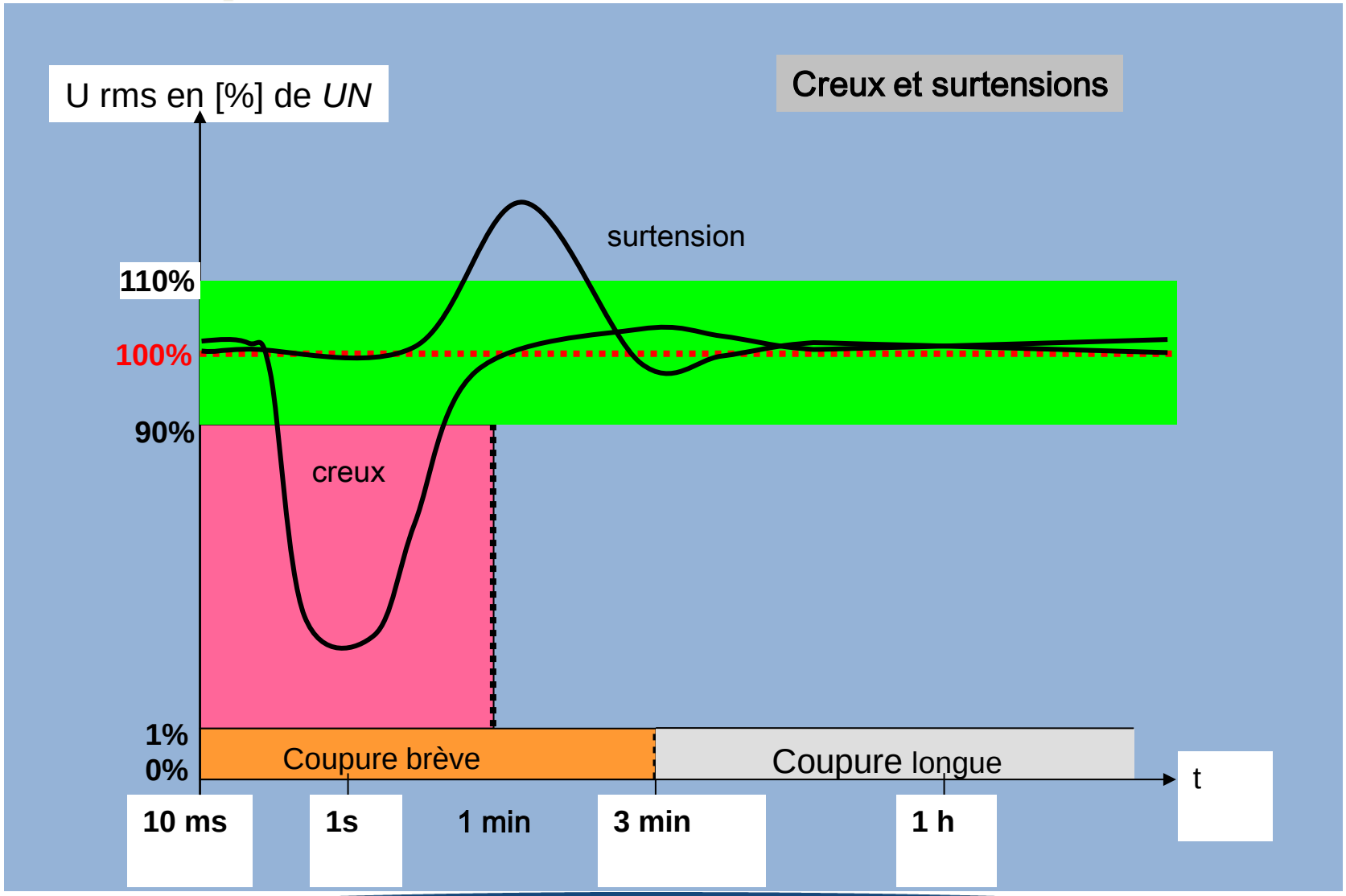
La mesure cyclique moyenne



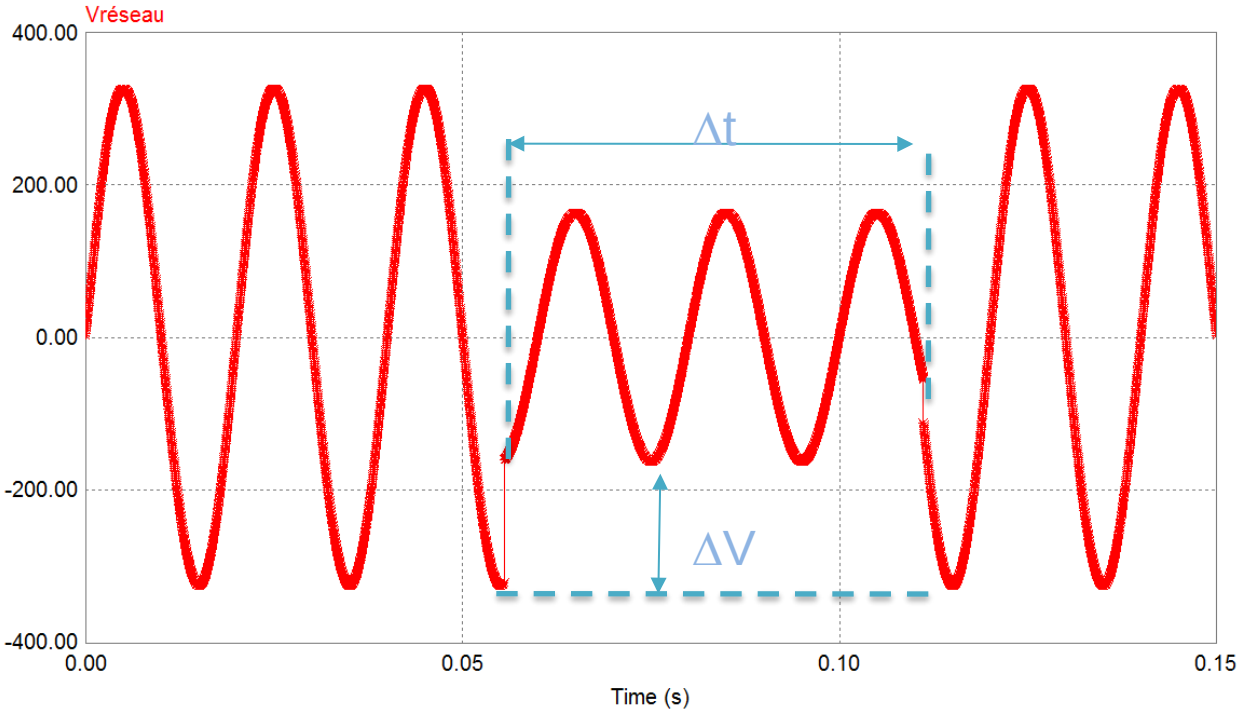
Les paramètres de EN50160



Les paramètres de EN50160



Les creux de tension



Le creux de tension est une chute rapide de l'amplitude de la tension.

Le creux de tension se caractérise par l'amplitude du creux ΔV et sa durée Δt.

La NORME EN 50160 fixe les creux de tension pour chute $10\% < \Delta V/V < 90\%$ et une durée $10ms < \Delta t < 1min$.

Les surtensions et coupures

Coupure de tension :

On distingue deux types de coupure:

• ***La coupure de tension brève.*** Il s'agit d'une chute de tension supérieure à 90% de la tension nominale mais dont la durée est inférieur à 3 minutes.

• ***La coupure de tension***. Il s'agit d'une chute de tension supérieure à 90% mais dont la durée est supérieure à 3 minutes.

Surtension :

La NORME EN 50160 fixe les surtensions admissibles en fonction des régimes de neutre:

• ***En TT ou TN .*** La surtension ne doit pas dépasser 1.7 Vn.

• ***EN IT.*** La surtension ne doit pas dépasser 2*Vn.

Ces surtensions peuvent apparaître en entre phase-phase ou entre phase-neutre.

Les surtensions et coupures

Surtension :

On classe les surtensions selon trois types :

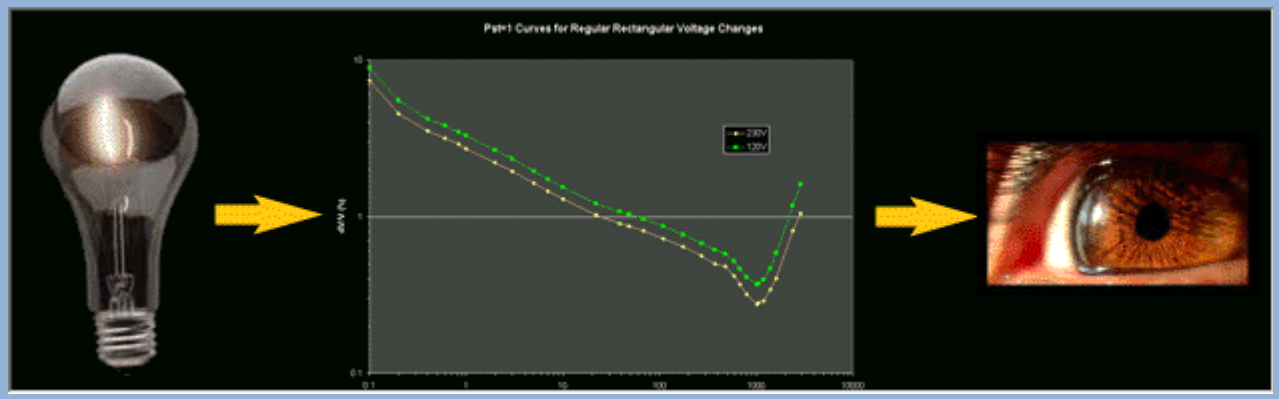
- Les surtensions de « manœuvre ». Essentiellement lors d'enclenchement de gradins de condensateurs.

- Les surtensions atmosphériques. Elles sont provoquées par la foudre.

- Les surtensions à 50 Hz. Elles apparaissent lors de résonance sur le réseau électrique, de surcompensation d'énergie réactive ou d'un défaut d'isolement entre phase et terre.

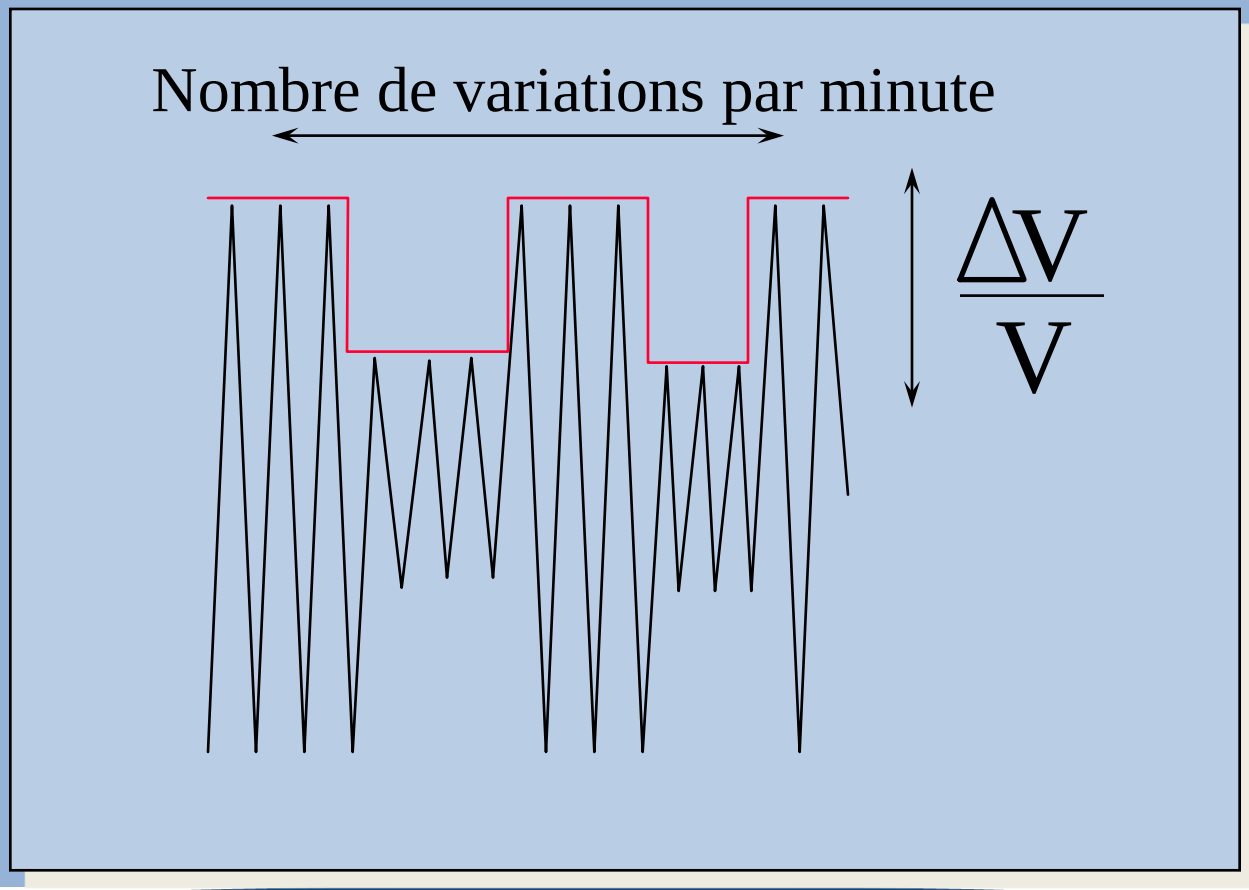
Le Flicker

Flicker

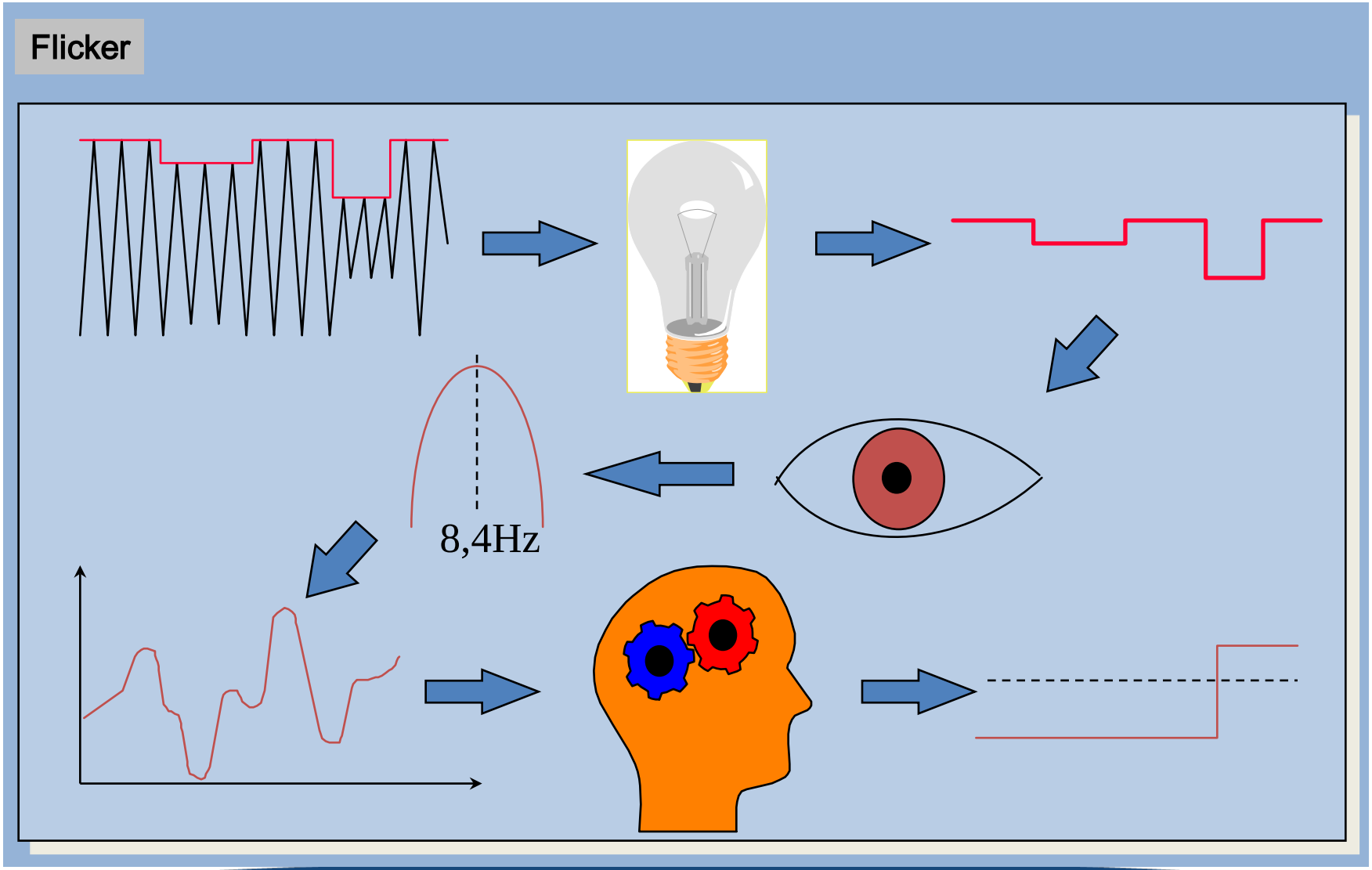


Le Flicker

Le Flicker ou papillotement de la lumière résulte de faibles fluctuations de tension , qui provoquent une fatigue physique et psychique aux usagers de l'éclairage.



Le Flicker



Le Flicker

Flicker

Traitement statistique selon CEI 61000-4-15

- P_{st} : évaluation de la sévérité du flicker sur un temps court : 10 minutes
- P_{lt} : évaluation sur un temps long : 2 heures

Le Flicker

Flicker

Variations de charges importantes

Charge Industrielle

Charge basse tension

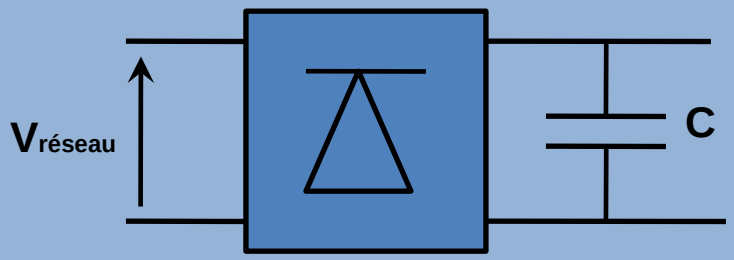
Génératrices Eoliennes

- **Fours à arc (c.a. & c.c.)**
- **Machines à souder**

- **Photocopieuses**
- **Moteurs**
- **Appareils rayons X**
- **Ascenseurs**
- **Pompes à chaleur**

Charges non linéaires

L'introduction de l'électronique de puissance implique des consommations de courant non sinusoïdal.
Une grande partie des montages utilise en entrée un montage redresseur à diodes sur charge capacitive pour le filtrage.



Charges non linéaires

Exemples de charges non linéaires :

Variateur de vitesse

onduleur

Les harmoniques

Le courant n'est pas forcément sinusoïdal mais tous les signaux périodiques sont, grâce à la transformée de Fourier, décomposables en une somme de sinusoïdes.

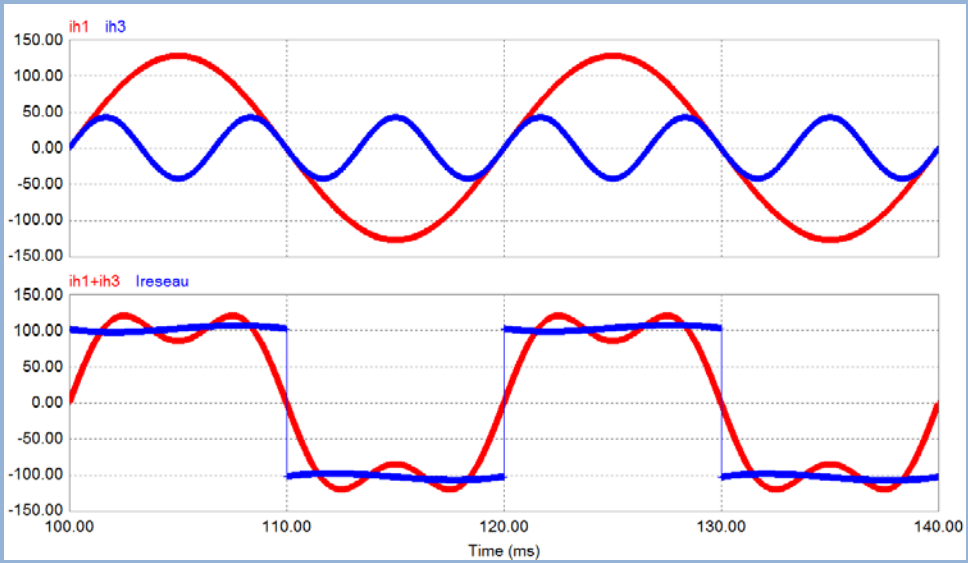
Remarque sur la transformée de Fourier d'un courant i(t):

$$i(t) = I_{moy} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{n\,max}.\sin(nwt + \varphi_n)$$

L'indice n indique le rang de l'harmonique, c'est-à-dire sa fréquence n*50Hz sur le réseau EDF.

Les harmoniques

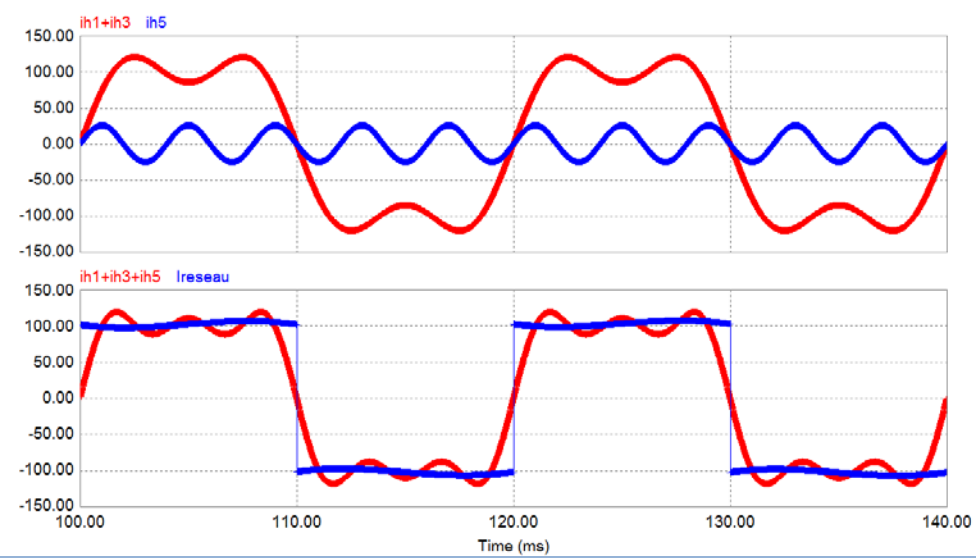
L'harmonique 1 est une sinusoïde à la fréquence 50 Hz alors que l'harmonique 3 est une sinusoïde à la fréquence 3*50 = 150 Hz.



La somme des harmoniques permet de retrouver le courant consommé.

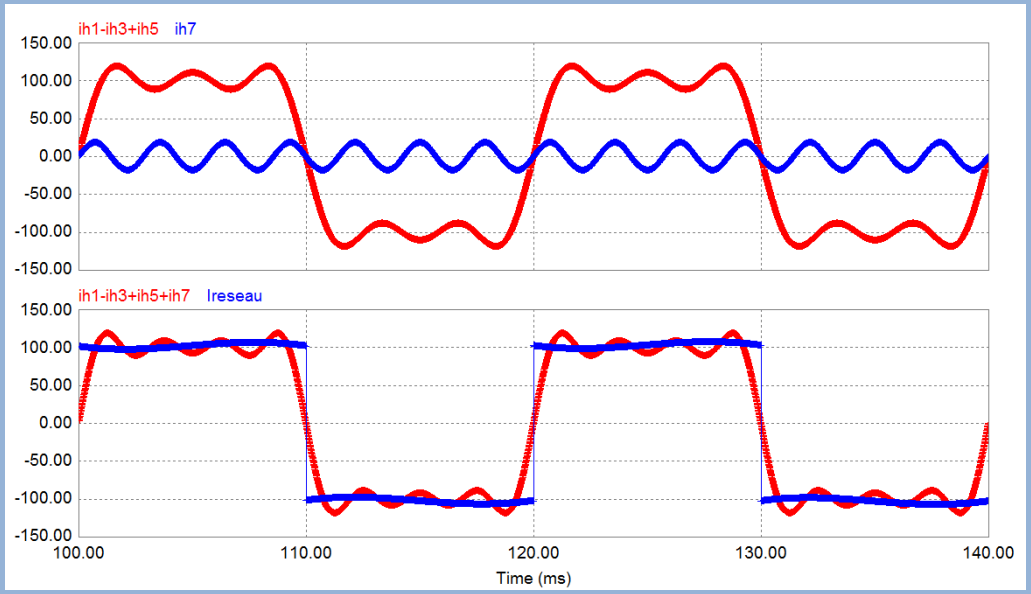
Les harmoniques

L’harmonique 5 est une sinusoïde à la fréquence 5*50 = 250 Hz.



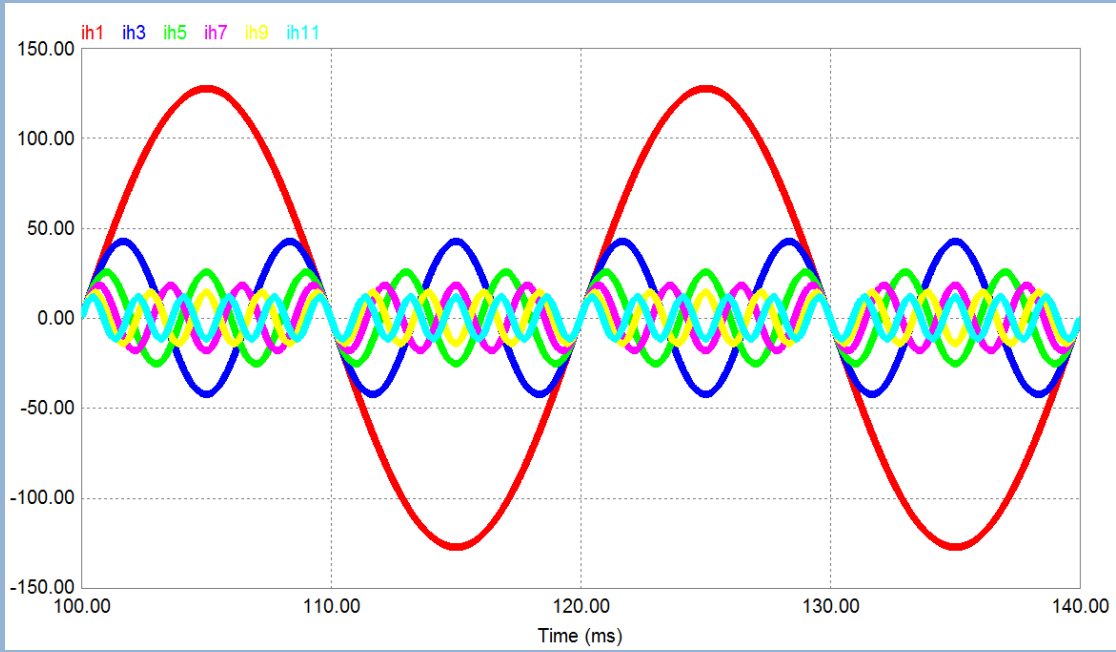
Les harmoniques

L'harmonique 7 est une sinusoïde à la fréquence 7*50 = 350 Hz.



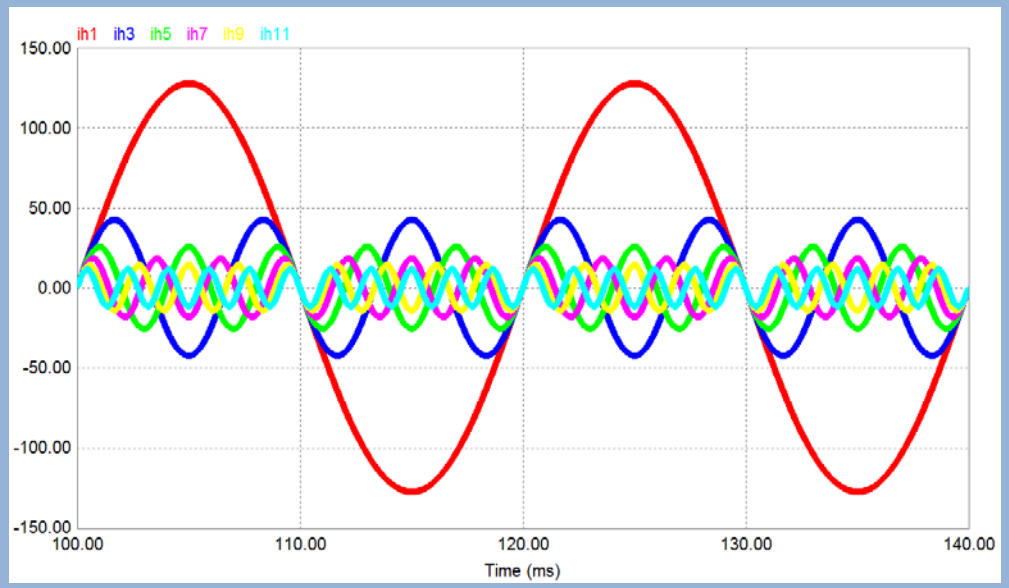
Les harmoniques

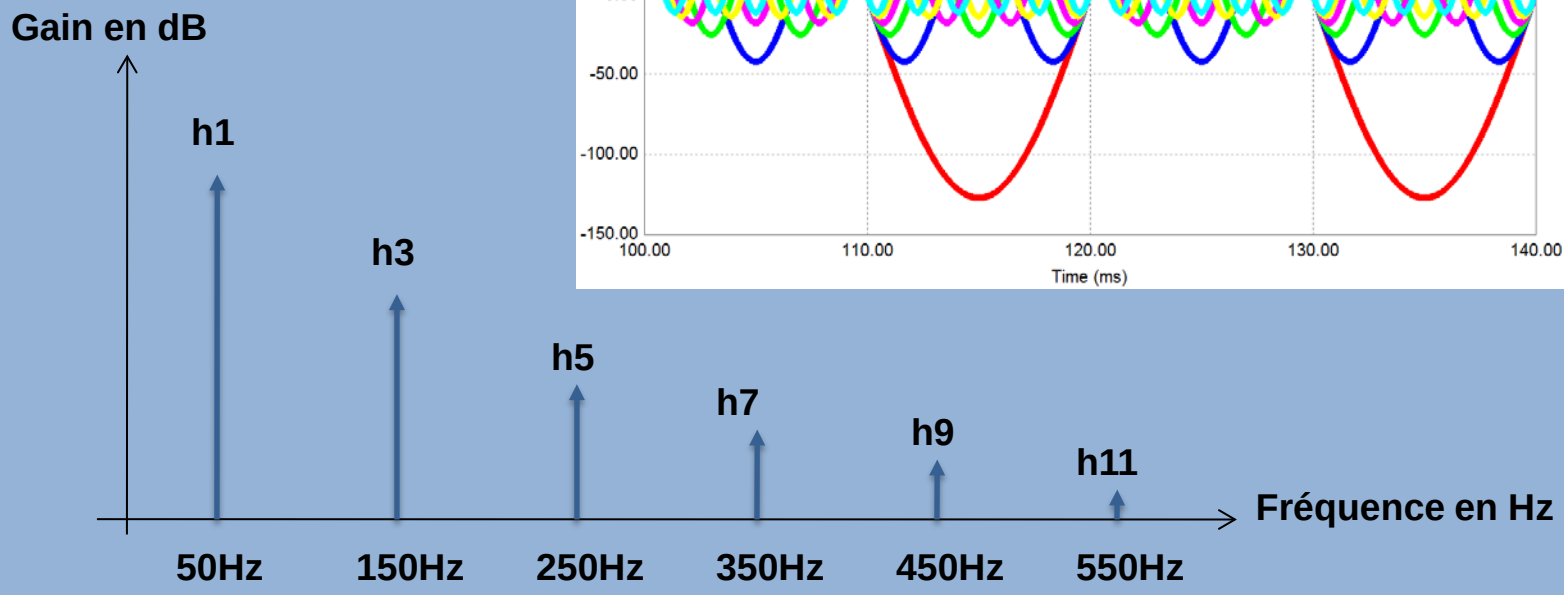
Si on affiche toutes les harmoniques cela devient totalement illisible et inexploitable.



Les harmoniques

Le spectre :





Les harmoniques

Sur un réseau d'alimentation en sinusoïdal sur charge non linéaire :

Puissance apparente $S = V\,I$ en VA (Volt - Ampère)

Puissance active $P = V\,I_{h1}\,\cos\varphi_{h1}$ en W (Watt)

Puissance réactive $Q = V\,I_{h1}\,\sin\varphi_{h1}$ en VAR (Volt Ampère Réactif)

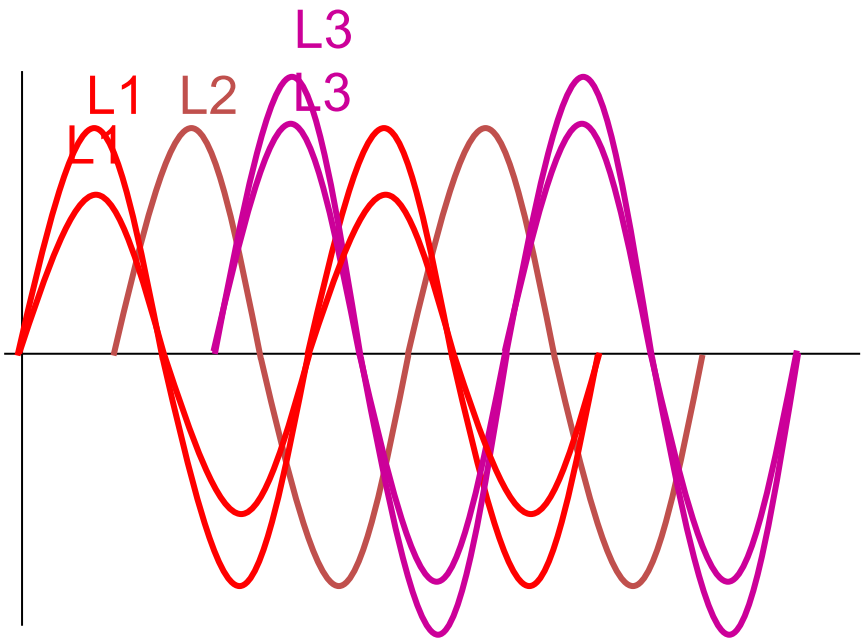
Sur un réseau seul l'harmonique 1 (le fondamental) transporte la puissance active et réactive.

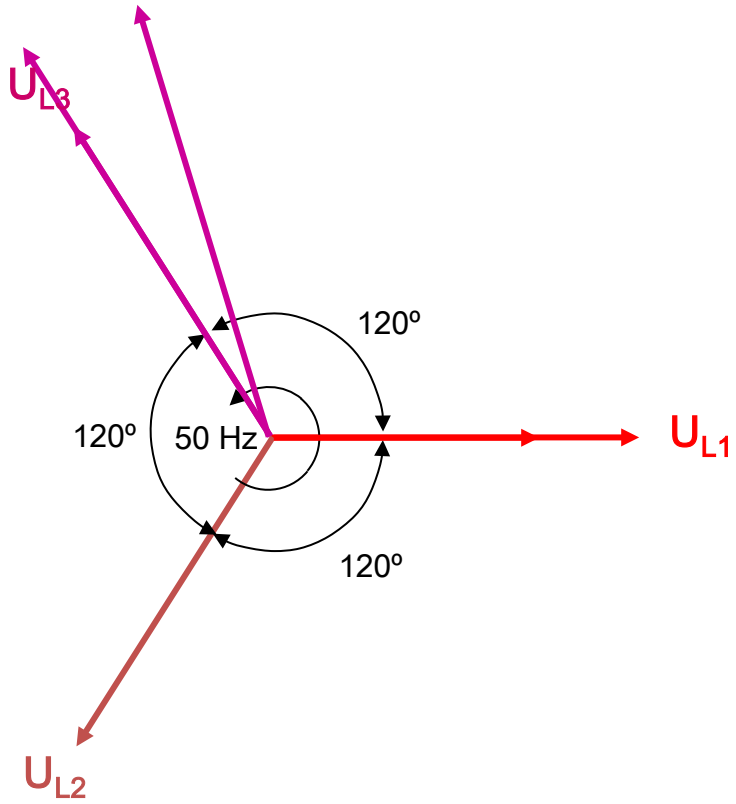
Sur une charge non linéaire $S^2=P^2+Q^2$ n'est plus vrai, on introduit une nouvelle puissance, la puissance déformante D. La nouvelle relation pour une charge non linéaire est $S^2=P^2+Q^2+D^2$.

Les appareils de mesure indiquent dans VAR ce qui n'est pas P ou S soit : $\sqrt{Q^2+D^2}$

Le déséquilibre

Circuits triphasée déséquilibrés





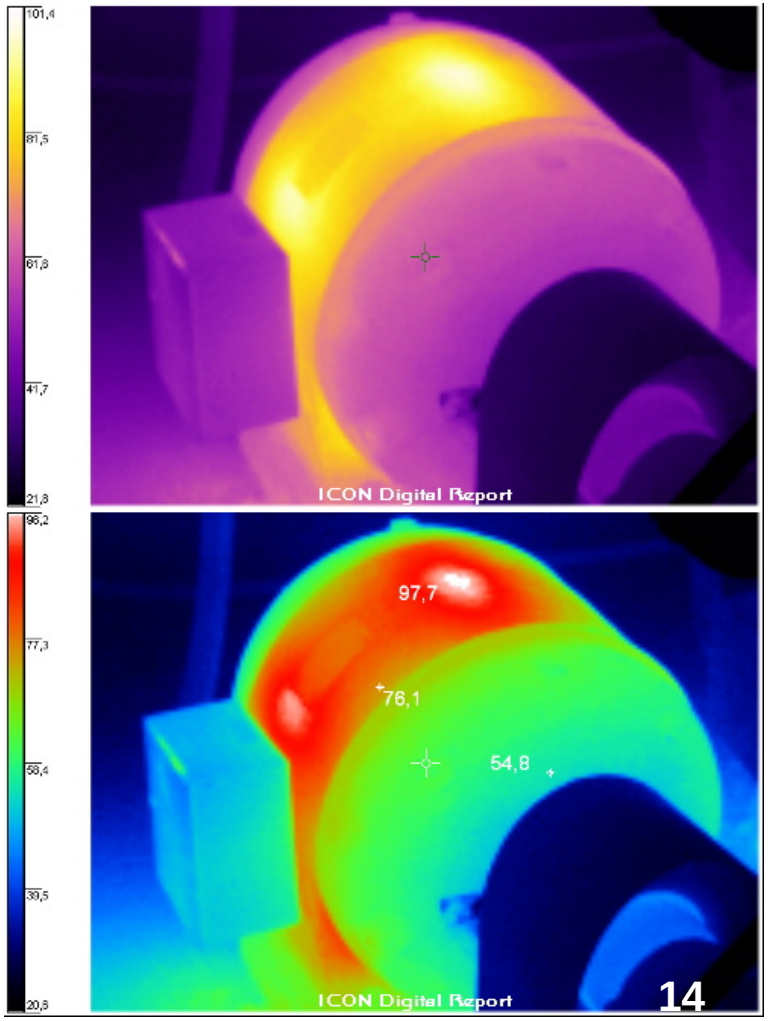
Tension Asymétrique

- **Différence d'Amplitude**
- **Déphasage de 120°**

Le déséquilibre

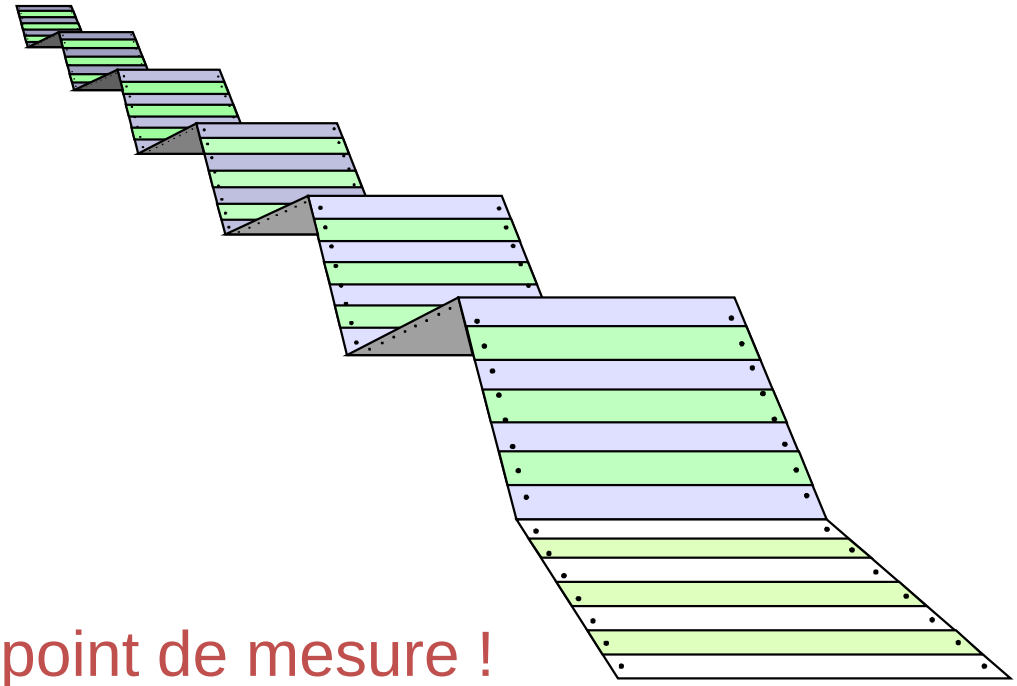
Conséquences sur les machines à induction

- Réduction du rendement
- Echauffement
- Roulement à billes défectueux
- Vieillissement précoce



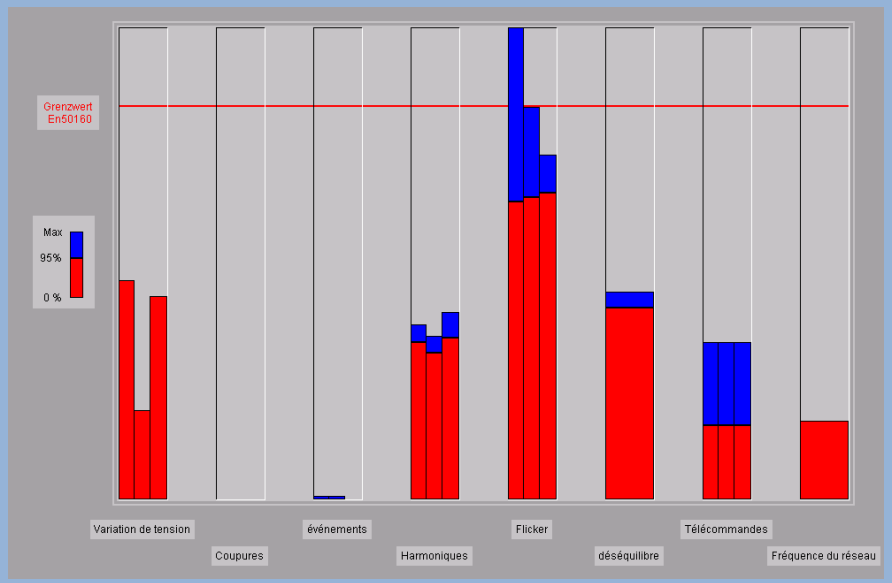
Conclusion sur EN 50160

Mesurer selon la norme EN 50 160
c'est analyser 170 000 résultats de mesure.



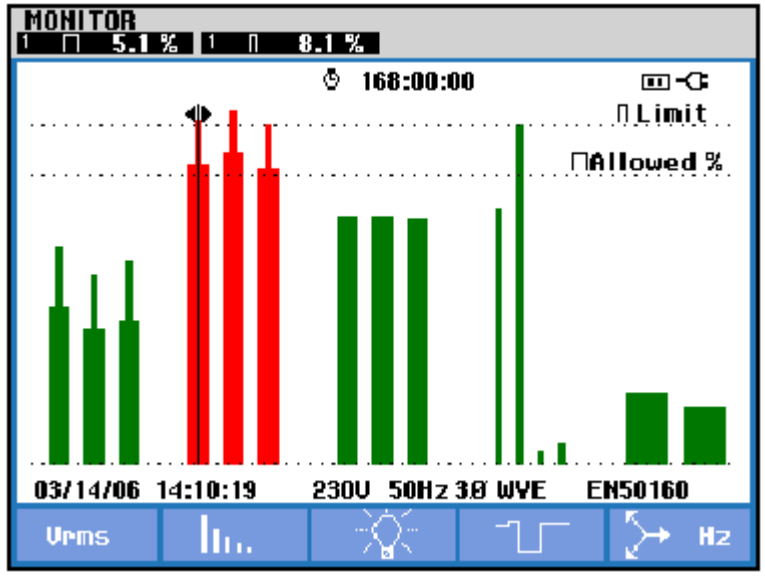
par point de mesure !

Mesurer selon EN50160



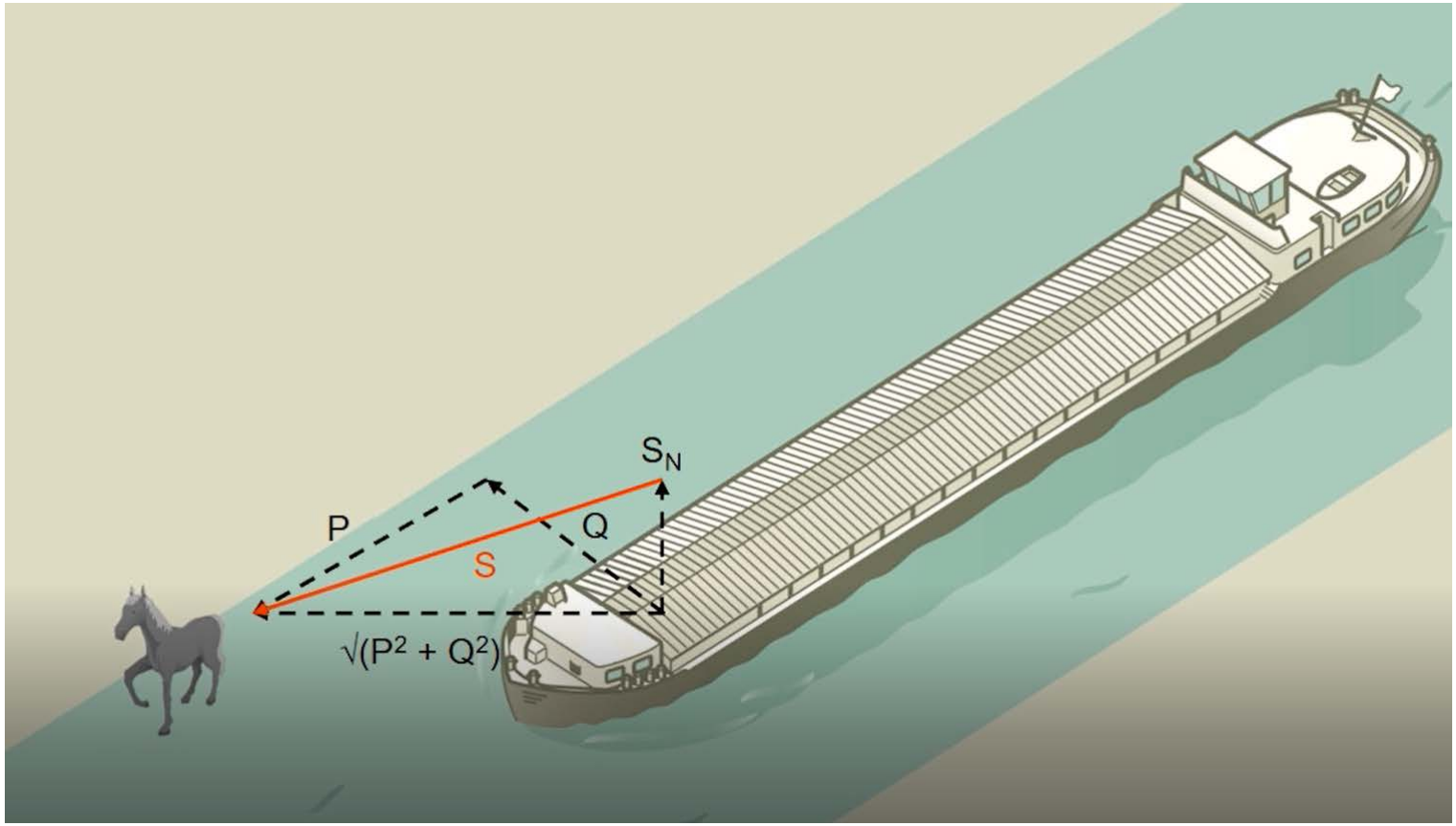
FL174x ou FL 173X

FlukeView pour FL 434/5

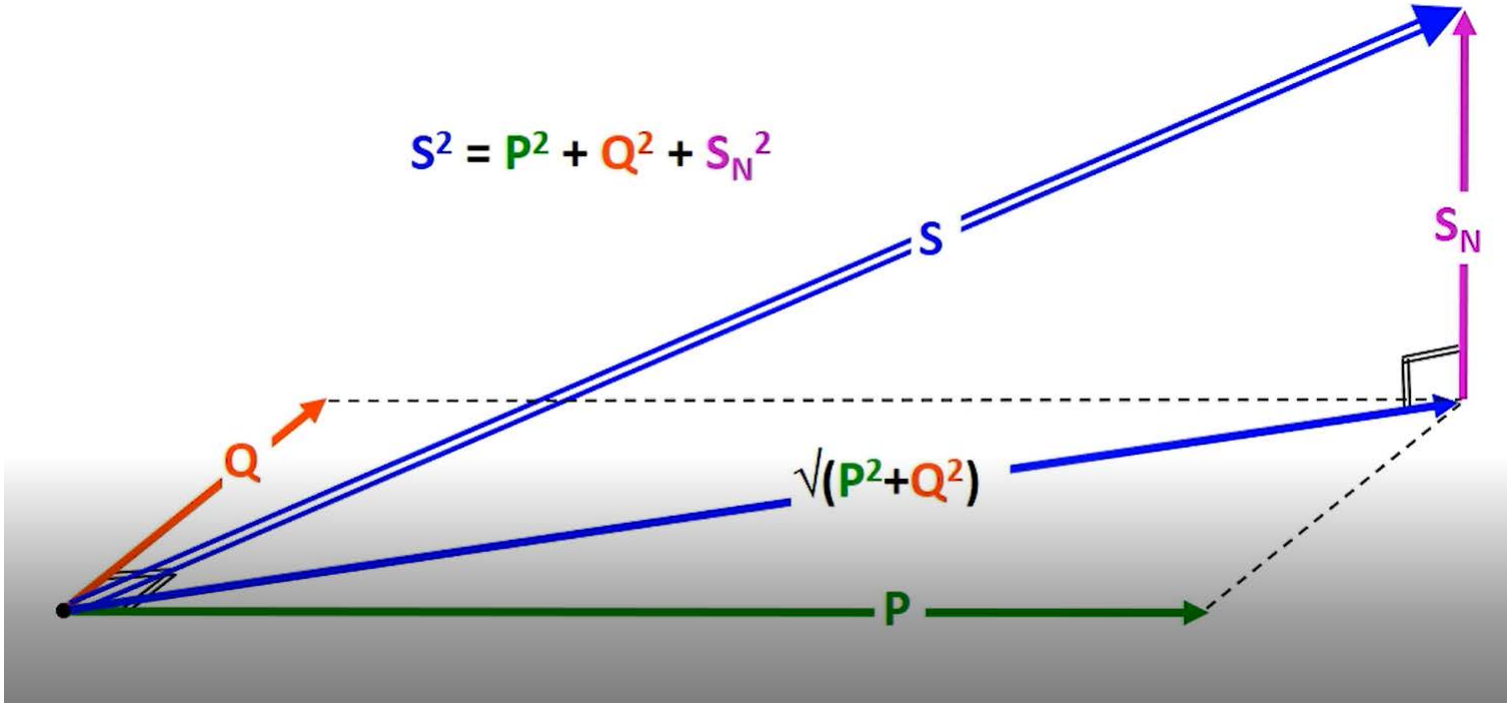


- Tous les paramètres d'un seul coup d'œil
- Tous les paramètres critiques
- Marge de sécurité
- Analyse rapide par « bon ou mauvais »

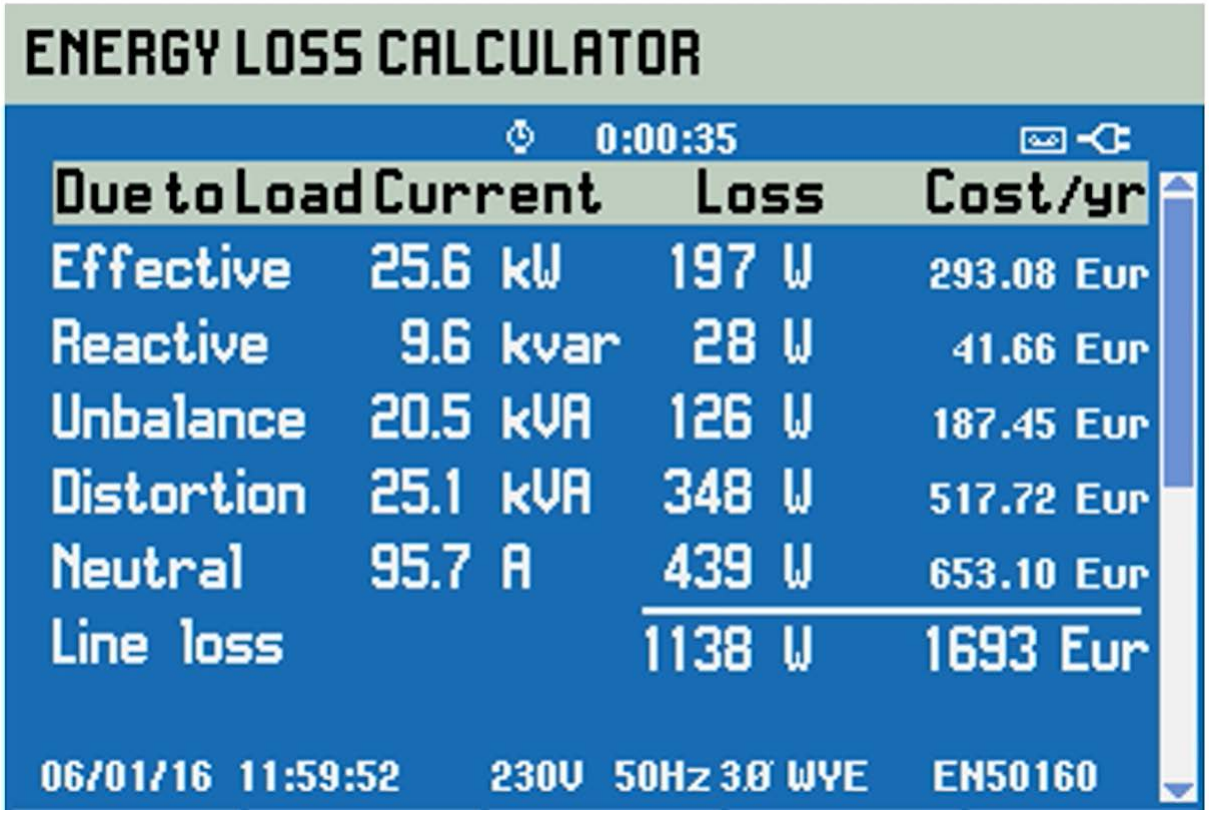
Les pertes d’énergie



Les pertes d'énergies



Calcul des pertes



Les analyseurs de réseaux

Merci pour votre attention.