



L'analyse de réseau

Marc COMMENGE, Directeur technique, expert analyse de réseaux électriques et thermographie infrarouge appliqué aux réseaux électriques, DISTRIMESURE





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

Flicker

Transitoires HF

Analyse globale PQ

Fréquence

Puissance

Déséquilibre

Monophasé

Triphasé

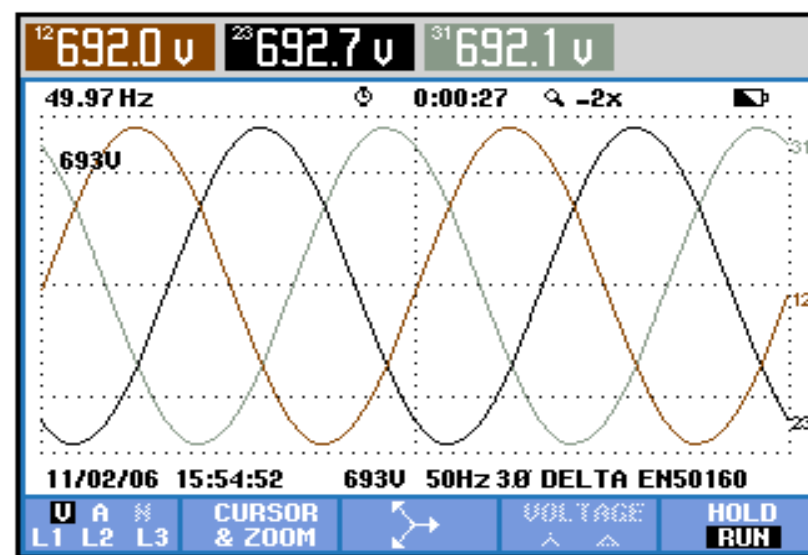
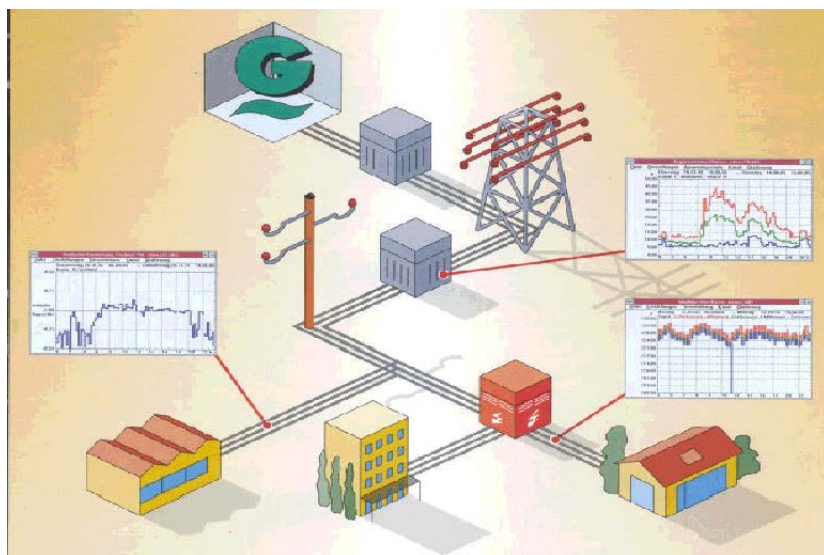
Creux et surtensions



La qualité d'énergie?

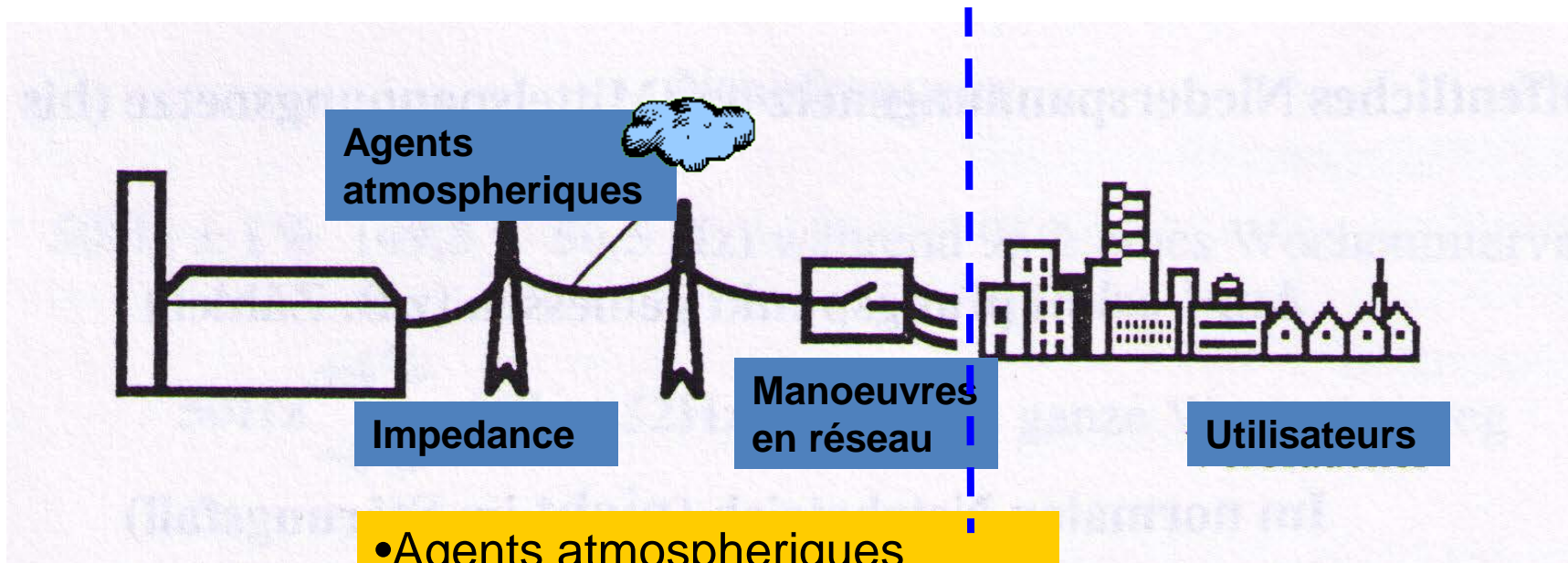
Une qualité parfaite du réseau électrique serait une alimentation sans interruptions, toujours dans les limites avec une tension sinusoïdale parfaite.

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



La qualité d'énergie?

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



- Agents atmosphériques
- 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

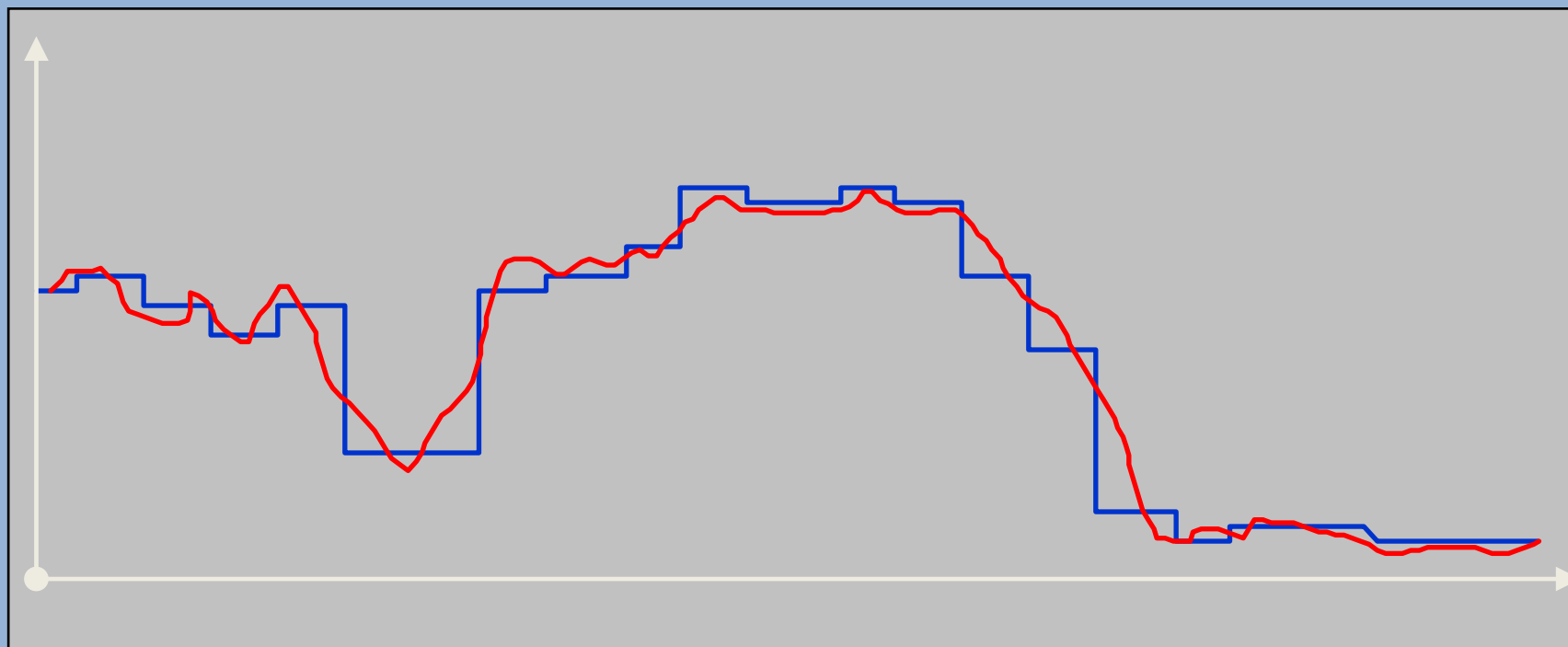
CEI (Commission Electrotechnique Internationale)
CEI 61000-4-7: Harmoniques
CEI 61000-4-15: flicker
CEI 61000-4-30: méthode de mesure (Classe A)

EN50160

Caractéristiques du produit électricité

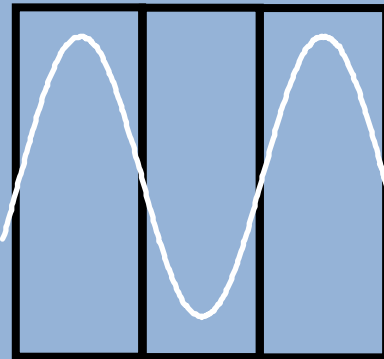
Paramètres	Limites	Intervalle	Période	Tolérance %
Variations de tension	Un +/- 10%	10 min	1 semaine	95%
	Un + 10% / -15%	10 min	1 semaine	100%
Flicker	Plt = 1	2h	1 semaine	95%
Harmoniques de U	Jusqu'au H 25 THD = 8%	10 min	1 semaine	95%
Déséquilibre	Di / Dd 2%	10 min	1 semaine	95%
Télécommandes	< 5% 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

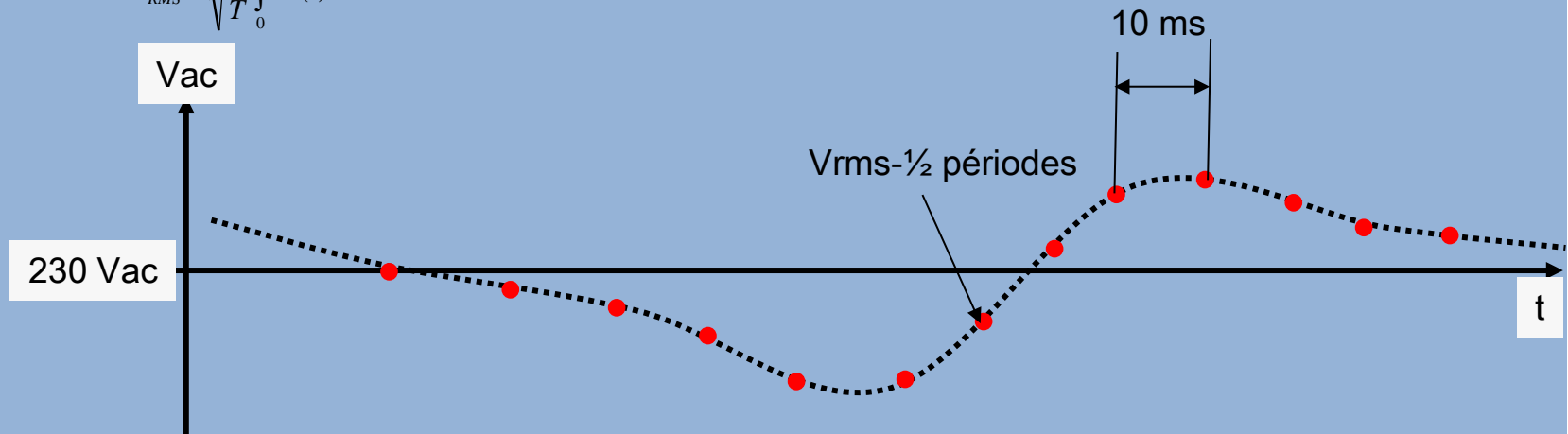
Actualisation toutes les $\frac{1}{2}$ périodes



$$U_{RMS} = 228VAC$$

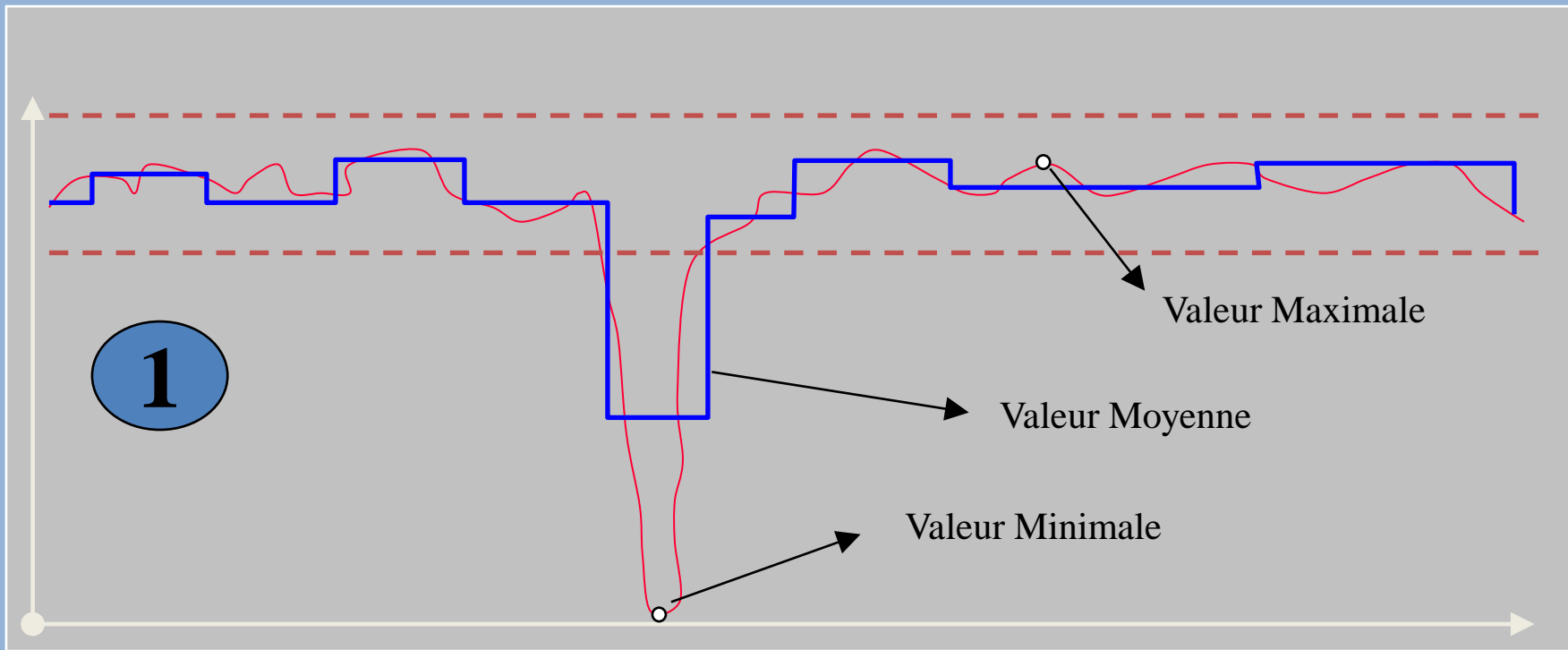
$$U_{RMS} = 227VAC$$

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

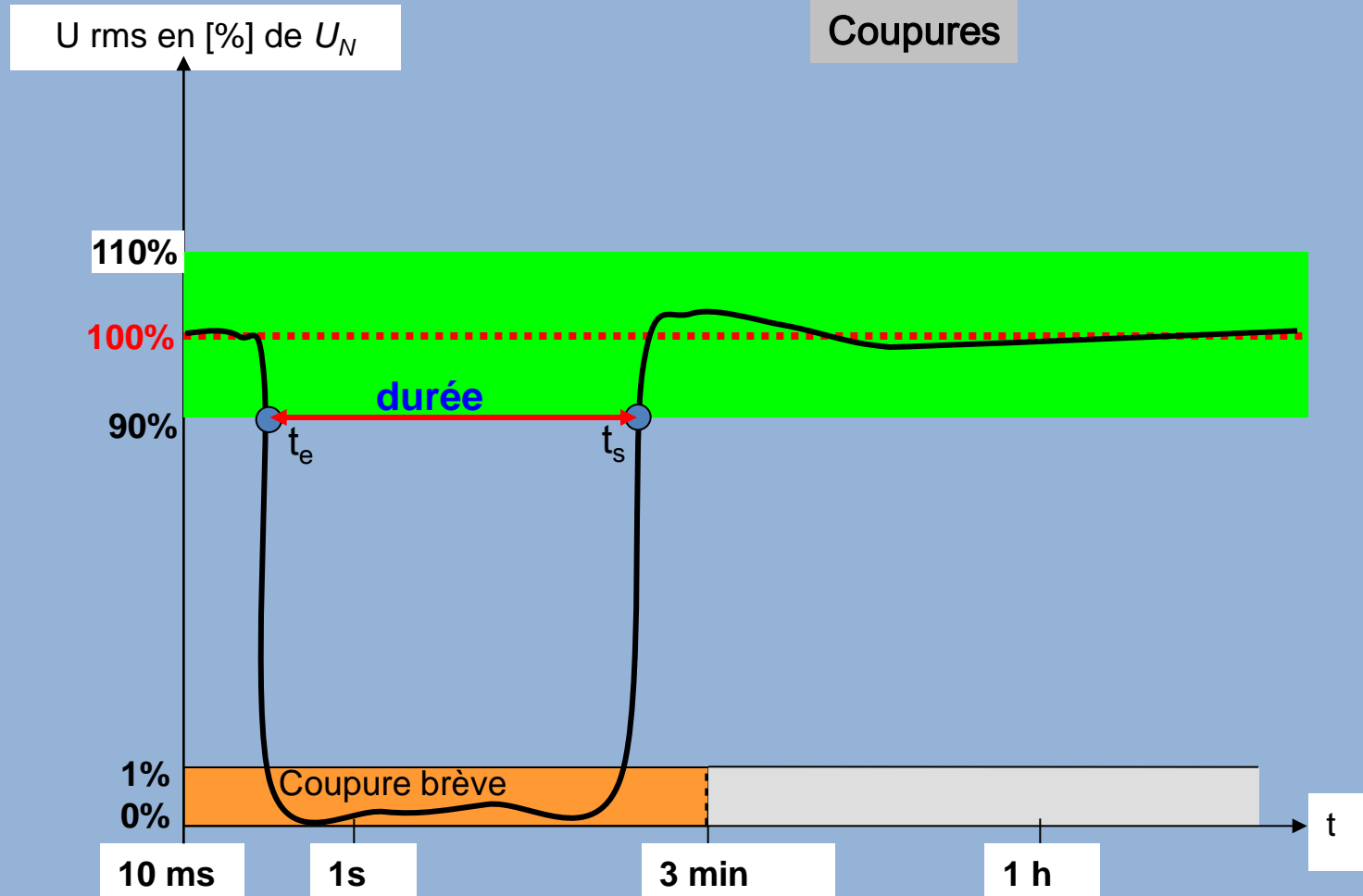


Pour résumer....

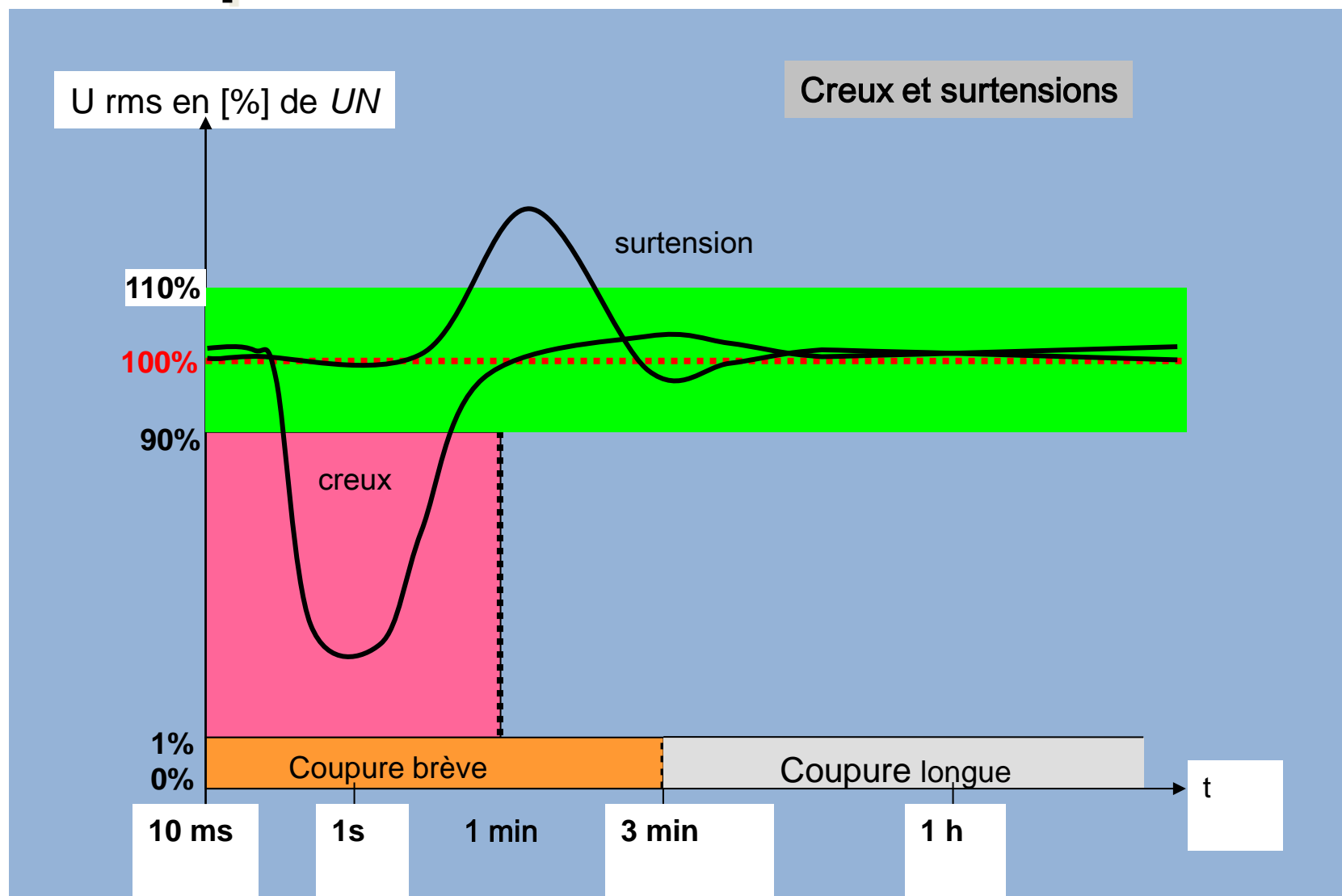
La mesure cyclique moyenne



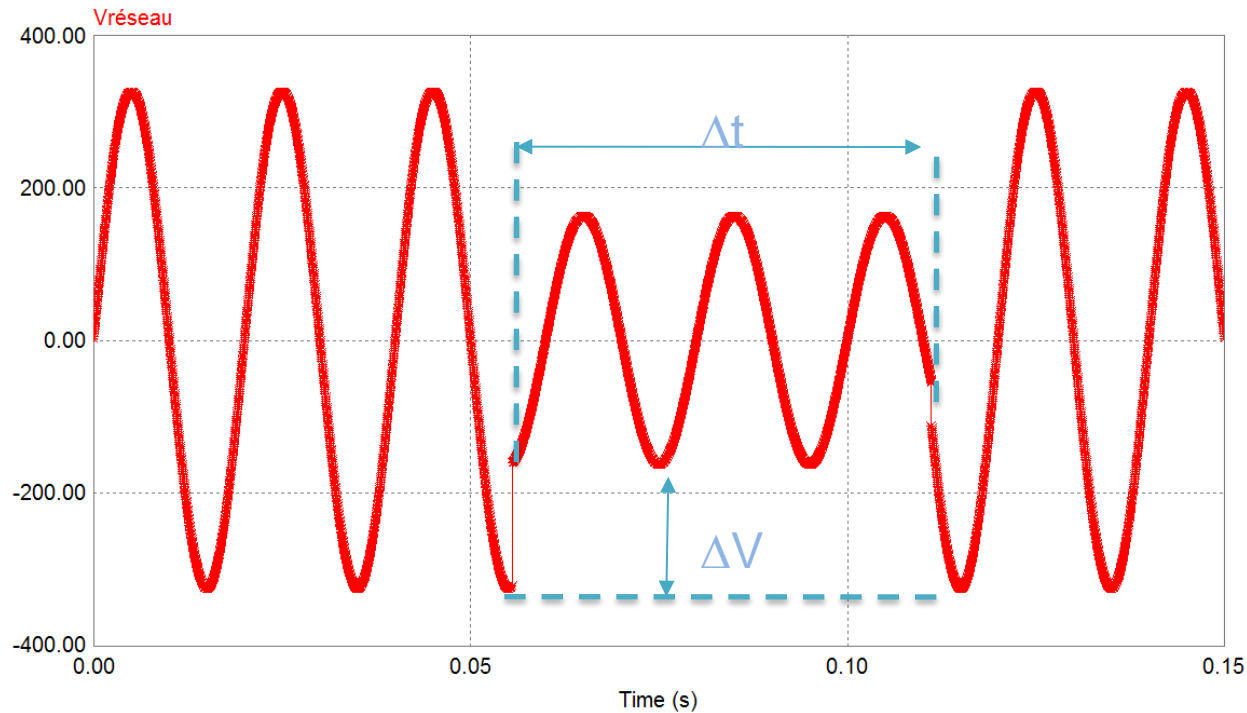
Les paramètres de EN50160



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 $10\text{ms} < \Delta t < 1\text{min}$.

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 inférieure 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 $1.7 V_n$.
- **EN IT.** La surtension ne doit pas dépasser $2 \cdot V_n$.

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

Les surtensions et coupures

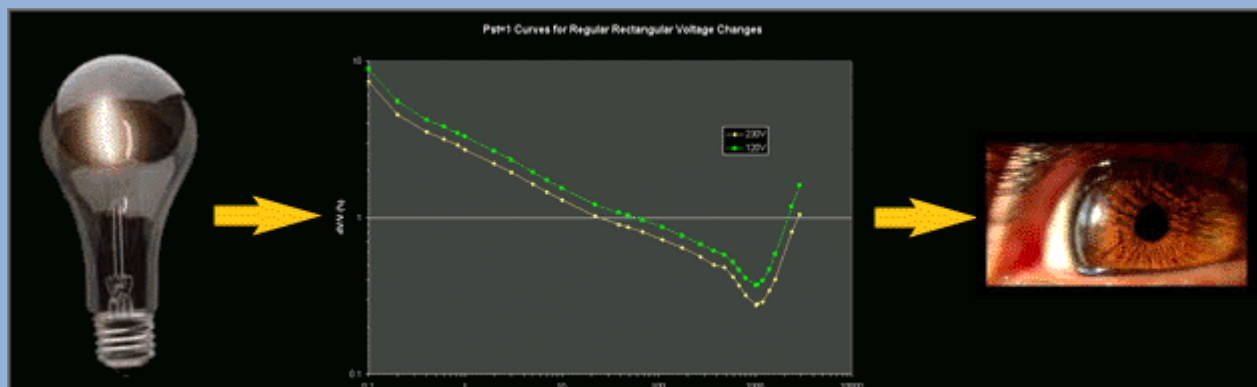
Surtension :

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.

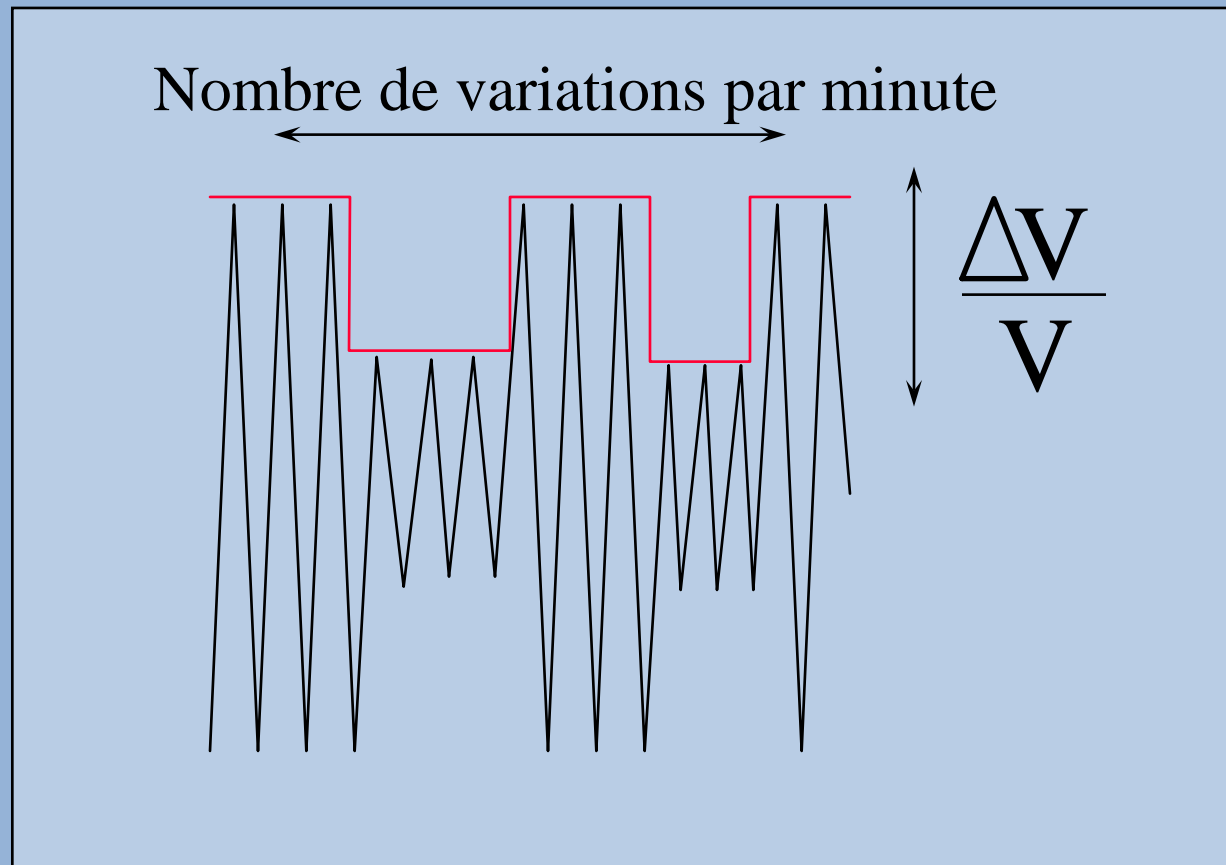
Le Flicker

Flicker



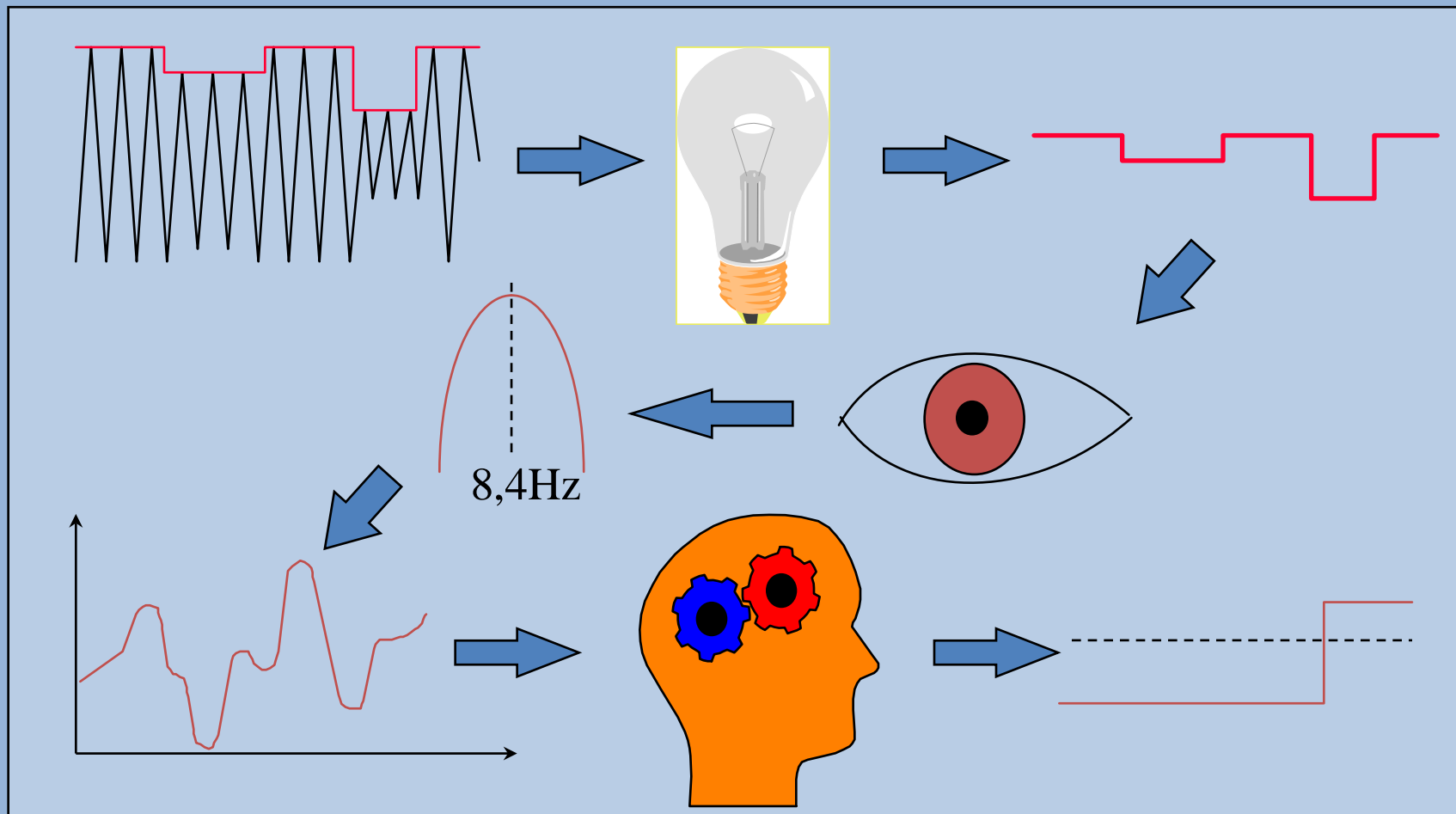
Le Flicker

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

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

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

Charge basse tension

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

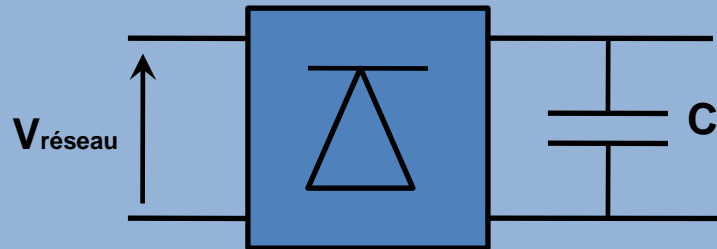
Génératrices
Eoliennes



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.

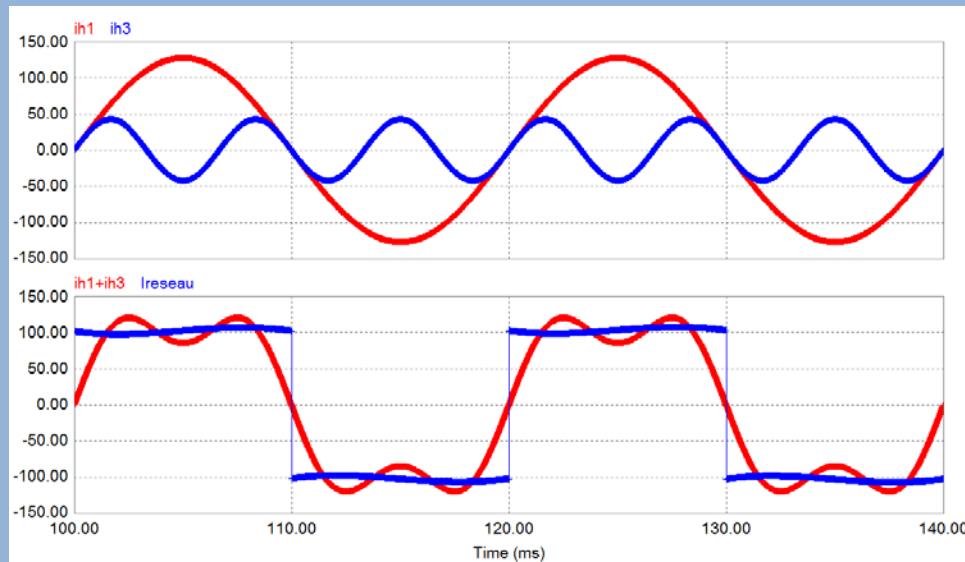
Remarque sur la transformée de Fourier d'un courant $i(t)$:

$$i(t) = I_{\text{moy}} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{n \text{ max}} \cdot \sin(n\omega t + \varphi_n)$$

L'indice n indique le rang de l'harmonique, c'est-à-dire sa fréquence $n \cdot 50\text{Hz}$ sur le réseau EDF.

Les harmoniques

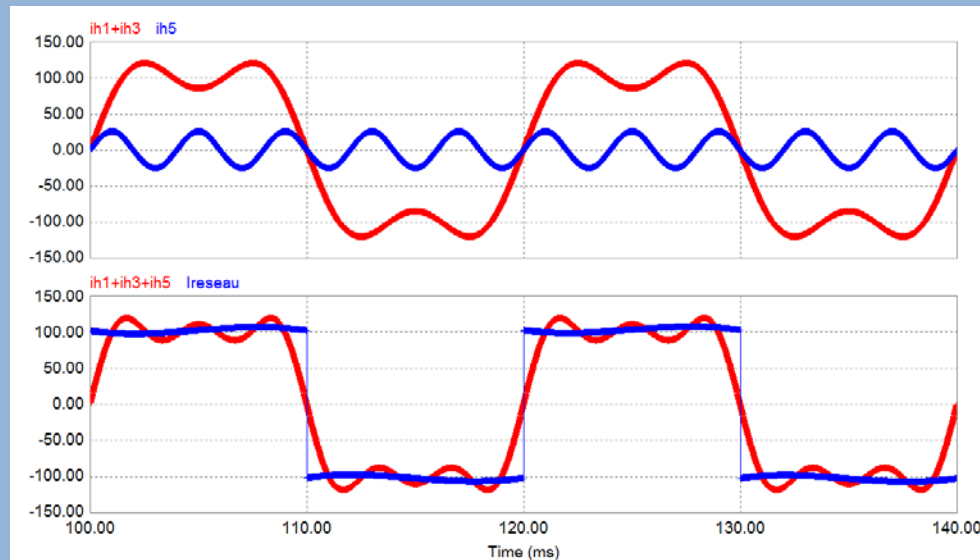
L'harmonique 1 est une sinusoïde à la fréquence 50 Hz alors que l'harmonique 3 est une sinusoïde à la fréquence $3 \times 50 = 150$ Hz.



La somme des harmoniques permet de retrouver le courant consommé.

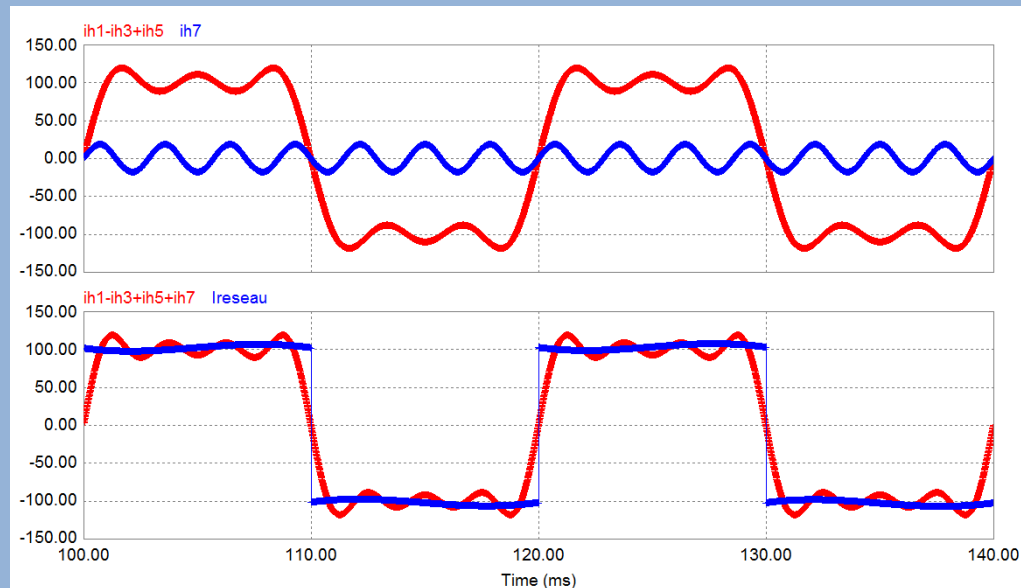
Les harmoniques

L'harmonique 5 est une sinusoïde à la fréquence $5 \times 50 = 250$ Hz.



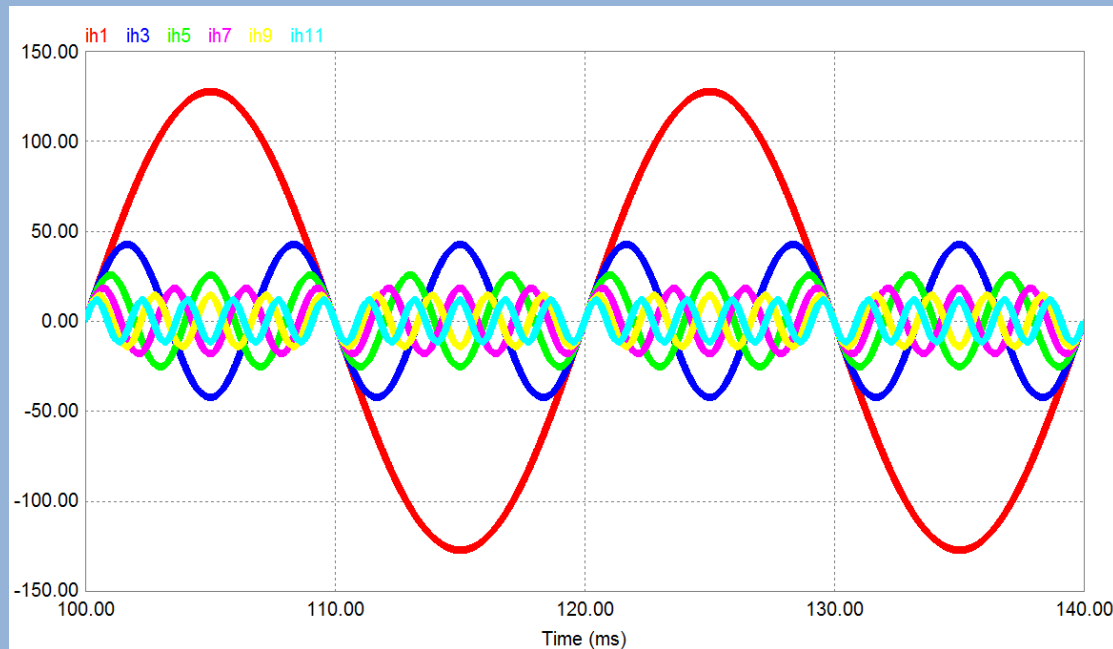
Les harmoniques

L'harmonique 7 est une sinusoïde à la fréquence $7 \times 50 = 350$ Hz.



Les harmoniques

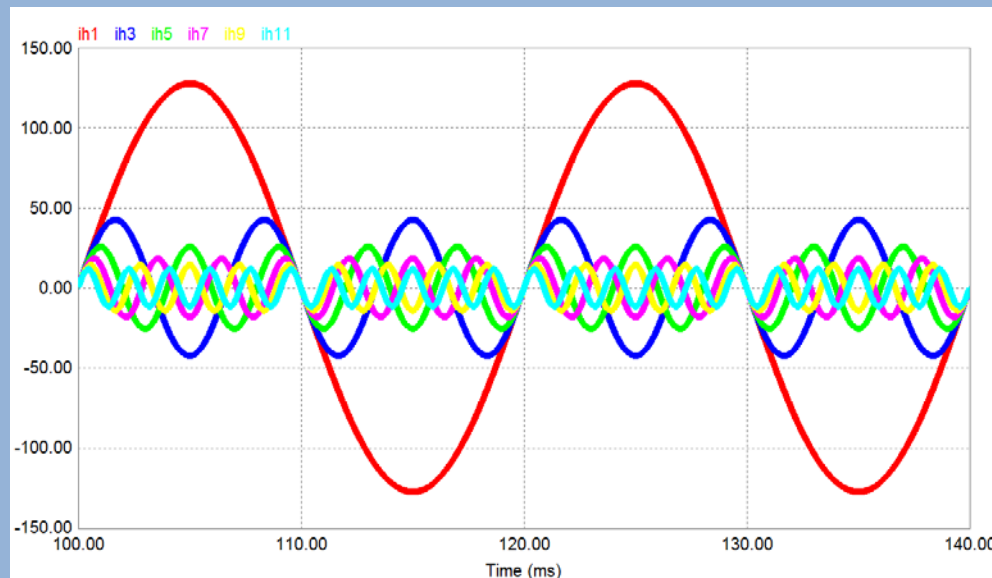
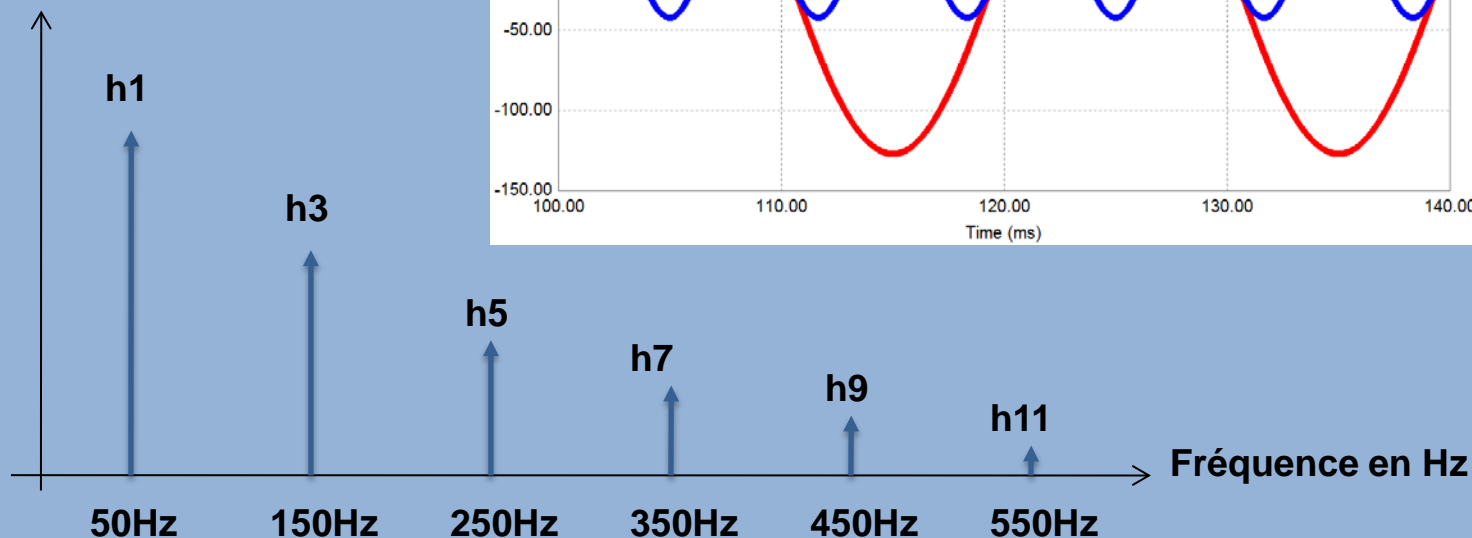
Si on affiche toutes les harmoniques cela devient totalement illisible et inexploitable.



Les harmoniques

Le spectre :

Gain en dB



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)

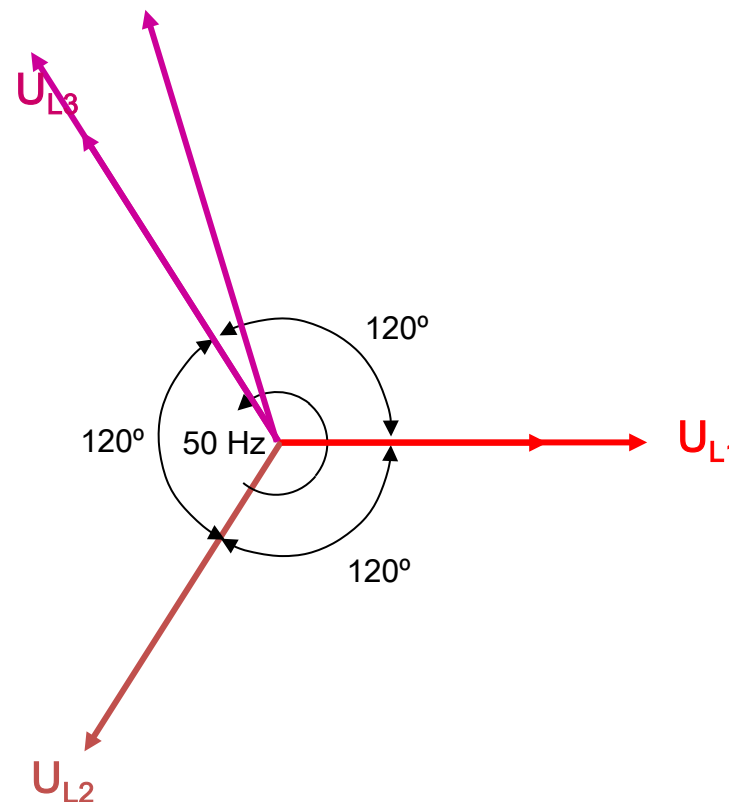
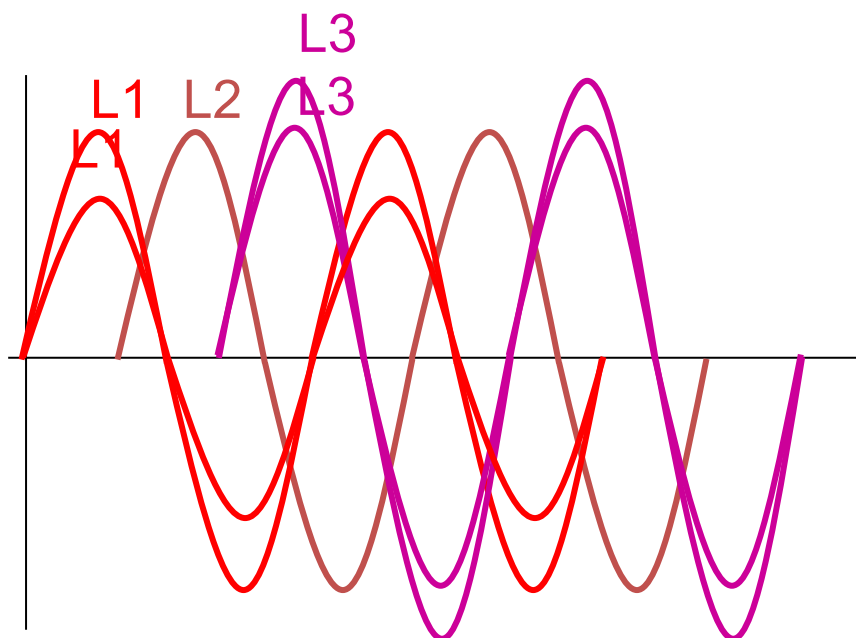
Sur un réseau seul l'harmonique 1 (le fondamental) transporte la puissance active et réactive.

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



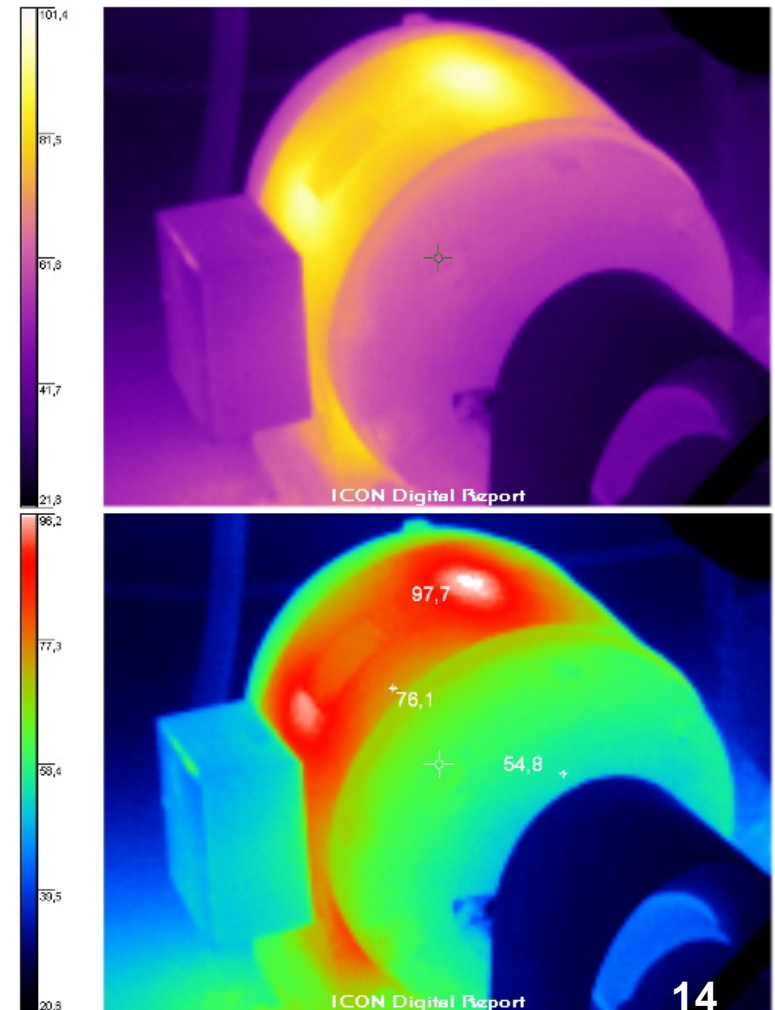
Tension
Asymétrique

- Différence d'Amplitude
- Déphasage de 120°

Le déséquilibre

Conséquences sur les machines à induction

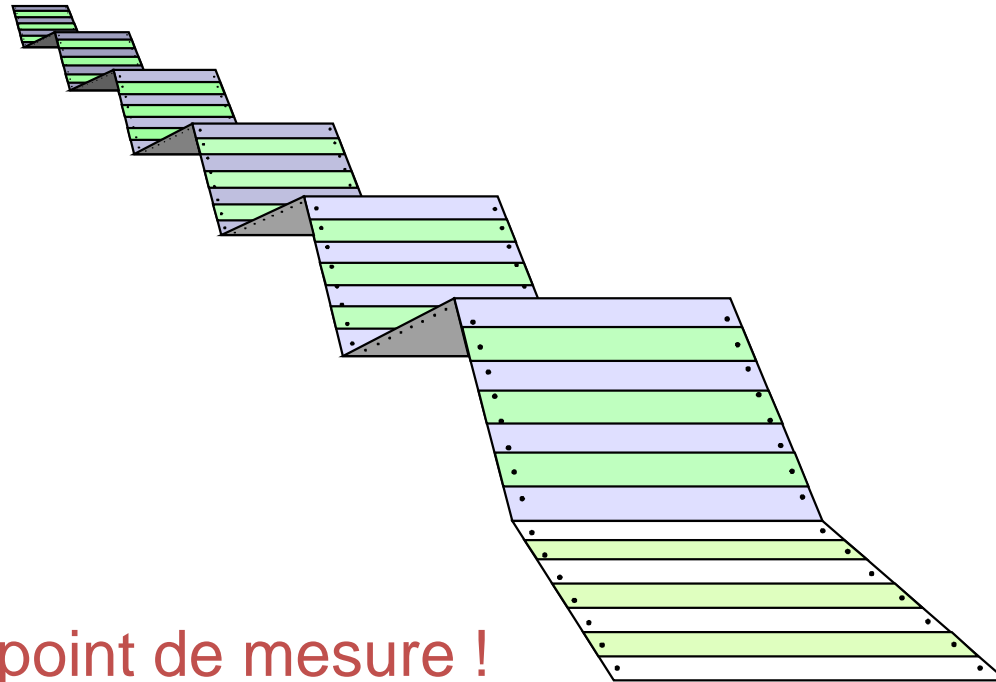
- Réduction du rendement
- Echauffement
- Roulement à billes défectueux
- Vieillessement précoce



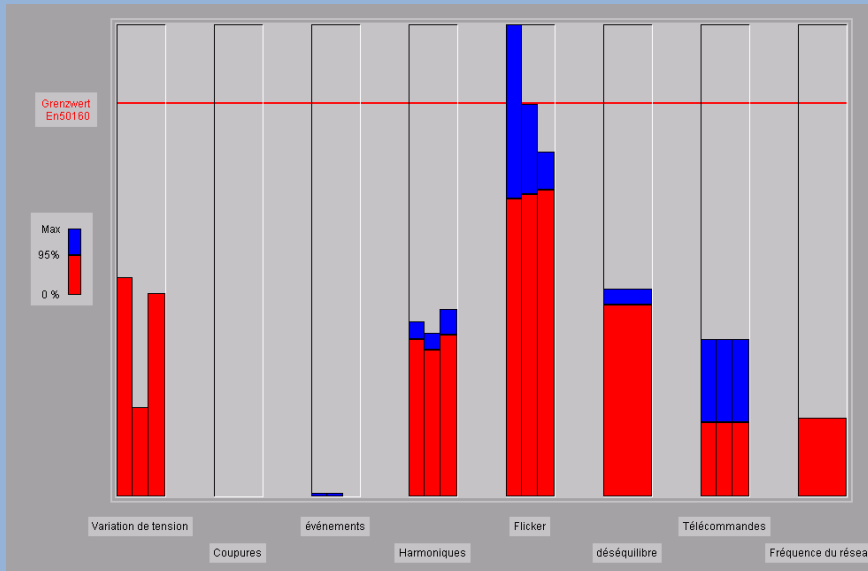
Conclusion sur EN 50160

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

par point de mesure !



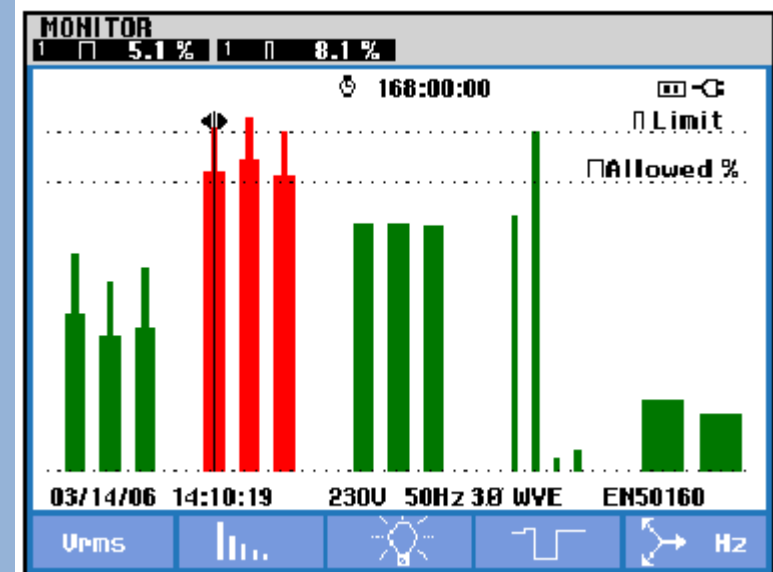
Mesurer selon EN50160



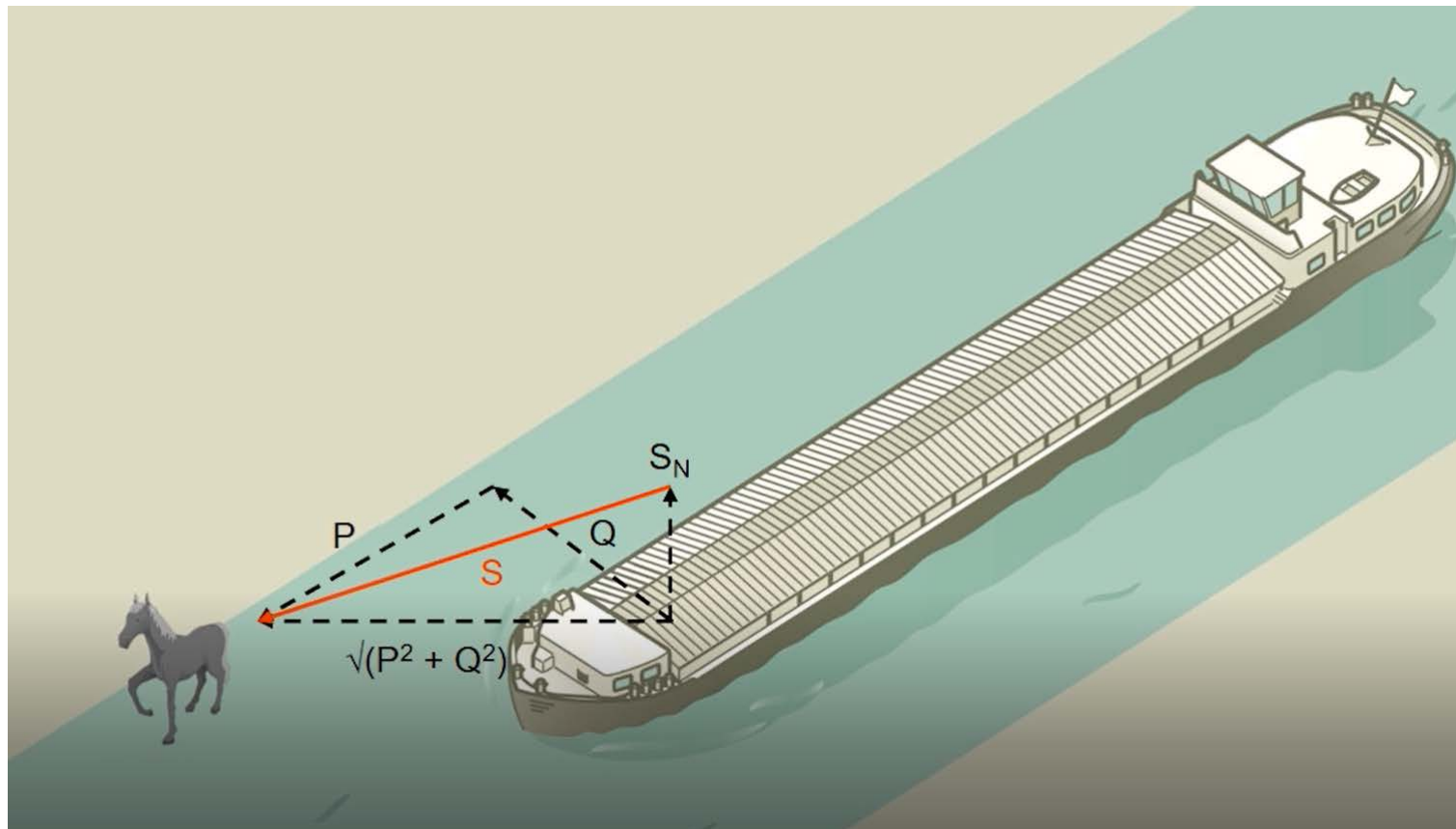
FL174x ou FL 173X

FlukeView pour FL 434/5

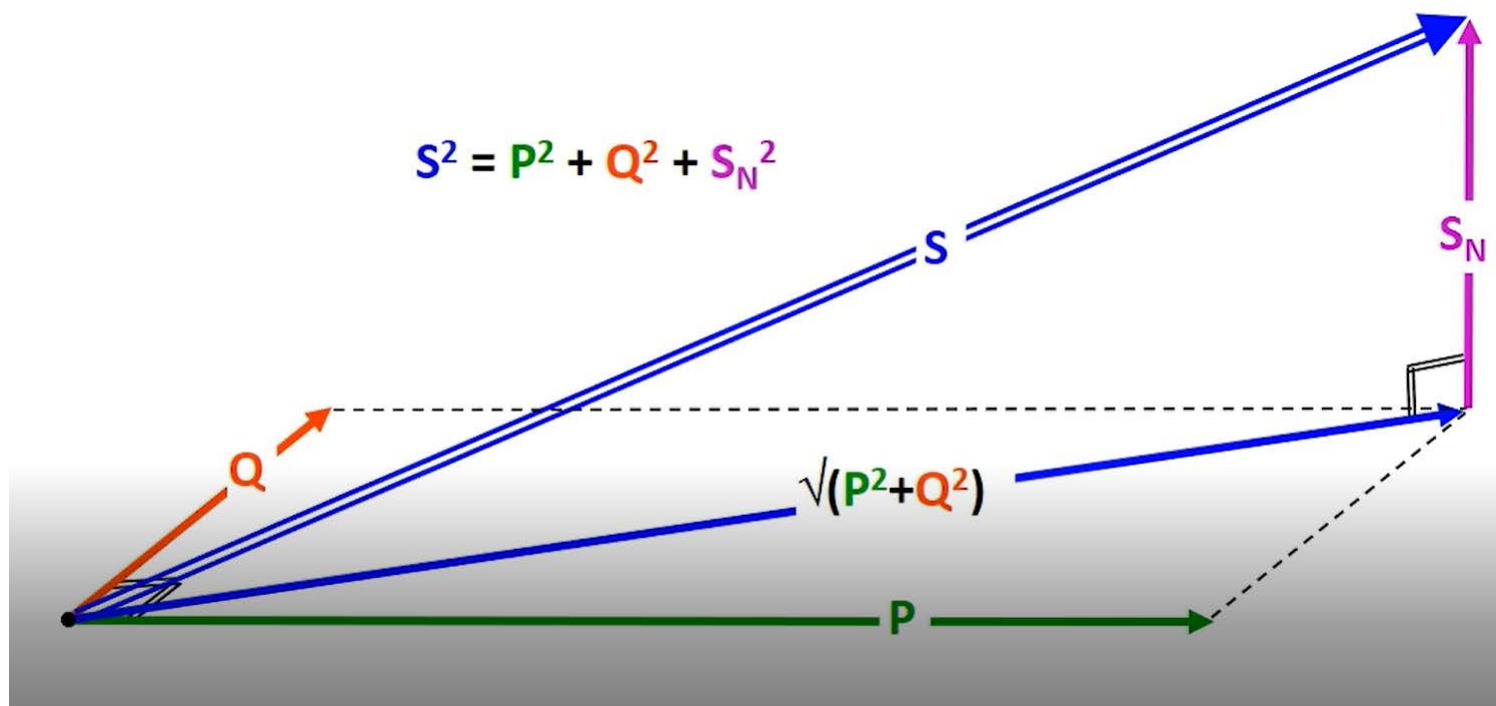
- Tous les paramètres d'un seul coup d'œil
- Tous les paramètres critiques
- Marge de sécurité
- Analyse rapide par « bon ou mauvais »



Les pertes d'énergie



Les pertes d'énergies



Calcul des pertes

ENERGY LOSS CALCULATOR			
		0:00:35	
Due to Load Current	Loss	Cost/yr	
Effective 25.6 kW	197 W	293.08 Eur	
Reactive 9.6 kvar	28 W	41.66 Eur	
Unbalance 20.5 kVA	126 W	187.45 Eur	
Distortion 25.1 kVA	348 W	517.72 Eur	
Neutral 95.7 A	439 W	653.10 Eur	
Line loss	1138 W	1693 Eur	
06/01/16 11:59:52		230V 50Hz 3Ø WYE	EN50160

Les analyseurs de réseaux



Merci pour votre attention.

