



Microwave & RF Avril 2015

EDF

Centre d'Ingénierie Hydraulique

Surtensions

Compatibilité Electromagnétique

Effets et parades dans les installations de
production hydrauliques



AFCEM



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE

Veillez m'excuser....

- ▶ Présentation prévue
par Yves ANGUILL
EDF – CIH, service Contrôle-Commande

mais ...

- ▶ Présentation assurée obligamment
par G. Delcourt
Expert CEM, société APEI,
prestataire apprécié de EDF Hydraulique



Qu'il soit ici remercié



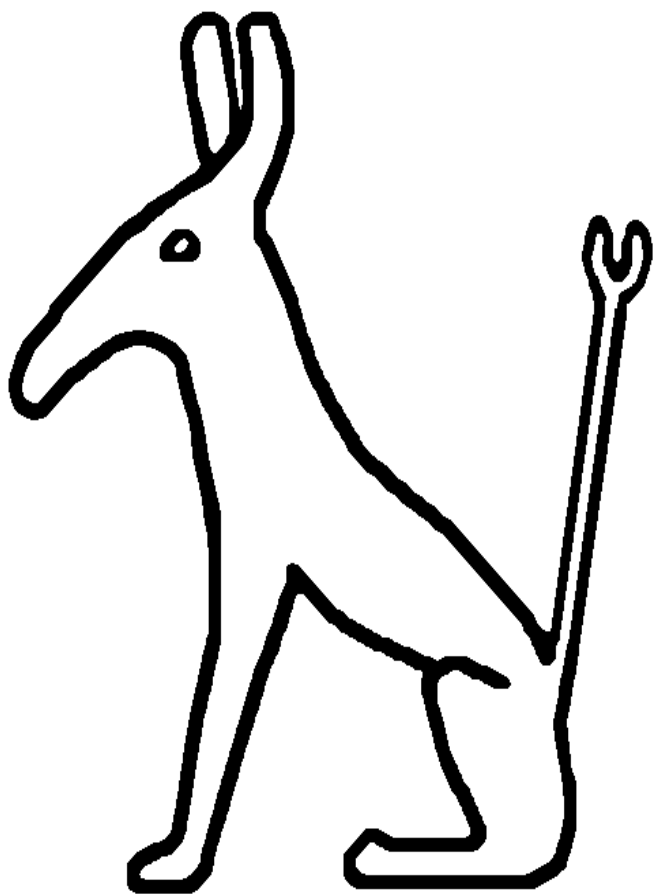
[Sommaire](#)



Sommaire



- 1) Foudre & Surtensions 
- 2) Compatibilité Electromagnétique
le cas de Serre-Ponçon 



La Foudre & Les Surtensions



[Sommaire](#)



La Foudre & Les Surtensions - introduction

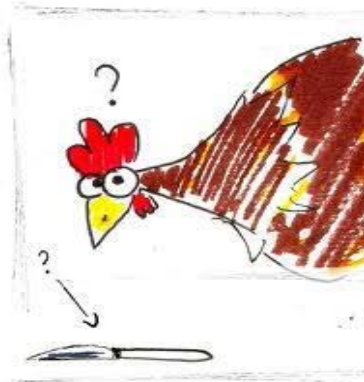


- ▶ La foudre
- ▶ Les surtensions à 50 Hz
 - Accompagnent souvent la foudre
 - Extrêmement destructrices
 - Souvent méconnues

▶ Des dégâts considérables

- Automatismes, Entrées de câbles, IEG...
- Des usines entières...
(Le Baous - 2008, les Vernes – 2011...)

▶ Des risques sûreté, des pertes de production...



▶ Des installations mal protégées

- Réseaux de terre défectueux, protections inadaptées

▶ Des connaissances perdues

- Réalisation des réseaux de terre et des protections
- Tests réglementaires (organismes agréés incompétents)



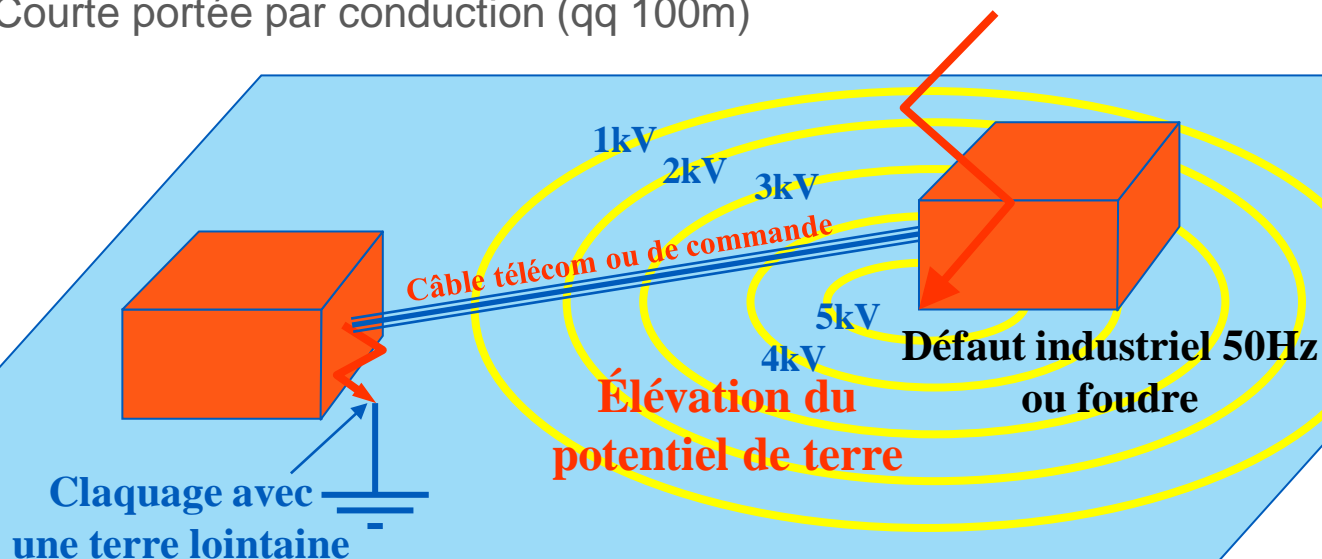
La Foudre & Les Surtensions - phénomènes

► L'élévation de potentiel de terre (EPT) à 50Hz

- Défaut monophasé HTB à la terre => injection de courant dans la terre locale
- Souvent déclenché par un impact de foudre proche (amorçage)
- Peu intense (kV - kA) mais **très long** (150-600ms)
- Longue portée (plusieurs km), frappe « à distance » par conduction
- Forte énergie => Les parafoudres courants n'y résistent pas

► La foudre

- Très intense (100kA +) mais très court (< ms)
- Moins énergétique que l'EPT 50 Hz => Les parafoudres courants résistent bien
- Courte portée par conduction (qq 100m)



La Foudre & Les Surtensions - parades

▶ Diminuer l'intensité du choc « à la source »

- disposer d'un réseau de terre de faible impédance

Inférieur à 1 Ohm en 50 Hz

- mailler le réseau de terre au maximum

Diminuer l'impédance HF / Éviter l'apparition de tensions de pas

▶ Assurer une équipotentialité rigoureuse dans chaque site

- Le maillage des « verts-jaunes » BT est très insuffisant

- Maillage serré de conducteurs de cuivre plats (Z HF) dans l'ouvrage

- Relier toutes les masses métalliques à ce réseau

- Chemins de câble métalliques reliés à la masse

- Ecrans des câbles à la masse aux deux extrémités

▶ Si possible assurer l'équipotentialité entre sites électriquement reliés

- Conducteurs dédiés de forte section

- Cependant, souvent très onéreux ou impossible

▶ Protéger les extrémités des câbles inter-sites

- Protection par parafoudres adaptés (préféré)

- Varistances pour la foudre

- Eclateurs à Gaz de forte puissance pour l'EPT 50 Hz s'il n'y a pas d'équipotentialité

- Protection par isolation galvanique (min 6kV) mais souvent impossible (liaisons de relaying, alimentations)



La Foudre & Les Surtensions – Protection des câbles

▶ Liaisons à protéger

- Liaisons d'alimentation (continu ou alternatif) ou de relaying
- Liaisons d'instrumentation (4-20mA, numérique)
- Liaisons télécom (modems, téléphones de secours)

▶ Protection par parafoudre

- Assure l'équipotentialité des sites pendant le défaut
- Evite l'apparition de tensions intolérables dans l'installation

Mais...

- Doit pouvoir assurer le passage d'un courant 50Hz en cas d'EPT
- Doit cesser de conduire après le défaut même sous une tension continue (48 ou 125V)

▶ Les parasurtenseurs « standard » sont inadaptés

- Varistances : ne résistent pas à l'EPT (énergie trop importante)
- Eclateurs à gaz : tension d'arc trop faible (25V) restent conducteurs sous polarisation continue et... fondent

▶ Utilisation d'un parasurtenseur particulier

- GDT : Marque CITEL, type DS 40-600 G
- Forte capacité d'écoulement foudre ($I_n = 20\text{kA}$)
- Forte capacité d'écoulement de courant 50 Hz
- Tension d'arc élevée qui permet son extinction sous polarisation
- Compacité, facilité de pose (rail DIN, pas de 19mm)

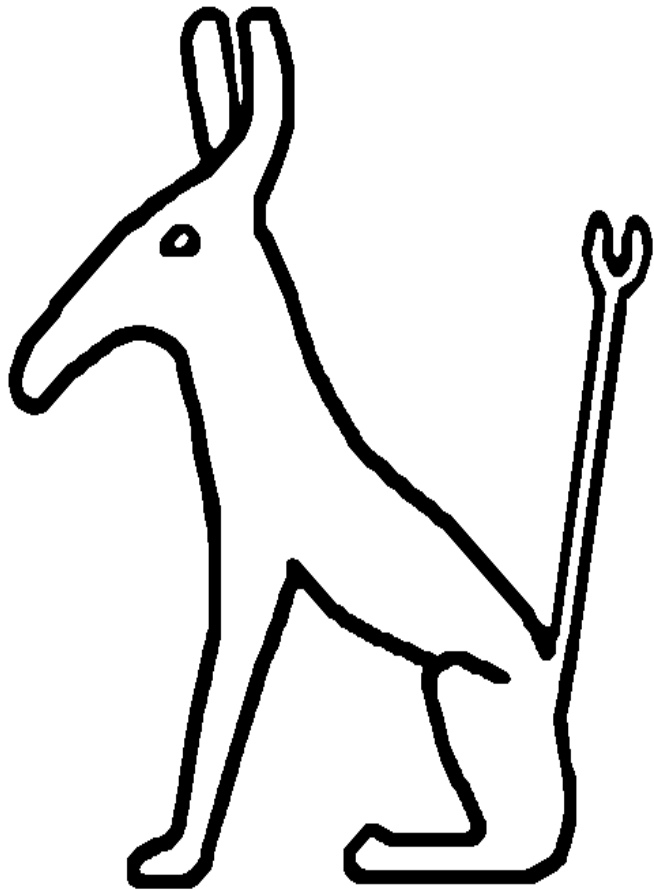


La Foudre & Les Surtensions – Protection exemples

► Exemple de coffret de protection pour câble cuivre 28 brins

- Intégration : société RI2E
- Parafoudres Citel DS 40-600 G
- Isolateurs galvaniques pour les liaisons les plus sensibles





La Compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon

La compatibilité Electromagnétique

Les Effets dans un site de production électrique

- ▶ Des incidents parfois fréquents mais souvent apparemment aléatoires
 - Fonctionnement « aberrant » d'automatismes
 - Déclenchements intempestifs de groupes de production (protections)
 - Destruction de matériels électroniques et de capteurs

 - ⇒ Des pertes de production importantes (MWh + régularité)
 - ⇒ Des interventions fréquentes de l'astreinte
 - ⇒ Des pertes financières qui peuvent être élevées
-
- ▶ Des exploitants démunis
 - Difficulté pour localiser l'origine de la panne
 - Perte de confiance dans l'installation
 - Perte de confiance envers les services d'ingénierie...
 - Des fournisseurs de matériel parfois... ignorants

La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – les Symptômes

► Des incidents fréquents

- Orages
- Manoeuvres de matériel HTB (sectionneurs, disjoncteurs)
=> Obligation de prendre des mesures d'exploitation particulières

► Des systèmes touchés multiples

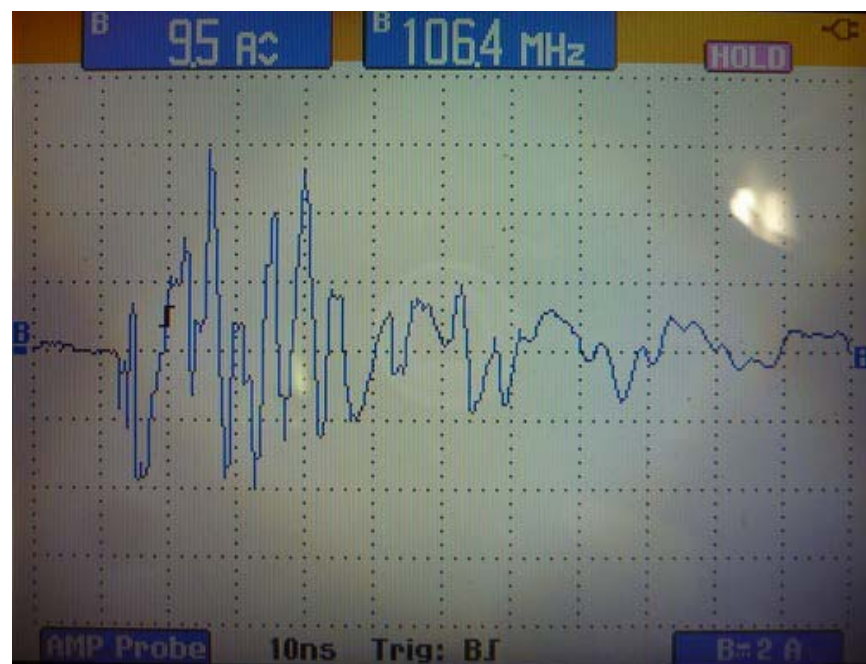
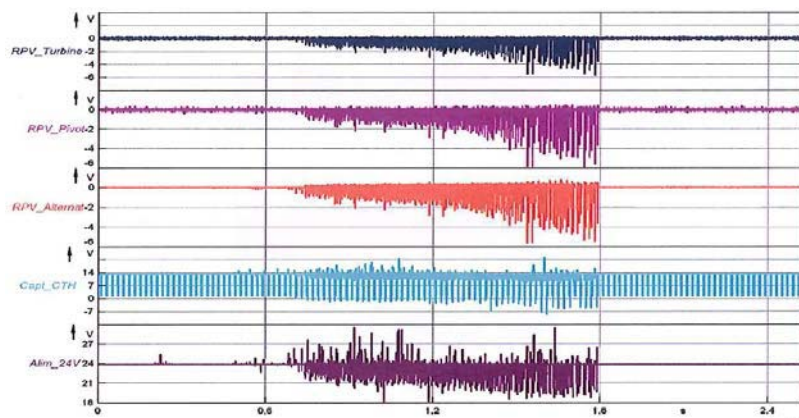
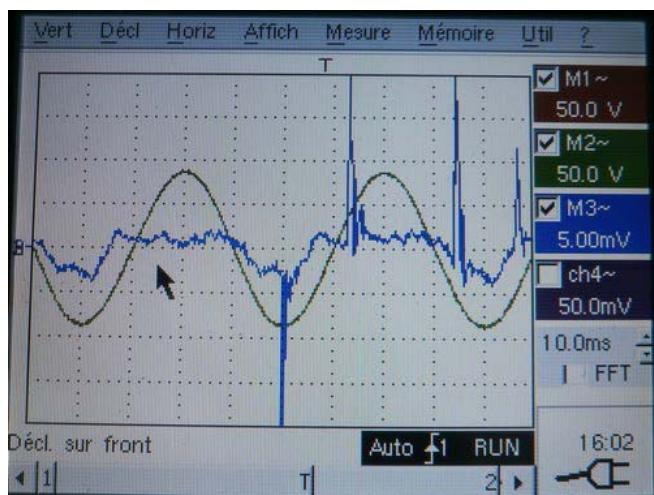
- Automatismes
 - Relayage et automates
 - Systèmes tachymétriques des turbo-alternateurs
- Systèmes de régulation de tension des alternateurs
- Protections des machines
 - Protections Electriques des alternateurs et des transformateurs
 - Protection vibration des machines tournantes
- Destruction de sondes
 - Sondes de température PT100 pourtant sur-isolées 5kV
 - Sondes piézométriques en puits

La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – le Phénomène

► Une campagne de mesure révèle des perturbations très intenses

- Essais de manœuvre d'organes 225 kV
- Plusieurs Ampères en HF sur des gaines de câble
- Près de 10 A en 100-200MHz entrant dans des armoires



La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – le constat

- ▶ Une installation mal réalisée (du point de vue CEM) et mal entretenue
 - Réseau d'équipotentialité dégradé entre le poste 225kV et l'usine
 - Utilisation de câbles mal adaptés (non écrantés)
 - Mauvais câblages des écrans des câbles
 - Mise à la masse à une seule extrémité
 - Mise à la masse par des conducteurs longs
 - Utilisation d'interfaces inadaptés (optocoupleurs)

- ▶ Des contresens CEM faits par les fournisseurs de matériel
 - Conception CEM parfois... Baroque
(mise à la masse interne par une self, conception des entrées de signal inadéquates...)
 - Directives de câblage inadaptées dans les documentations
(recommandation ferme de ne câbler les écrans des câbles qu'à une seule extrémité...)

La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – les principes d'immunisation

▶ Détourner l'énergie de la perturbation

- Réfection du Réseau d'équipotentialité dégradé
- Mises à la masse des écrans des câbles venant du poste électrique aux deux extrémités et à leur arrivée dans l'usine

▶ Protéger les signaux sensibles sur leur trajet

- Câbles écrantés tresse de cuivre 80% pour la mesure (LIYCY ou LIHCH)
- Câbles écrantés feuillard de cuivre 100% (HN33S34) en zone perturbée
- Paires torsadées pour les 4-20mA et multiconducteurs pour PT100
- Raccordement des écrans des câbles **aux deux extrémités systématiquement**

▶ Durcir le câblage interne des armoires de contrôle commande

- Câbles écrantés dans les armoires
 - Séparation des signaux sensibles (souvent impossible)
 - Raccourcissement de toutes les mises à la masse
- Écrans des câbles par des cavaliers et masse des appareils sur la plaque de fond

▶ Durcir les appareils récepteurs sensibles

- Utilisation de Relais d'interface durcis au lieu d'optocoupleurs
- Pose de filtres HF sur les alimentations
- pose de ferrites annulaires sur les circuits perturbés

La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – la réalisation

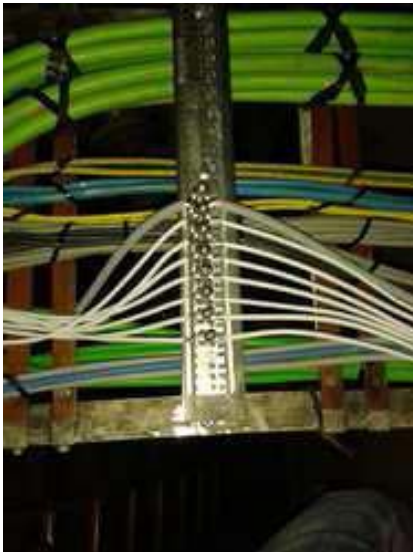
- ▶ Détourner l'énergie de la perturbation



Mise à la masse
intermédiaire des
écrans des câbles
venant du poste 225kV



- ▶ Protéger les signaux sensibles sur leur trajet



Mise à la masse des
écrans des câbles
des sondes sur la
machine

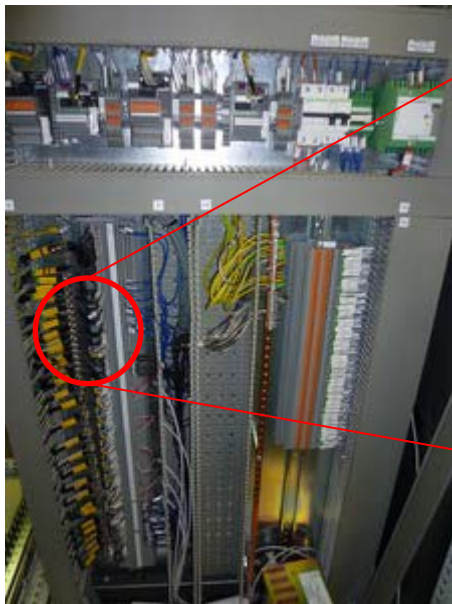


La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – la réalisation

- Durcir le câblage interne des armoires de contrôle commande

Mise à la masse des écrans
par cavaliers dans l'armoire

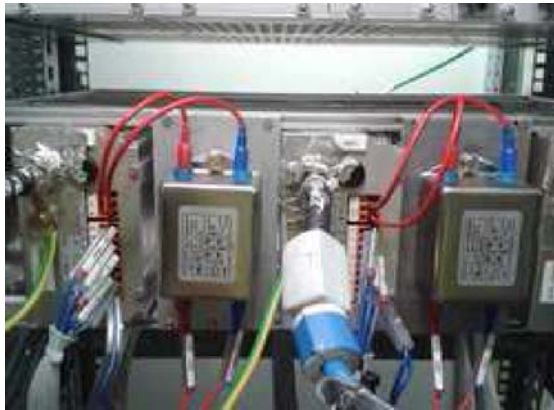


La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – la réalisation

- ▶ Durcir les appareils récepteurs sensibles

Filtres sur les alimentations



Mises à la masse courte des appareils



Ferrites sur les circuits venant des zones électriques



La compatibilité Electromagnétique

Le cas de Serre Ponçon – le bilan

► Une usine qui fonctionne de nouveau

- Hormis sur les quelque appareils pour lesquels les constructeurs ont refusé l'application des mesures sous peine de retrait de garantie...
- Réfection du Réseau d'équipotentialité dégradé

► Application de mesures simples

- Réalisation à la portée d'un bon installateur
- La réfection d'un réseau d'équipotentialité avec un poste électrique sous tension demande cependant l'application de méthodes très particulières qui ne sont à la portée que de quelques sociétés spécialisées

► Coût modéré

- Coût raisonnable (quelques dizaines de k€) au vu de l'enjeu (240 MW)
- Indisponibilité maîtrisée (peu d'indisponibilité complète des groupes)

Merci de votre attention

Contact :
Yves ANGUILL
EDF – CIH
Mel : yves.anguill@edf.fr



[Sommaire](#)

