

# Microwave & RF

## Avril 2015

# EDF

Centre d'Ingénierie Hydraulique

**Surtensions**

**Compatibilité Electromagnétique**

Effets et parades dans les installations de production hydrauliques



# 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



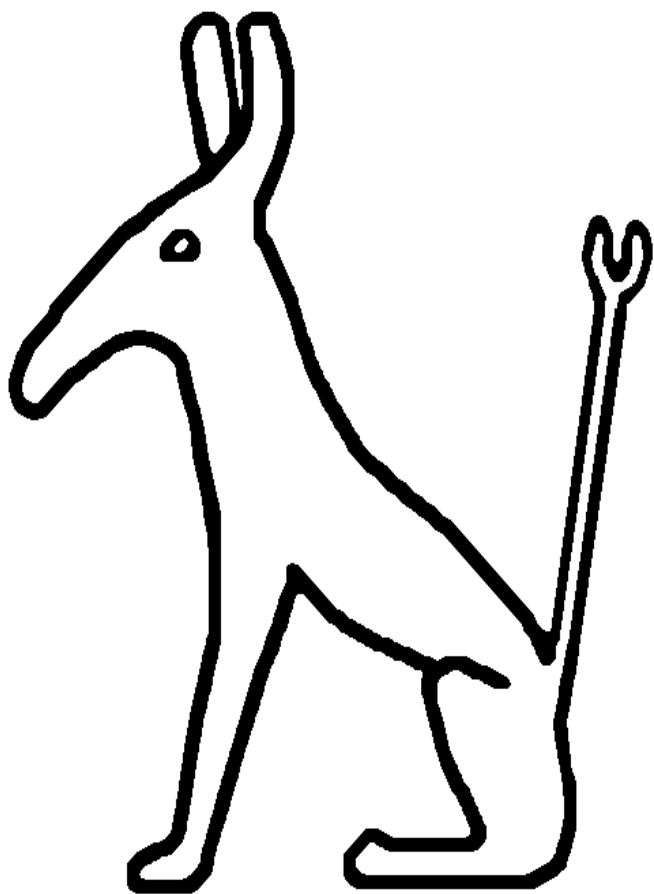
[Sommaire](#)



# Sommaire



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



## La Foudre & Les Surtensions



[Sommaire](#)





# La Foudre & Les Surtensions - introduction

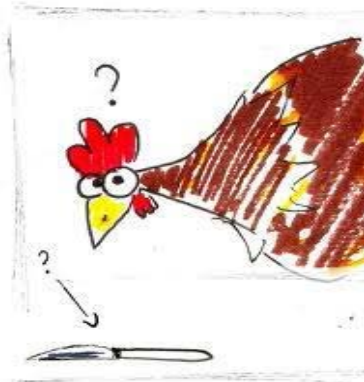


- ▶ La foudre
- ▶ Les surtensions à 50 Hz
  - Accompagnent souvent la foudre
  - Extrêmement destructrices
  - Souvent méconnues

## ▶ 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 défaillants, protections inadaptées

## ▶ Des connaissances perdues

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



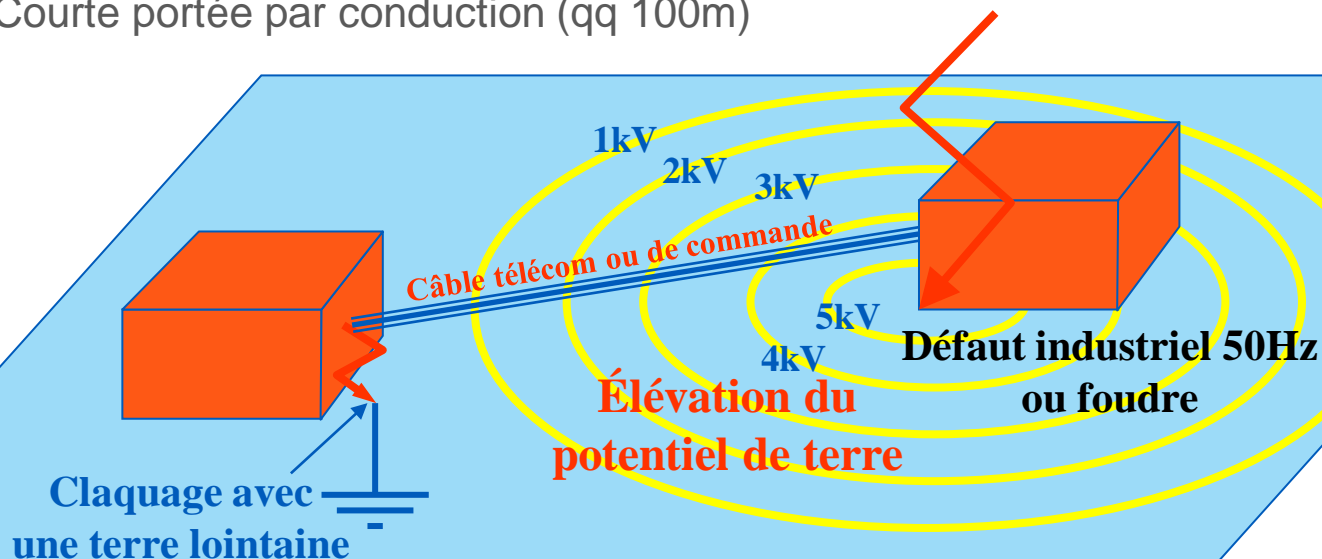
# La Foudre & Les Surtensions - phénomènes

## ► 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)

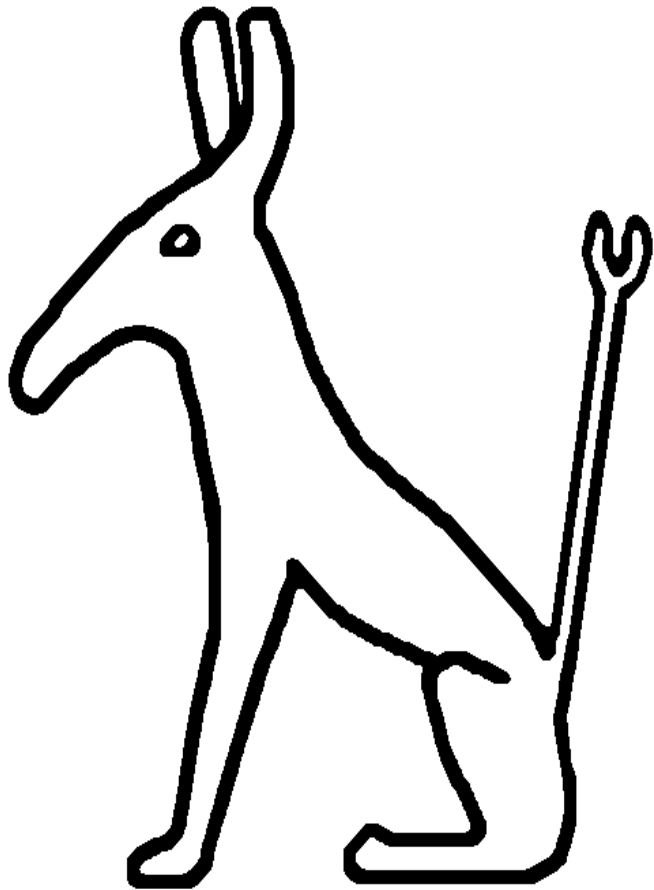


# La Foudre & Les Surtensions – Protection exemples

## ► 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

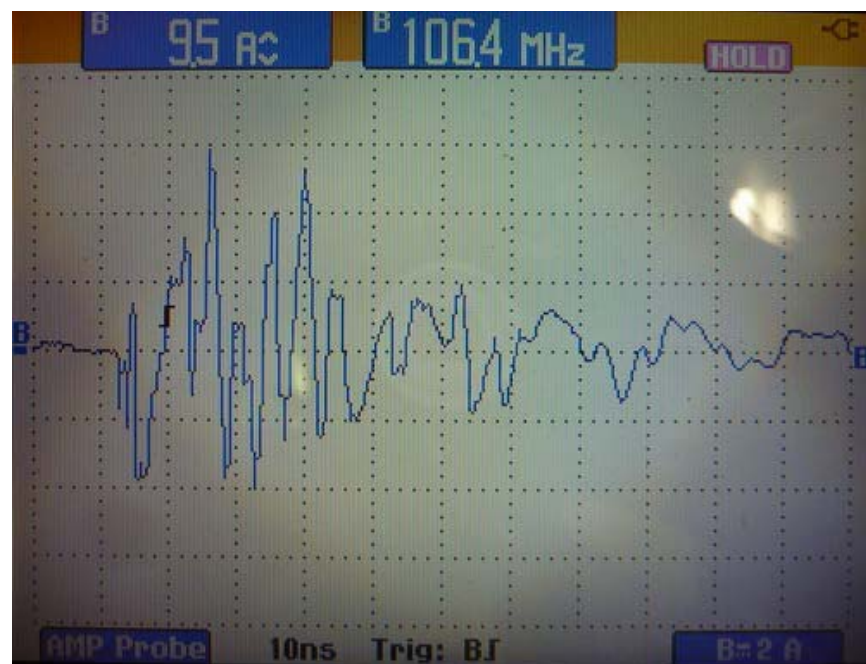
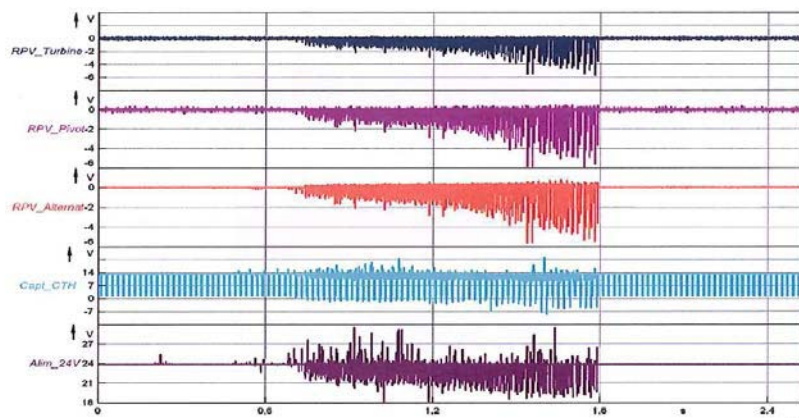
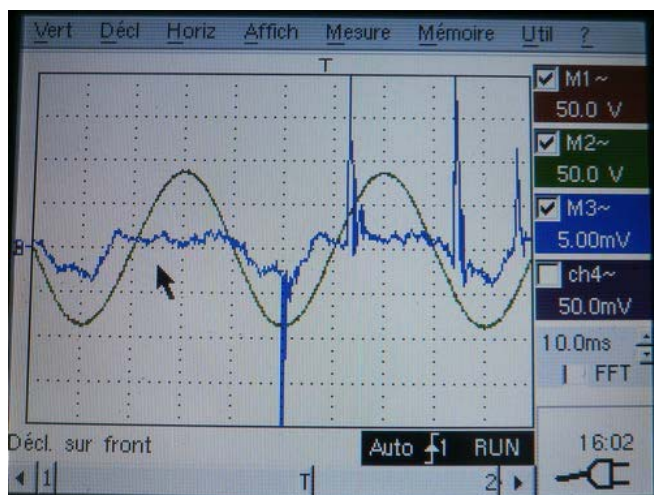
- Automatismes
  - Relayage et automates
  - Systèmes tachymétriques des turbo-alternateurs
- Systèmes de régulation de tension des alternateurs
- Protections des machines
  - Protections Electriques des alternateurs et des transformateurs
  - Protection vibration des machines tournantes
- Destruction 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 entrée de signal inadéquats...)
  - 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

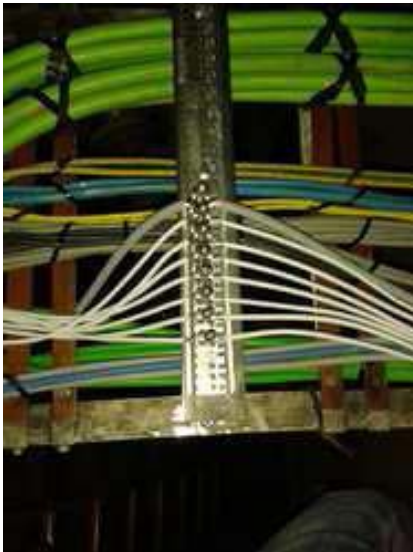
- ▶ Détourner l'énergie de la perturbation



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

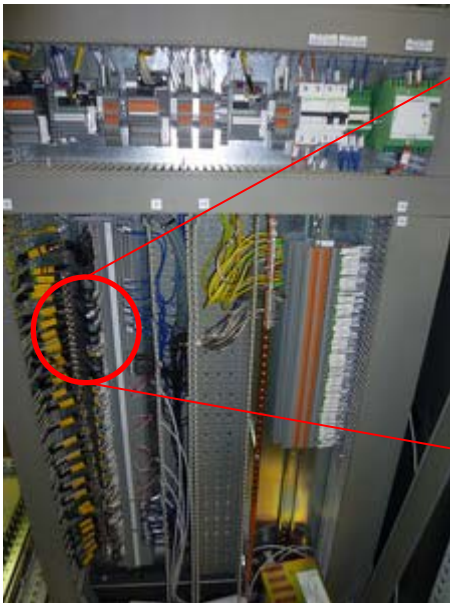


# La compatibilité Electromagnétique

## 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



Ferrites sur les circuits venant des zones électriques



Mises à la masse courte des appareils





# 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](mailto:yves.anguill@edf.fr)



[Sommaire](#)

