



Petits Aménagements Hydroélectriques (PAH)

Alternateurs Hydrauliques

Démarche de diagnostic Et de réparation

Tous Engagés au Service de la Performance PAH !



Hydrostadium, Groupe EDF

Recherche & Développement en Eaux Vives

- Stades d'Eaux Vives olympiques
- Vague à Surf artificielle



Hydrostadium, Groupe EDF

Ingénierie intégrée EDF Hydro

- Electrotechnique: machines tournantes, transformateurs, matériels d'interface machine – réseau
- Génie Civil
- Mécanique, Hydraulique
- Contrôle-commande, automatisme *process* des centrales
- Diagnostic et expertise dans les différents domaines métiers

Hydrostadium, Groupe EDF

Expertises et diagnostics

Prestations d'expertise et de diagnostic d'alternateurs
et moteurs pour tout type d'industries

- EDF HYDRO PAH
- Clients externes : industries – énergie

CONTEXTE DES ALTERNATEURS DE LA PAH

Petits Aménagements Hydroélectriques

- Machines asynchrones et alternateurs de puissance quelques centaines de kW à 20 MW
- Vitesses de rotation jusqu'à 1000 tr/mn
- Alternateurs principalement à pôles saillants

Des machines d'âge jusqu'à 100 ans

- Diversité des technologies de fabrication mécanique et des générations d'isolants

Une maintenance ciblée du patrimoine

- Nécessité d'atteindre les meilleures performances aux meilleurs coûts

DEMARCHE DE MAINTENANCE

Urgence ...

→ Stratégie de maintenance principalement curative

- Qui nécessite une réactivité forte sur avarie
- Des méthodes et des outils de diagnostic adaptés pour cibler les réparations

Optimisation ...

→ Evaluation critique du périmètre des travaux

- Suivi ciblé des réparations et des rénovations pour s'assurer de la qualité technique obtenue: garanties techniques, portage en interne des essais de point 0, de suivi et de réception, ...
- Traitement des points faibles observés en marge des réparations initialement ciblées
- Recherche des liens de cause à effet, ...

DEMARCHE DE MAINTENANCE

Anticipation ...

→ Point zéro du parc

- Diagnostic complet des machines
- Stratégie de priorisation des maintenances et rénovations en fonction des enjeux et faiblesses rencontrées.

→ Planification mutualisée des interventions

- Mise à profit d'un arrêt de chute ou d'autres interventions sur un groupe pour réaliser maintenance ou réparations
- Maintenance combinée au diagnostic complet d'une machine

DIAGNOSTIC

2 AXES COMPLEMENTAIRES

Diagnostic visuel



Diagnostic électrique





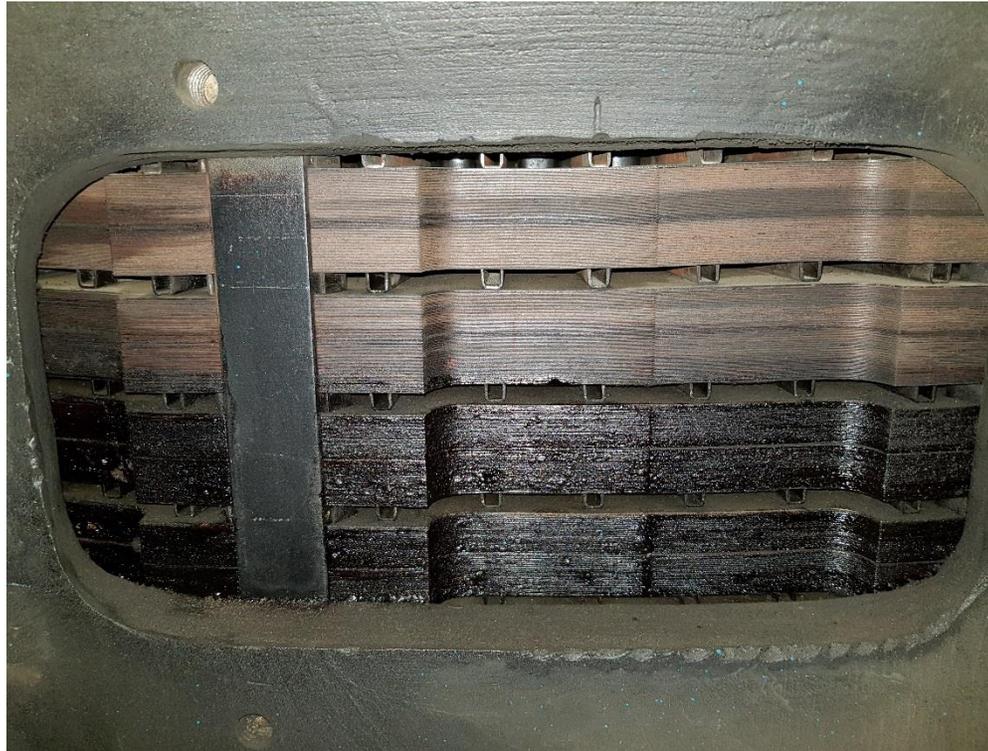
LE DIAGNOSTIC VISUEL

Il consiste à inspecter les principaux constituants électriques et mécaniques du rotor et du stator.

Avec quelques interrogations :

- Les pièces sont-elles en place ?
- Tiennent-elles bien ?
- Quel est leur état ?
- Etablissement des liens de cause à effet...

DIAGNOSTIC VISUEL



Circuit magnétique



Bobines / développantes

DIAGNOSTIC VISUEL



**Isolation connexion inter-polaire rompue
Masse rotor
Alternateur 7 MW**



**Connexion inter-polaire fissurée
Alternateur 11 MW**



**Circuit magnétique :
Events bouchés**



**Circuit magnétique :
Events propres
Alternateur 700 kW**



**Connexion inter-polaire
Isolement rotor limite
Alternateur 3,5 MW**



LES ESSAIS ELECTRIQUES

2 FAMILLES D'ESSAI SUR L'ISOLATION

L'ISOLATION ENTRE SPIRES



Détection de court-circuit ou d'activité entre spires, de fragilités, ou d'erreurs de bobinage

L'ISOLATION DE MASSE



Détection des défauts et faiblesses dans le mur isolant:

- *Chutes d'isolement : Pollution, humidité*
- *Fatigue des liants : L'isolement stagne à des valeurs faibles*
- *Défauts francs ou latents : Ruptures ponctuelles du mur isolant, strates de pollution conductrice en surface près du fer, ...*
- *Défauts internes: Vacuoles, amorçages dans le tissu isolant*



ISOLATION ENTRE SPIRES / DETECTION DE DEFAUTS

ESSAIS PAR ONDES DE CHOC

Cet essai permet :

- L'autopsie d'un défaut avéré
- La mise en évidence de fragilités d'une isolation entre spires: défaut latent ...

De plus:

- Il est très précis et pertinent dans les zones les plus fragiles des bobines (entrées / sorties)
- Il est facile à mettre en œuvre

Il peut être complété par :

- Mesures spécifique R et L des bobines
- Equirépartition



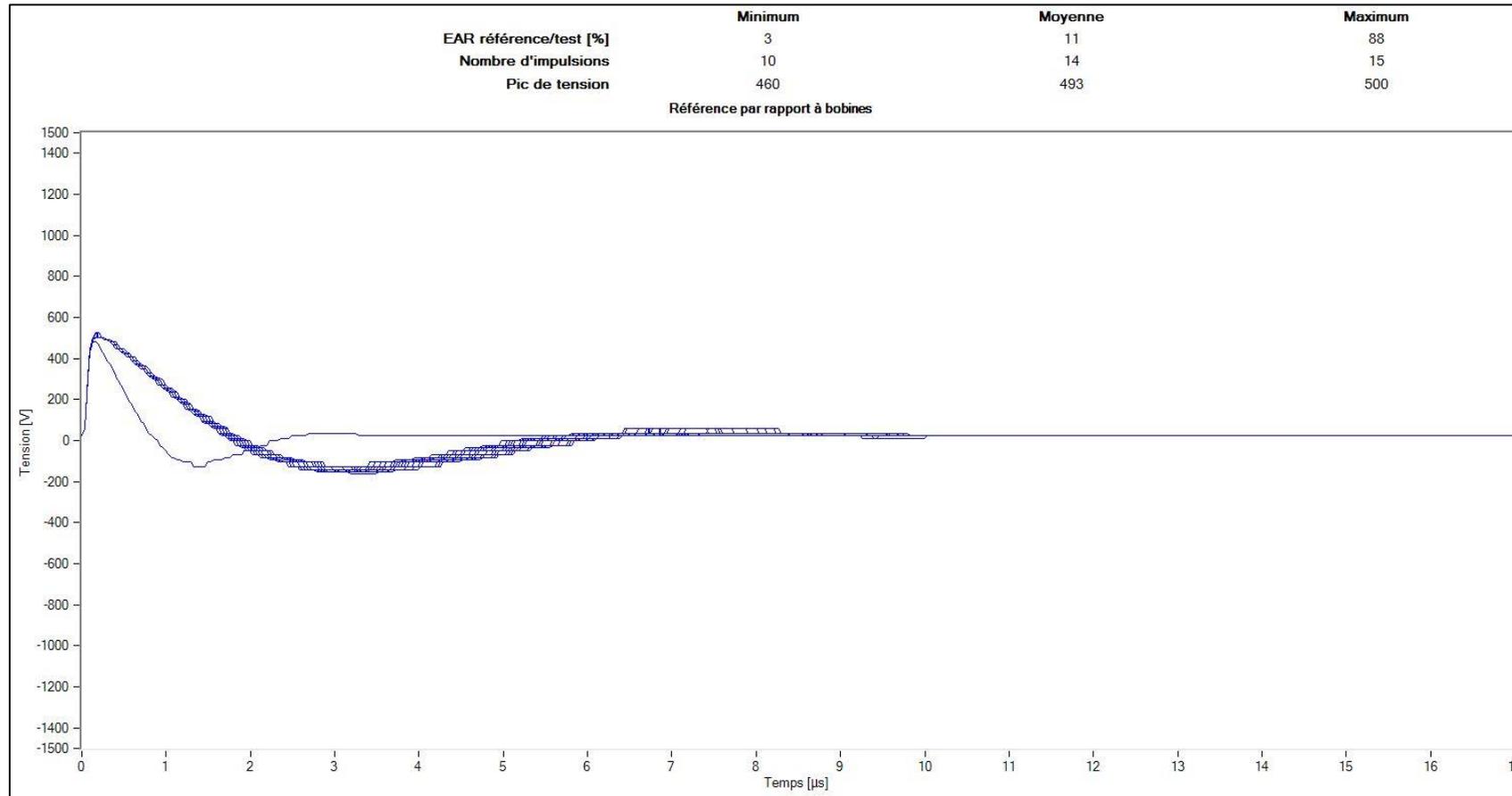
Baker DX 15 kV

Essai de prédilection pour les diagnostics de détection des défauts entre spires et la validation des rénovations (bobinage neuf) ou réparations (suppression de défaut)



EXEMPLES D'ESSAIS PAR ONDES DE CHOC

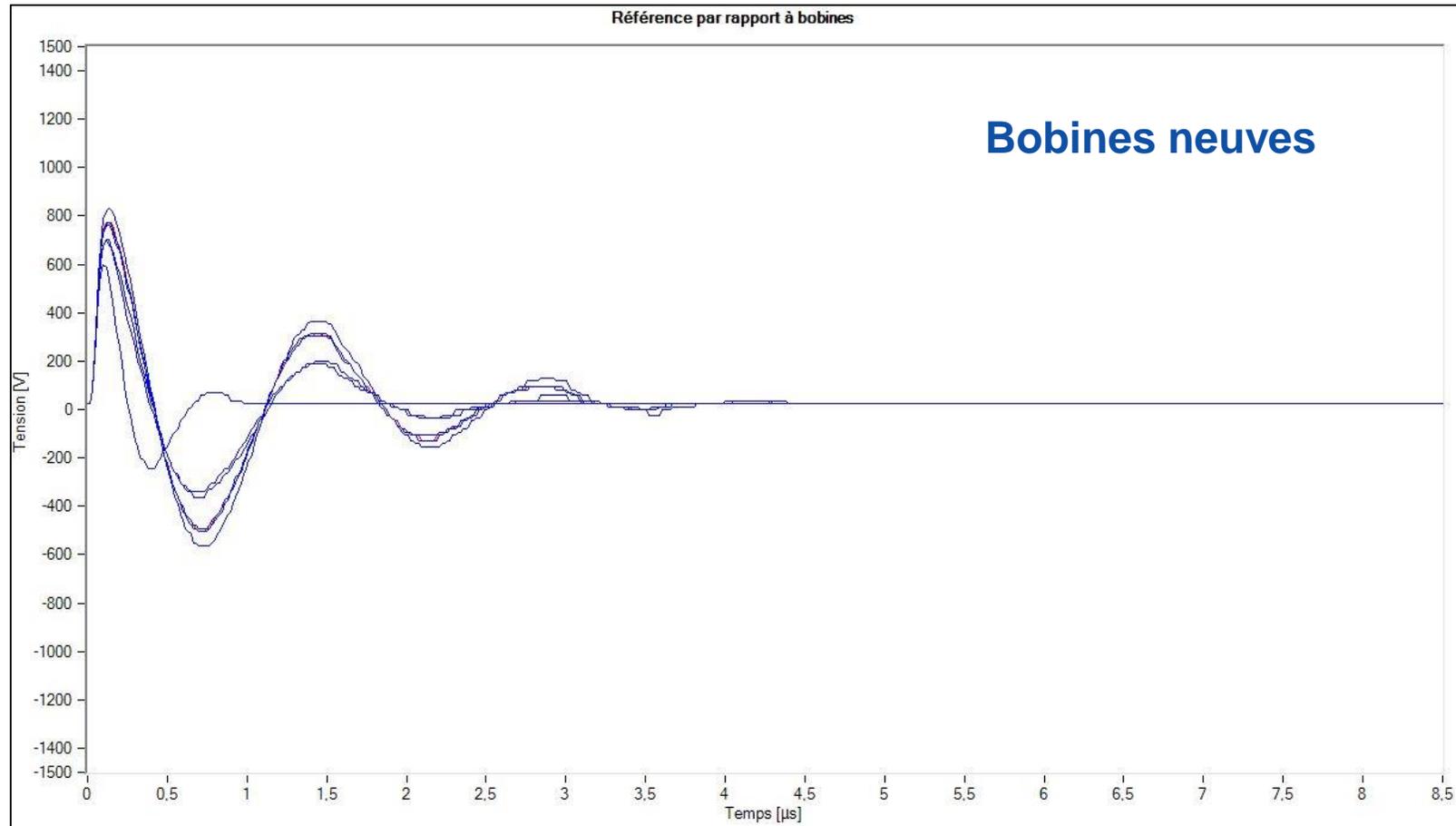
HYDRO ALPES





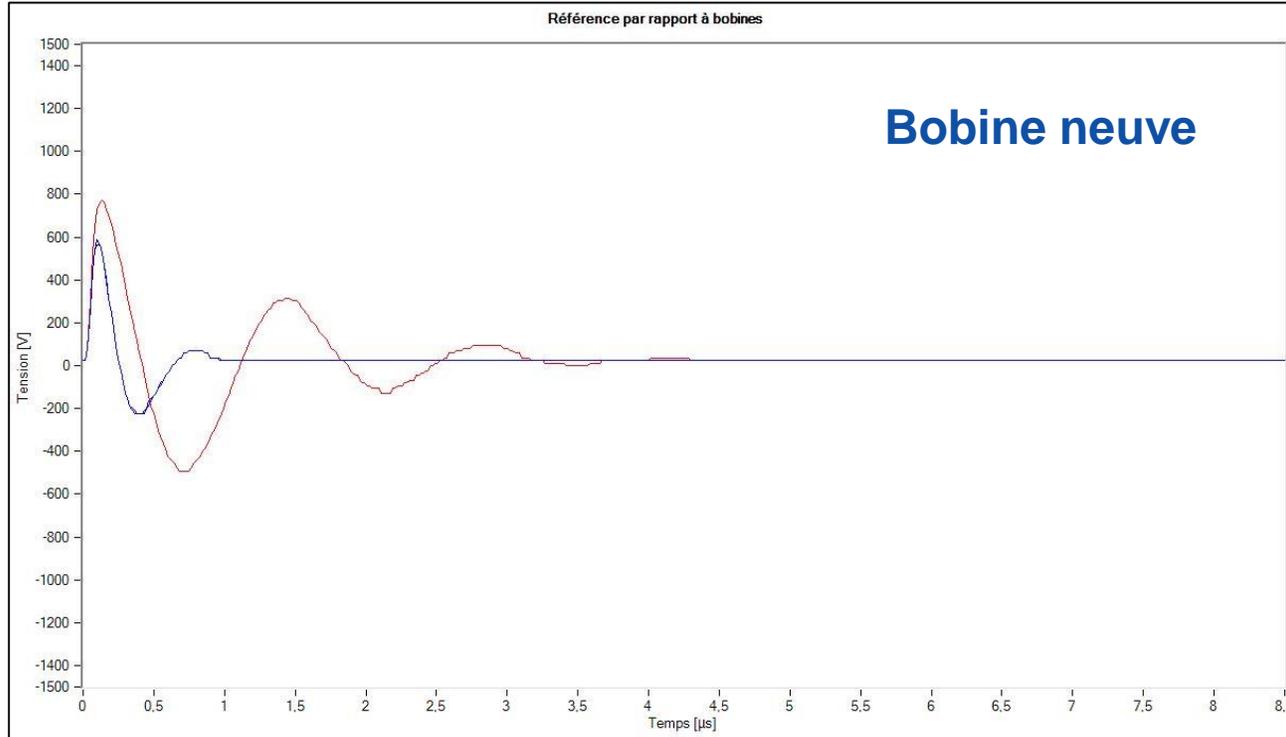
EXEMPLES D'ESSAIS PAR ONDES DE CHOC

BULBE APRES RENOVATION ...





EXEMPLES D'ESSAIS PAR ONDES DE CHOC

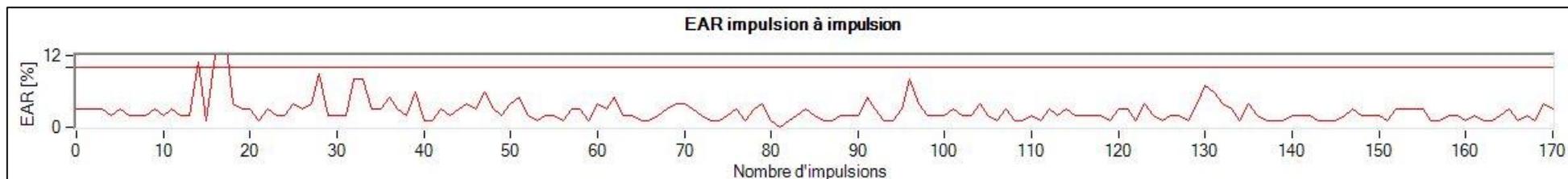


ONDES DE CHOC



Algorithme de comparaison des réponses des bobines entre elles

Algorithme mesurant l'échange d'énergie entre 2 impulsions d'une même bobine





ISOLATION DE MASSE / DETECTION DE DEFAUTS

ESSAIS EN COURANT CONTINU ET ONDES DE CHOC

Haute Tension Continue (HTCE)

Met en évidence des points faibles dans l'isolation

- Calcul de l'écart à la loi d'ohm par palier jusqu'à $2x U_N$

Décharge Diélectrique

Donne une indication de l'état des liants d'une isolation multi couches

Décharges partielles

Trace l'activité de micro amorçages internes dans l'isolation

- Test indicatif, niveaux acceptables pas définis par une norme.
- A utiliser pour suivre l'évolution du phénomène sur une machine.

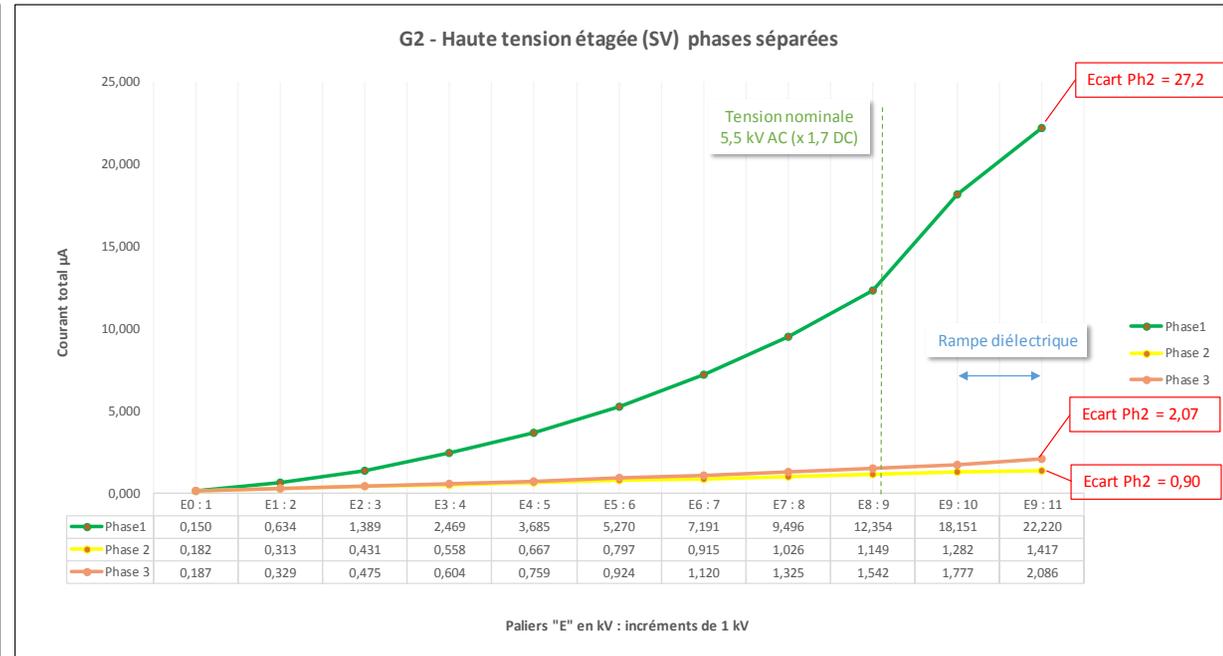
Ondes de choc

Localisation de défauts lorsque plus d'énergie est nécessaire





EXEMPLE DE HTCE



HTCE est l'essai de prédilection pour le diagnostic de l'isolation de masse.

Elle permet de cibler des travaux de maintenance / de réparation et contrôler leur évolution.

Fixée en garantie technique, elle valide « objectivement » la réception de travaux et des machines neuves



EXEMPLES D'INTERVENTIONS

DIAGNOSTIC VISUEL + ELECTRIQUE



**PRECONISATIONS
MAINTENANCE OU SUIVI**

**DEPANNAGE :
PERIMETRE
ET CONTROLES**



**FIABILISATIONS EN MODE PROJET
PLANIFICATION SPECIFIQUE
OU MUTUALISEE AVEC D'AUTRES OPERATIONS**



VALIDATION ISOLATION ENTRE SPIRES RENOVATION PARTIELLE ET RECONSTRUCTION



**Remplacement isolation de masse rotor HYDRO ALPES.
Ancienne bobine testée rigoureusement pour valider son
remontage en l'état.**

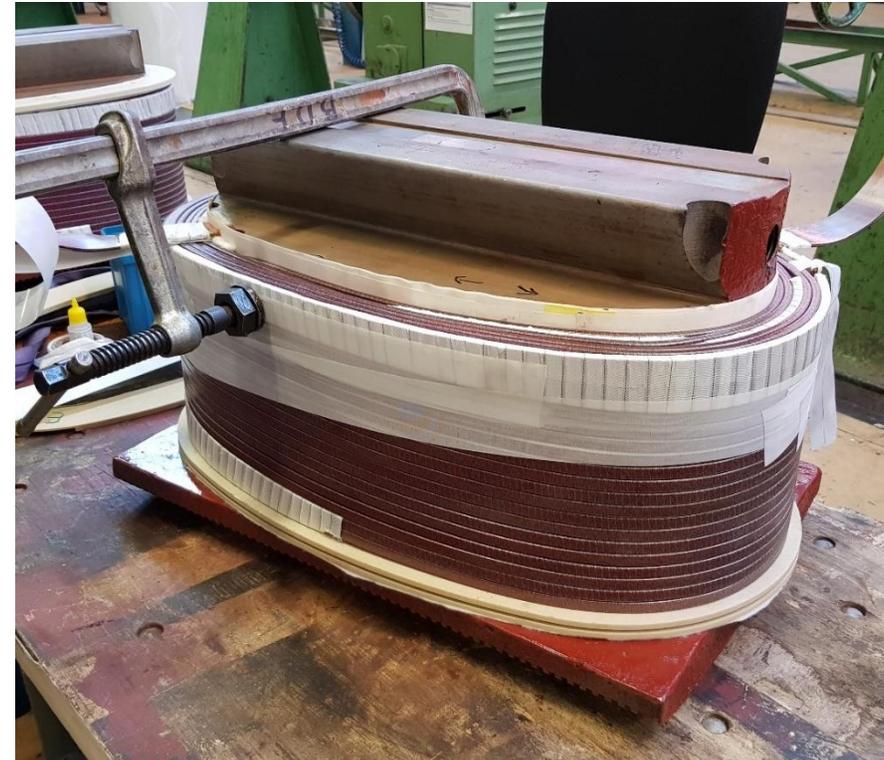
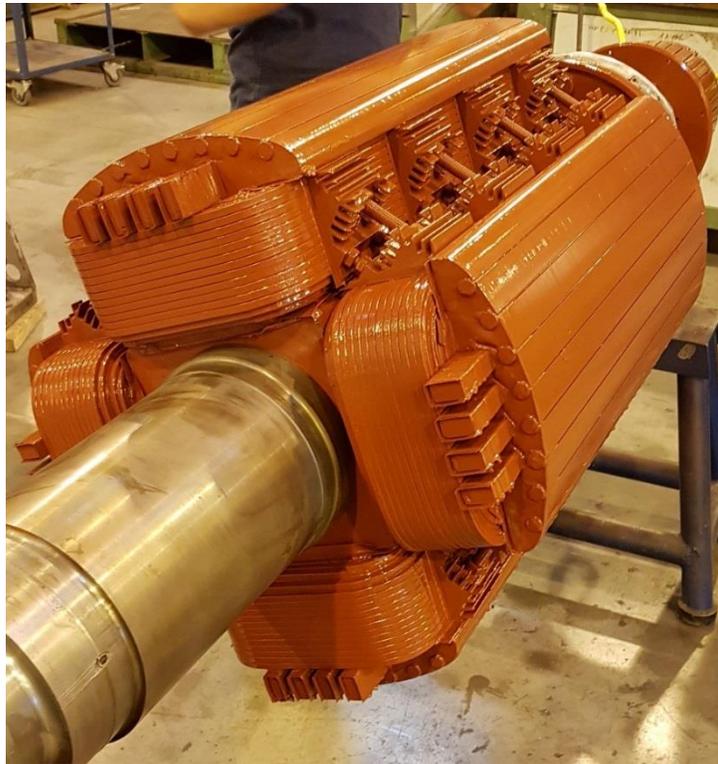


**Bobine neuve bulbe HYDRO CENTRE en
défaut.**



RECONSTRUCTION ROTOR HYDRO ALPES

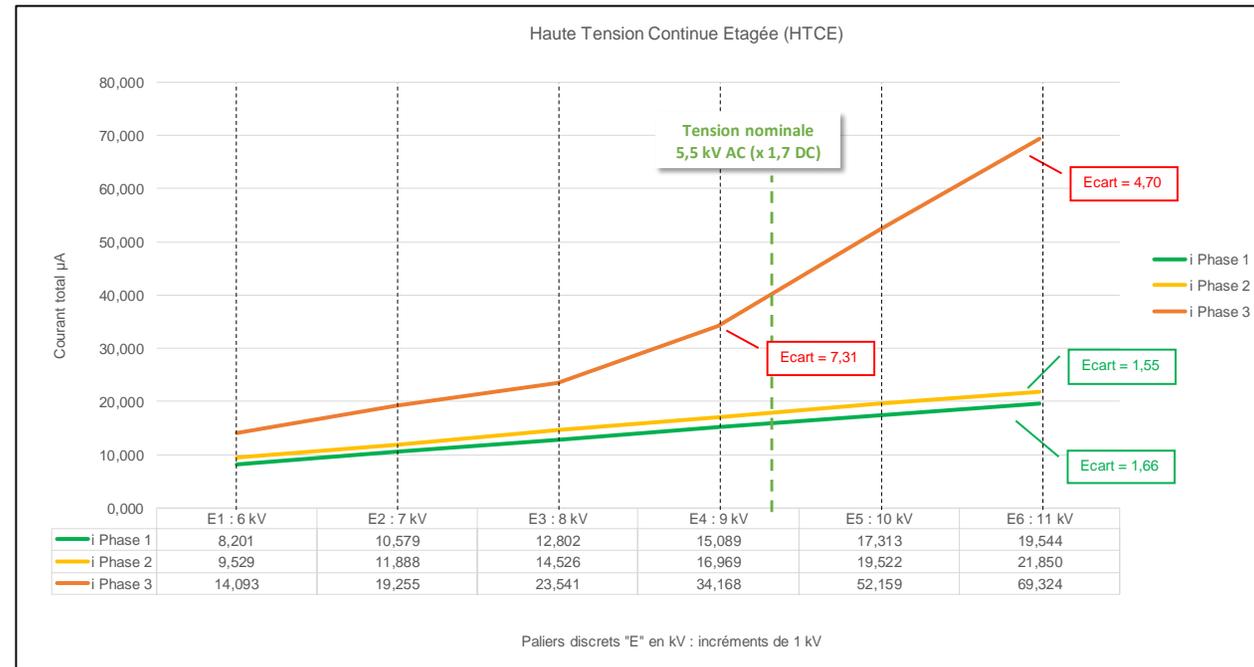
DIAGNOSTIC sur « opportunité » lors de la visite de la machine pour un autre problème.
CONSTAT: 2 pôles en court-circuit → Mutualisation reconstruction avec rénovation CC usine



Essais de contrôle et réception en atelier portés par HSM

ALTERNATEUR HYDRO ALPES – 12 MW

Masse – stator fugitive depuis une quinzaine d'années



HTCE Point 0 avant travaux

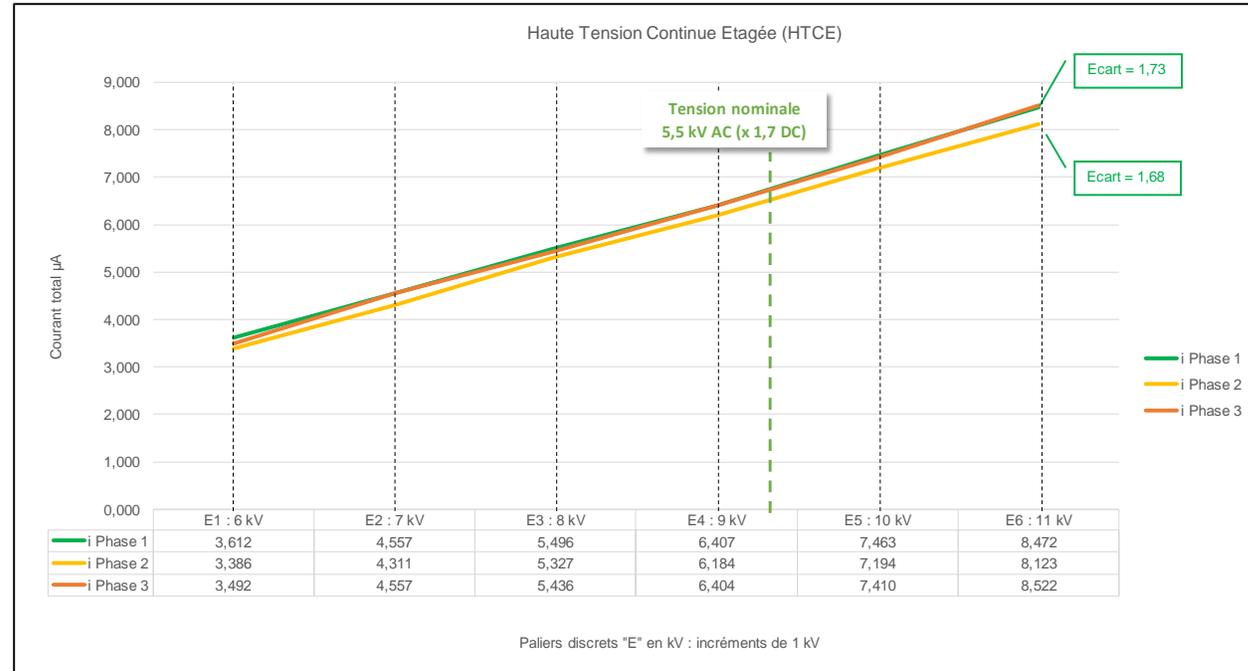
- *Pollution forte ++*
- *Traces de fretting*
- *Blessures dans les développantes, ...*

ALTERNATEUR HYDRO ALPES – 12 MW

Masse – stator fugitive depuis une quinzaine d'années



HTCE Réception travaux



Feuille de route :

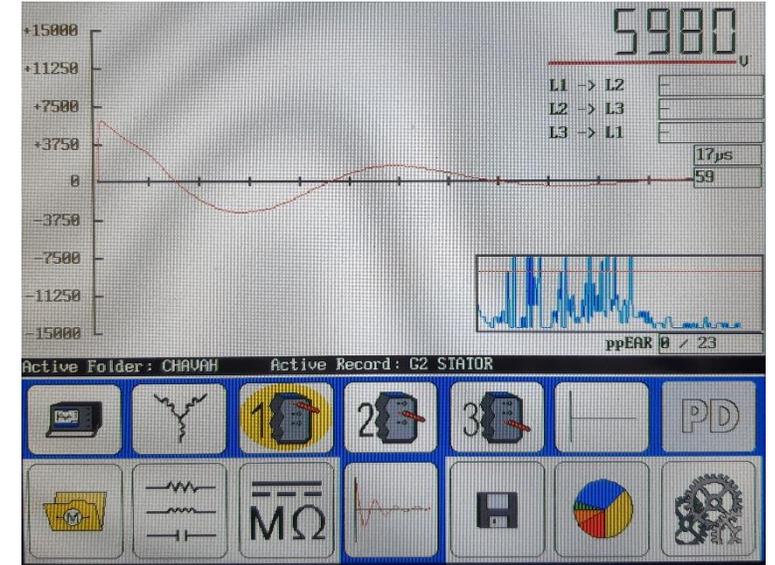
2017 DIAG → réparation → Planif. révision 100% avant 2 ans

2019 Révision 100% machine: Economie 350 k€ par rapport à projet initial de reconstruction

ALTERNATEUR HYDRO ALPES– 2,5 MW



Masse – stator en encoche suite à rupture écarteur d'évent du CM



Ecarteur sans doute lâche sorti de son logement

Cale d'encoche grignotée par le labourage de l'écarteur au passage du rotor

*Défaut masse – stator franc
Défaut isolation entre spires à partir de 5,5 kV*

ALTERNATEUR – 2,5 MW

Masse – stator en encoche suite à rupture écarteur d'évent du CM



ALTERNATEUR HYDRO ALPES – 2,5 MW



Masse – stator en encoche suite à rupture écarteur d'évent du CM



- *Réparation du défaut dans l'évent.*
- *Torsion de quelques feuilles du CM pour éloigner la tôle du défaut*
- *Ponçage surface 3 x 3 cm carbone (arc + vernis semi conducteur) jusqu'au (presque) MICA*
- *Ré-isolation entre elles au MICA des tôles pliées*
- *Injection « massive » de résine bi-composant*
- *Placement de nouvelles cales en mat de verre*

ALTERNATEUR HYDRO ALPES – 2,5 MW

Masse – stator en encoche suite à rupture écarteur d'évent du CM



Réparé !

Diagnostic, réparation, requalification et remise en service < 36 heures

Contactez-nous !

 04 50 10 25 25

 contact@hydrostadium.fr

Hydrostadium
22 avenue des Vieux Moulins
74000 Annecy - France

www.hydrostadium.fr

Pôle Electrotechnique



Jean-Bernard AUCEPS, ing.

T : (+33) 4 50 10 53 88

Pôle électrotechnique
Electronics engineering hub

M : (+33) 6 75 08 81 91

Service AIDE

jean-bernard.auceps@hydrostadium.fr

www.hydrostadium.fr

