

**cachan
estp**

**XXème
colloque
A.F.T.**

nov. 96



applications de la topographie moderne aux travaux publics

auscultation altimétrique du complexe groupe turbo-alternateur

EDF

Les auteurs topographes appartiennent au Centre National de l'Équipement de Production d'Électricité (CNEPE) dont nous avons édité un article dans notre dernier numéro sous la plume de J.L. Lubawy. (Métrologie Industrielle à EDF).

Fabrice Collin (GEC ALSTHOM). Jean-Marie Rameau (Génie Civil). Dominique Berhouet (mécanique).

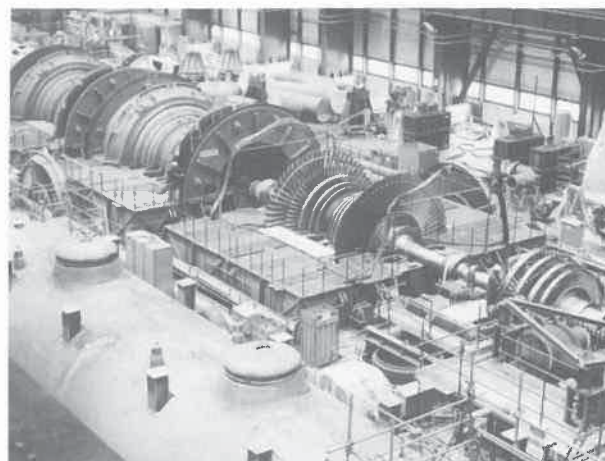
Topographie : Jean-Luc Lubawy. Patrick Levesque. Franck Papon. (CNEPE)

CP0 - CP1

Les groupes turbo alternateurs (GTA) des paliers CP0 et CP1, dans la continuité de ceux des paliers précédents, ont été conçus pour être soutenus par des structures classiques reposant sur des poteaux.

L'ensemble étant rendu solidaire, il est nécessaire en cas de variation d'une partie, d'intervenir mécaniquement pour régler la machine.

Par conséquent cette configuration nécessite dans le cas des paliers CP0 et CP1 un réglage mécanique délicat du G.T.A.



CP2 - P4 - P'4

Pour les paliers CP2, P4 et P'4, les GTA ont été conçus différemment en tenant compte du retour d'expérience des paliers CPO et CP1. Ils ont été fixés sur des boîtes de ressorts ce qui permet d'isoler des vibrations la structure support.

L'intérêt économique de cette méthode permettant un réglage direct du GTA, est évident : aussi là où il faut une intervention de plusieurs semaines pour les CPO et CP1, le calage des boîtes à ressort ne nécessite que trois jours environ.

Malheureusement, cette méthode est d'une utilisation limitée car elle n'a pas été prévue à l'origine et n'a donc pas été intégrée dans les calculs de dimensionnement.

Par conséquent cette configuration nécessite dans le cas des paliers CP2, P4 et P'4 un réglage mécanique simplifié du GTA mais une reprise (limitée) du Génie Civil.

N4

Aussi dès les premières réunions concernant la conception du GTA du palier N4, les constructeurs et chaque service concerné d'EDF avaient-ils à leur disposition un historique important concernant les différentes solutions possibles.

C'est ainsi, après que tous les acteurs aient accepté de mettre en commun leurs informations jalousement conservées, que la notion de complexe GTA est enfin née.

L'idée directrice a été, à partir du constat que chaque élément du GTA et de sa structure support étaient tributaires des variations de l'un et de l'autre, de profiter de la compétence et de l'expérience de tous les « anciens » ; grâce à la mise en commun des connaissances de chacun on a pu créer l'outil le mieux adapté. Un groupe travaille depuis quelques années sur ce sujet, c'est au suivi de cette démarche que nous convions notre cher lecteur !

En premier lieu l'adaptation du langage a été nécessaire pour la compréhension entre ces protagonistes si différents, les uns habitués au voisinage du micron et les autres à l'usage de la brique.

Dans un deuxième temps pour mieux cerner l'objectif à atteindre il était nécessaire de prendre en considération le besoin réel de chaque parti, en voici certains aspects :

• L'exploitation du G.T.A. ? Maintenance prédictive réglage

Pour l'exploitation du Groupe le Maître mot est la **DISPONIBILITÉ** de celui-ci, lié intimement à la notion de **DURÉE DE VIE**. Pour cette raison, il est nécessaire de diminuer le volume des interventions et de les programmer à l'avance de manière précise. Le besoin en exploitation est donc la Maintenance Prédictive du G.T.A avec Réglage Mécanique et/ou Génie Civil.

• La maintenance prédictive ?

Faire de la maintenance prédictive, c'est déterminer, **AVANT** l'arrêt programmé du groupe, les actions et les

investigations à réaliser pendant l'arrêt. Cet objectif est atteint par le **Constructeur du Groupe** qui détermine par calcul l'état du Groupe en fonctionnement à partir des mesures topographiques, réalisées à 100 % de puissance nominale, et de celles utilisées pour sa caractérisation. De ce fait, la maintenance prédictive du G.T.A nécessite son auscultation précise.

• Le réglage par le génie-civil du G.T.A ? De la mécanique de précision

La question posée au génie-civiliste est la suivante : en mettant un millimètre de cale sur un groupe de boîtes de ressorts quelle est la variation altimétrique induite au niveau de chaque palier ?

En regard des dimensions et de la masse de cet ensemble le modèle mathématique de résolution doit être très fin et la confirmation expérimentale obligatoire pour contrôler à tous les niveaux les hypothèses prises en considération lors de la conception. De ce fait, le réglage du G.T.A nécessite son auscultation précise.

• L'auscultation du G.T.A ? De la métrologie à grande échelle

Le **1/100 de mm** tel est l'objectif de précision impératif pour le nivellement de chaque point significatif du groupe. En regard des dimensions de la machine et du Génie-Civil ce challenge est réellement du domaine de l'horlogerie Suisse. De ce fait, l'auscultation impose le nivellement de très haute précision.

De cette analyse, il apparaît effectivement un passage obligé, un trait d'union, un étalon « or », c'est le nivellement de très haute précision.

LE NIVELLEMENT DE TRÈS HAUTE PRÉCISION

Pour maîtriser ou dompter cet étalon, il a fallu reprendre toutes (ou presque !!) les composantes de la métrologie. Un retour très instructif à la source de la civilisation Grecque experte en géométrie.

Un groupe de travail a été créé afin de mettre au point et expérimenter une nouvelle méthode d'auscultation du GTA N4. Trois unités de spécialistes ont pu apporter leur expérience dans un domaine : le S.E.P.T.E.N. pour le génie civil, l'entreprise GEC ALSTHOM pour la mécanique, et la Division Topographie du C.N.E.P.E. pour les observations et les calculs.

• Mise au point d'une nouvelle méthode d'auscultation

Les principaux changements apportés par la nouvelle méthode sont les suivants :

— Deux équipes font le même travail simultanément (une équipe GEC ALSTHOM et une équipe E.D.F C.N.E.P.E.) ; ce qui permet de mieux contrôler les observations,

— Trois différents types de points sont mesurés en altitude : les repères scellés dans le béton de la table, les paliers des accouplements et les axes des arbres. Cette diversité permet à la fois de contrôler le lignage de l'arbre et de s'assurer une redondance suffisamment importante au niveau des mesures,

— Pour chacun des types de points, une mire différente est employée. On dispose ainsi de six mires (trois pour chacune des équipes) possédant chacune des caractéristiques différentes.

— L'appareil permettant de faire les lectures est un niveau de haute précision Wild N3 ; l'opérateur estime le centième de millimètre grâce à lui.

• Étalonnage des instruments

L'utilisation des six mires différentes a conduit à la mise au point d'une méthode permettant de les étalonner les unes par rapport aux autres. Pour cela, un montage d'étalonnage a été spécialement conçu par GEC ALSTHOM permettant d'obtenir des valeurs relatives. On complète par un étalonnage absolu à l'aide d'un interféromètre laser permettant d'assurer la pérennité des valeurs.

• Réalisation d'un logiciel

Pour mieux maîtriser la saisie et le calcul des mesures une application informatique (appelée judicieusement TOPNIVO) a été spécialement développée pour traiter les données en temps réel. Elle est composée de deux parties :

— un carnet de terrain utilisé pour stocker les mesures et contrôler leur homogénéité,

— un logiciel de traitement sur ordinateur portable capable de calculer les altitudes de tous les points mesurés par application d'une méthode statistique utilisant le principe des moindres carrés.

Une imprimante associée à ce système donne la possibilité d'obtenir un rapport précis sur l'opération effectuée.

L'AVENIR

À très court terme

L'expérience décrite ci-dessus va être utilisée pour quantifier la mesure de nivellement en contexte industriel.

En effet, si la mesure réalisée dans des conditions normales est maintenant bien maîtrisée, en revanche, celle réalisée dans les conditions de fonctionnement d'un groupe est difficile à appréhender.

Les anciens savent que lorsque le niveau vibratoire est trop important, la mesure est très délicate voir impossible ; que lorsque l'atmosphère dans le champ de la visée est composé de flux thermiques différents, là aussi, la qualité de la lecture n'est pas bonne.

Comment transformer ce savoir intuitif, (souvent bien vérifié) en paramètres quantifiables permettant d'apprécier mieux la précision d'une mesure en exploitation ? Ce pari est celui fixé pour les prochains mois.

À moyen terme

Toutes ces connaissances seront utilisées pour atteindre l'objectif initial de **Maintenance prédictive** et pour quantifier la **vitesse de variation des évolutions** afin d'anticiper les interventions ce qui en réduira la durée et le coût et assurera une plus grande fiabilité du matériel.

À plus long terme

L'histoire fabuleuse des techniques et des hommes autour du COMPLEXE G.T.A. N4 sera utilisée pour les paliers antérieurs.

En effet si la technique de la machine est bien différente d'un palier à l'autre, la mesure est toujours présente sous tous les aspects que nous avons étudiés.

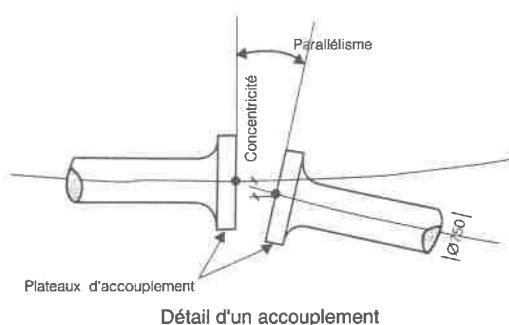
En conséquence un objectif logique est fixé, il est de faire profiter les Paliers CPO, CP1, CP2, P4, P'4 du retour d'expérience du Modèle N4.

LE LIGNAGE

C'est l'opération qui consiste à aligner les 5 pièces qui constituent la ligne d'arbres du G.T.A Modèle N4 : le rotor HMP, les 3 rotors BP et le rotor alternateur respectivement en appui sur deux paliers et rigidement assemblés au niveau des plateaux d'accouplement.

Pour assurer la durée de vie de ce matériel qui tourne à 1500 tr/mn (25 Hz) il est impératif de limiter ses contraintes mécaniques et en particulier celle de flexion alternée. Cette condition est assurée par le lignage parfait en terme de 1/100 de mn des rotors dans les conditions de fonctionnement.

Deux rotors sont lignés lorsque les plateaux à l'accouplement sont parallèles et concentriques.



Pour que cette condition soit remplie il est nécessaire de tenir compte de la flexion naturelle de chaque rotor en réglant l'altimétrie de ses paliers.

Le **lignage** d'un G.T.A est donc l'opération qui consiste à assurer cette condition à tous les accouplements.

La forme géométrique de la ligne d'arbres correspondant à un lignage parfait est appelée : **chaînette de référence**.

