

la métrologie industrielle à EDF

J.L. Lubawy (Ing. Topographe E.N.S.A.I.S.
Adjoint au chef de la Division Topographie

PRÉSENTATION DE LA DIVISION TOPOGRAPHIE

Au sein de la Direction de l'Équipement d'Électricité de France, la Division Topographie est chargée de l'étude, de la coordination et de la réalisation des travaux topographiques nécessaires à la construction, à la maintenance et à la déconstruction des ouvrages de production d'électricité.

Les missions de la Division Topographie sont les suivantes :

- fournir tous les éléments topographiques nécessaires à la prospection des sites, à l'étude, à la construction et à la maintenance des moyens de production d'électricité ;
- étudier, réaliser et suivre dans le temps les références topographiques contractuelles pour l'implantation des ouvrages et l'installation des matériels ;
- surveiller la qualité des travaux topographiques des prestataires ;
- réaliser les auscultations topographiques des ouvrages ;
- assurer la maîtrise d'œuvre de l'évolution foncière des aménagements ;
- réaliser des prestations d'ingénierie ou de travaux topographiques pour le compte d'autres Directions d'EDF ou de tiers.

La Division Topographie est constituée de deux équipes implantées à Tours et à Lyon utilisant des outils, des méthodes et des procédures d'assurance de la qualité identiques. Les deux équipes représentent une trentaine d'ingénieurs et de techniciens pour la plupart issus d'écoles spécialisées en topographie et ayant acquis une grande expérience (moyenne d'âge 42 ans).

La compétence "topographie" s'est constituée au fil du temps, au fur et à mesure de l'augmentation de la complexité des ouvrages et de l'évolution des techniques. La Division topographie qui détient cette compétence intervient donc dans des domaines variés d'activités et en particulier :

- méthodes de réalisation et de traitement des canevas et auscultations ;
- topométrie de précision et métrologie industrielle ;
- mise au point des outils de calculs informatiques ;
- assurance de la qualité ;
- évolution foncière de la propriété EDF ;
- recherche et développement appliqués en topographie ;
- formation de stagiaires d'écoles,
- participation aux travaux d'organismes nationaux (AFNOR, AFT, SFTP, CFC, MFQ).

Les outils utilisés comprennent des appareils topographiques classiques (Niveaux Wild NA2, N3, théodolites Leica T2000, TC2002...), des matériels spécialisés (oculaire laser, gyroscope, profilomètre, récepteurs GPS, sonar,...) et des outils informatiques (terminaux de terrain PSION, micro ordinateur PC, système UNIX, station de CAO et de DAO,...).

Les méthodes utilisées issues de la topographie classique ont été adaptées pour l'environnement d'EDF lors de la construction des ouvrages de production d'énergie, notamment nucléaires, qui imposent sûreté et précision.

LES BESOINS EN MÉTROLOGIE INDUSTRIELLE

Dans la fabrication industrielle, la mesure géométrique des dimensions de pièces ou de structures constitue une information essentielle pour le bon déroulement du montage, de la mise en service et de la maintenance.

Pour des objets de très petites dimensions (inférieures au mètre), les méthodes conventionnelles font appel à des appareils mécaniques (comparateurs, machines à mesurer 3D). Lorsque les dimensions de l'objet dépassent le mètre, la topographie de haute précision est une des solutions souvent choisie.

Un des domaines d'application à EDF concerne l'ingénierie des Centrales où les opérations se font souvent dans des zones difficiles d'accès pour :

- le remplacement de matériels (pompes, Générateur de vapeur)
- l'auscultation de matériels (soupapes, ligne d'arbres)
- la recherche du cheminement optimum pour replacer une pièce dans son environnement
- la représentation des mouvements d'ouvrages auscultés et indication des cas d'alertes (écartement anormal, zone critique, ...)
- la modélisation d'environnement (tel que construit).

L'objet de cet article est de vous présenter trois exemples d'utilisation de la métrologie à EDF.

LE NIVELLEMENT DE TRES HAUTE PRÉCISION

Implanté dans la salle des machines de toute centrale électrique thermique, le groupe turbo-alternateur (GTA) est la machine qui transforme la puissance de la vapeur en électricité. Dans une centrale nucléaire de type N4, le GTA est composé d'un corps haute et moyenne pression (HMP), de trois corps basse pression identiques (BP) et d'un alternateur. Il est installé sur une

table en béton armé reposant sur des boîtes de ressorts (isolation vibratoire) supportée par des poteaux. La ligne d'arbres est composée par l'assemblage (accouplement) des rotors de chaque corps et de l'alternateur, et est supportée par des paliers (deux par rotor).

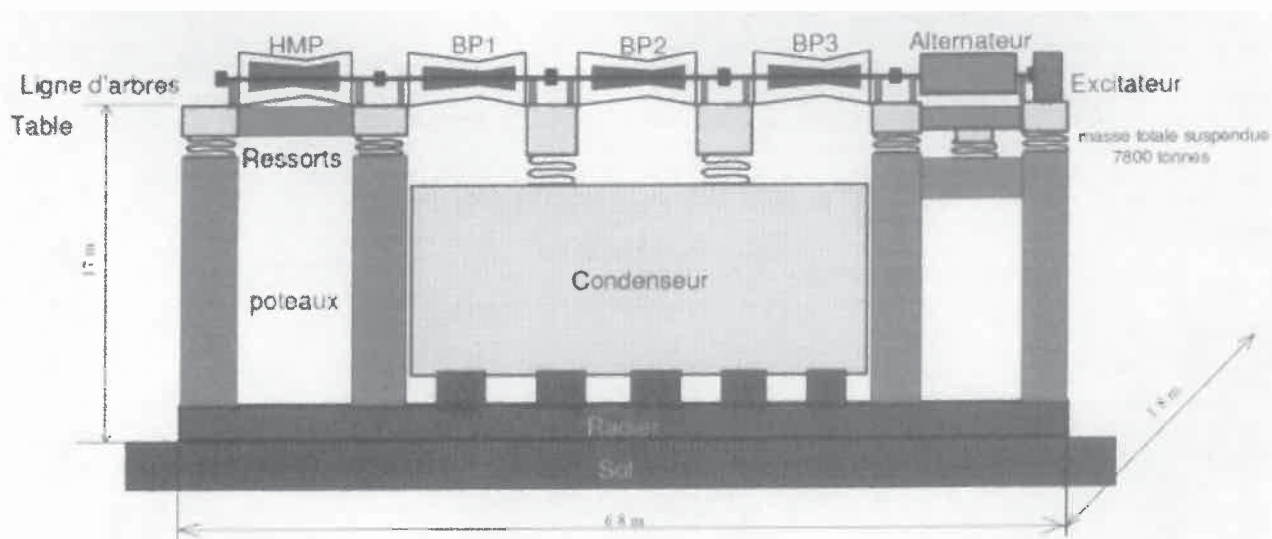
Chaque élément du groupe et de sa structure support sont tributaires des variations de l'un par rapport aux autres, d'où l'importance du réglage de l'ensemble de ces éléments et principalement de la ligne d'arbres.

En exploitation, pour des raisons de disponibilité et de durée de vie de la centrale, il est nécessaire de diminuer le volume des interventions et de les programmer à l'avance, d'où l'intérêt d'effectuer une maintenance prédictive du groupe avec réglage mécanique et/ou génie civil.

Parmi toutes les mesures réalisées sur le GTA, l'auscultation altimétrique de la ligne d'arbres par nivellement de très haute précision est la méthode qui permet au Constructeur GEC-ALSTHOM de caractériser au mieux l'état du groupe à l'arrêt et en fonctionnement.

GEC-ALSTHOM et EDF ont mis en commun leurs compétences pour définir cette nouvelle méthode. Deux équipes font le même travail de mesures simultanément afin de mieux contrôler les observations. Trois types de points sont mesurés en altitude : les repères scellés dans le béton de la table, les paliers et les axes des arbres. Cette diversité permet à la fois de contrôler le lignage des arbres et de s'assurer une redondance suffisante pour les mesures. L'appareil de mesure utilisé est un niveau de haute précision Wild N3 avec une mire différentielle sur chaque type de point. L'opérateur réalise des lectures au 1/100 de millimètre. Tous les appareils sont étalonnés entre eux et en absolu par interférométrie.

Pour maîtriser la saisie et le calcul des mesures, une application informatique nommée TOPNIVO a été spécialement développée par la Division topographie pour traiter les données en temps réel. Elle est composée d'un module de saisie à partir d'un terminal de terrain PSION pour stocker et contrôler les mesures et d'un module de calcul sur micro-ordinateur PC pour le calcul en bloc de l'altimétrie des repères par méthode des moindres carrés.



La mesure altimétrique de la ligne d'arbres sur une longueur de 68 m est ainsi réalisée dans une tolérance (2,57 fois l'écart type) inférieure au dixième de millimètre.

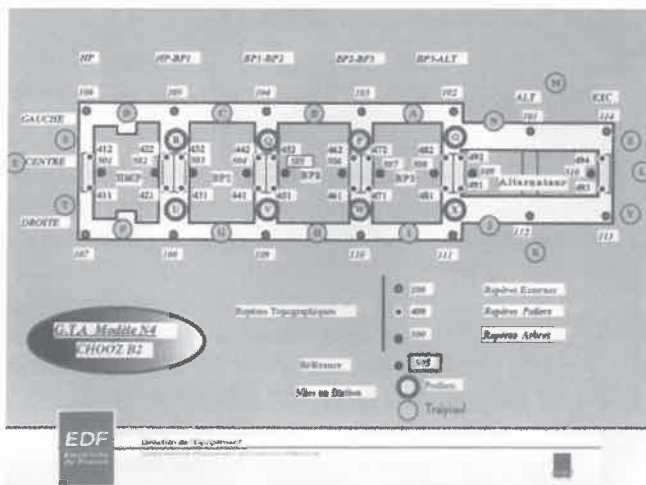


Schéma d'auscultation du GTA

L'AUSCULTATION DU SAS DU BATIMENT RÉACTEUR

Dans les centrales nucléaires, la sûreté repose sur le principe de confinement des produits radioactifs. Trois barrières de sûreté isolent ces produits de l'environnement : la gaine qui entoure le combustible, la cuve en acier du réacteur et l'enceinte de confinement en béton précontraint.

Pendant la période d'essais qui consiste à mettre l'enceinte sous pression, l'objectif principal est de démontrer que le taux de fuite en 24 heures de la masse d'air satisfait au critère de sûreté.

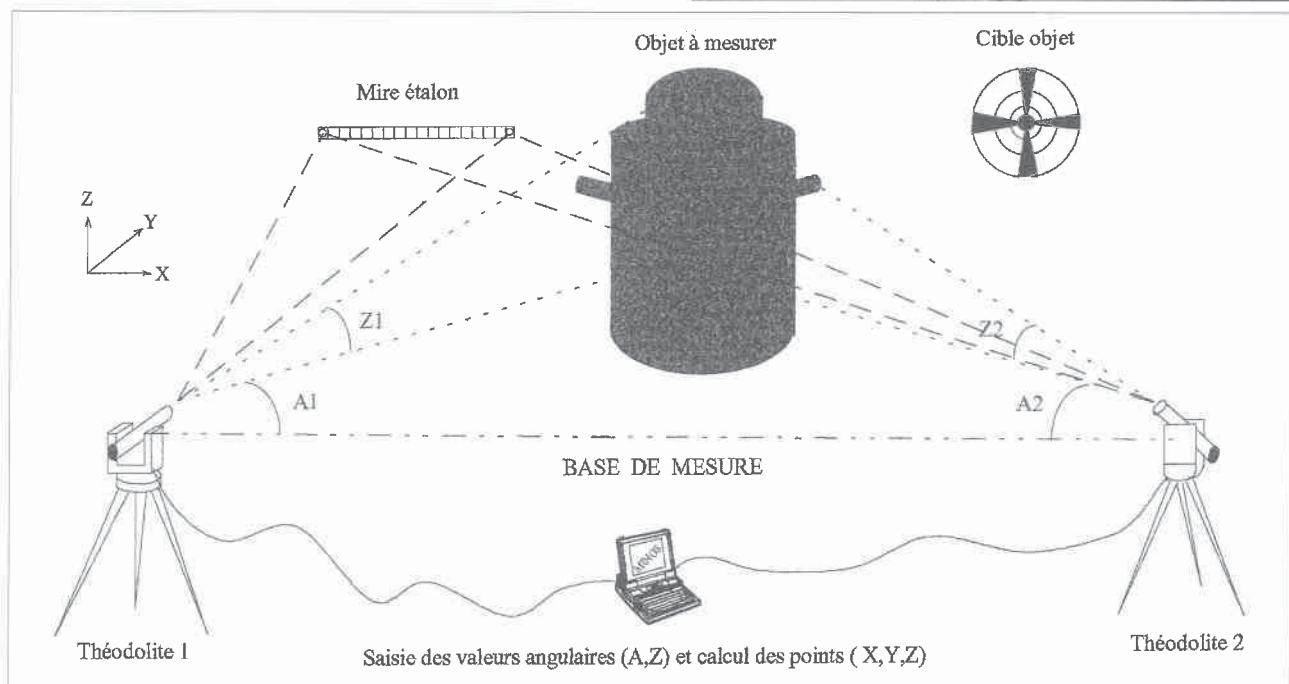
La campagne d'essais prévoit tout un ensemble de mesures dont celles du sas matériel qui lors de la mise en pression de l'enceinte, se déforme et il est important de connaître ses déformations.

La méthode topographique employée consiste à déterminer en temps réel par intersection spatiale les coordonnées de points matérialisés par des repères dans un système tridimensionnel. Pour ce faire deux topographes visent simultanément chaque repère à l'aide de théodolites connectés à un micro ordinateur. Les informations des théodolites qui constituent la base de mesure permettent ensuite au logiciel MINOS (développé par les topographes EDF) de calculer la position en coordonnées XYZ de ces repères (schéma en bas de page).

Ces mesures sont répétées à chaque palier de pression (entre la pression atmosphérique et 5 bars absolus), la différence de coordonnées en X, Y et Z donne le déplacement des points par rapport à l'état origine (début de l'épreuve).

Si l'on établit une représentation graphique des mesures, nous pouvons remarquer un "gonflement" de la virole pendant la montée en pression, et un retour à sa position origine en fin d'épreuve d'essais avec une amplitude de 5 à 10 mm.

La précision obtenue est fonction des dimensions de l'objet et de la distance de mesures, pour des points bien définis l'écart type en xyz est de 0,2 mm à 10 mètres.

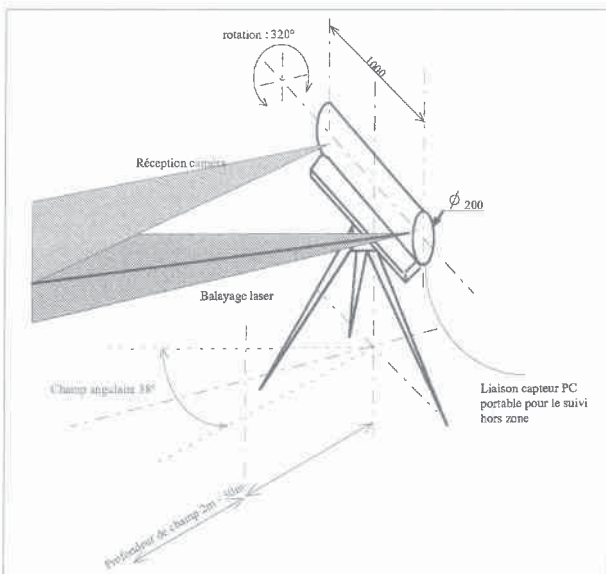


L'évolution des distancemètres de précision permet de plus en plus d'utiliser des méthodes par rayonnement avec une approche du calcul par ajustement de faisceaux (exemple Méthéor de SETP).

LA MODÉLISATION D'ENVIRONNEMENT 3D

Lors des opérations de maintenance ou dans le cadre de la déconstruction des centrales nucléaires, il est souvent utile de disposer de relevés tels que construits d'une part pour mettre à jour les plans CAO des études d'ingénierie et d'autre part pour effectuer des simulations (étude du passage d'un équipement entre les obstacles de la scène).

Le système utilisé est le capteur SOISIC associé au logiciel 3DIPSOS, ces deux outils ont largement été développés dans les articles sur la grotte Cosquer des



numéros précédents de XYZ (66-67-68), rappelons simplement ici le principe.

Le capteur Soisic développé par la Société Mensi permet par triangulation laser la saisie rapide d'un semis de points dans les trois dimensions XYZ.

Soisic fait appel à un faisceau laser de faible puissance réfléchi par un miroir scanner mobile. L'image du spot sur l'objet est relevée par une caméra CCD. Ce scanner télémétrique placé à une distance de 2.5 à 10 mètres de la scène fournit des coordonnées XYZ par un algorithme de triangulation à une cadence de 100 points par seconde. Il peut saisir des surfaces très variées, du caoutchouc noir à l'acier inox poli.

Les nuages de points saisis sont stockés sous forme de fichiers points en coordonnées cartésiennes qui peuvent être visualisés sur l'écran du PC et sont transmis par réseau (commande ftp) à la Station de travail 3DIPSOS (Silicon Graphics).

Le logiciel 3DIPSOS développé par EDF Direction des Etudes et Recherches traite en temps différé les nuages de points.

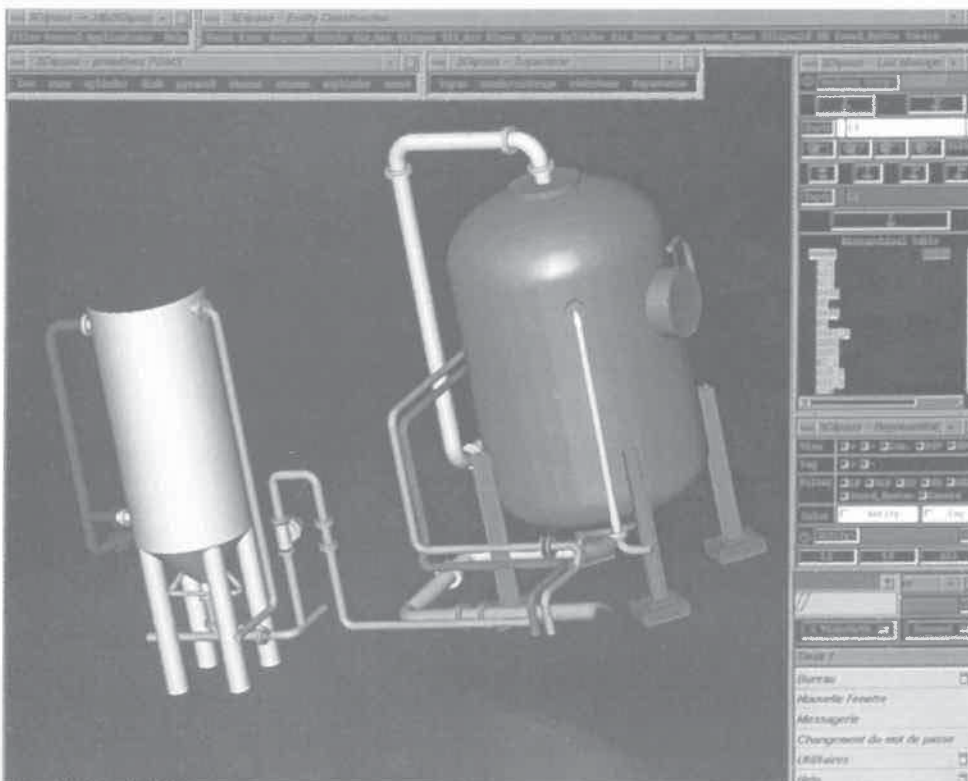
La consolidation des fichiers issus des différents points de vue de la scène dans un référentiel unique est réalisée à partir de points identiques dans deux points de vue différents et peut générer un fichier global de plusieurs millions de points XYZ.

Selon le traitement choisi les entités géométriques (cylindre, plan, facettes, etc) sont calculées au plus près des points par moindre carrés pour être ainsi plus près du réel.

La reconstruction est adaptée à chaque usage (tuyauterie, génie civil, etc). Elle est fonction des points de vue réalisés et du niveau de détails à modéliser.

EN CONCLUSION

L'homme dans sa vie sociale ou dans le monde industriel cherche toujours à se positionner par rapport à un référentiel, même s'il a parfois une idée de ses besoins, il a toujours du mal à quantifier l'incertitude de sa mesure. Un des rôles du topographe consiste à proposer la solution la plus appropriée parmi l'ensemble des outils et des méthodes souvent complémentaires qui sont aujourd'hui à sa disposition.



Résultat d'une modélisation d'un matériel sur l'Aménagement de Civaux (3DIPSOS)