

Le 25 Juillet 1989

C.E.A. C.E.N. CADARACHE

GT/CCE

labos chauds et telemanipulations

K A R L S R U H E
(27-28/09/89)

MESURE PAR PHOTOGRAMMETRIE
EN CELLULE DES DEFORMATIONS DES ELEMENTS COMBUSTIBLES
IRRADIES DANS PHENIX

MM. BLANCHARD IRDI/DMECN/DECPU/SECLHA CADARACHE
MARTELLA IRDI/DMECN/DECPU/SECLHA/LDAC/CAD
LE BOULBIN IRDI/DEDR/DERPE/PHENIX/VALRHO

RESUME

La photogrammétrie est utilisée pour déterminer, après irradiation, les longueurs des aiguilles fissiles de certains assemblages de la filière à neutrons rapides. Les éléments combustibles de cette filière subissent en effet, lors de leur séjour en réacteur, des déformations. Parmi celles-ci, figure l'allongement des aiguilles engendré par le gonflement de l'acier de la gaine enveloppe. Ce phénomène physique, qui dépend non seulement de la nuance et de l'état métallurgique de l'acier mais aussi des conditions d'irradiation, nécessite de nombreuses mesures pour sa compréhension. La photogrammétrie, qui permet d'acquérir rapidement ces valeurs avec une précision suffisante, s'avère très intéressante.

INTERET DE LA PHOTOGRAMMETRIE

Bien que ses premières applications datent du milieu du XIX siècle, la photogrammétrie est demeurée une technique moderne de mesures.

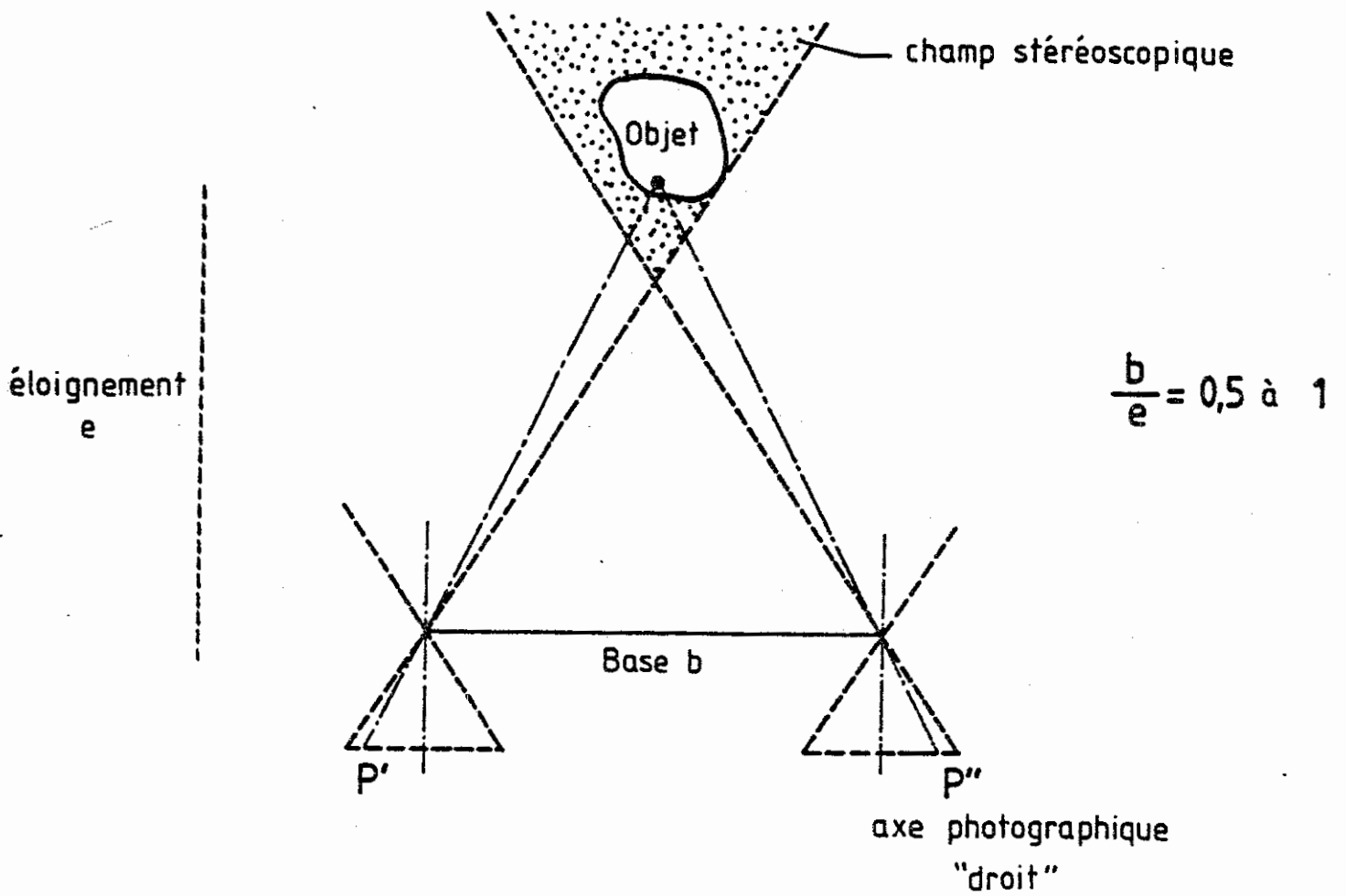
Elle permet en effet de saisir, d'une façon précise et rapide, les positions d'un grand nombre de points de la surface d'un objet qui peut être fixe ou en mouvement. Cette technique, qui "archive" la forme de l'objet, permet également de contrôler des mesures bien après que celui-ci ait pu disparaître.

RAPPEL DU PRINCIPE DE PHOTOGRAMMETRIE

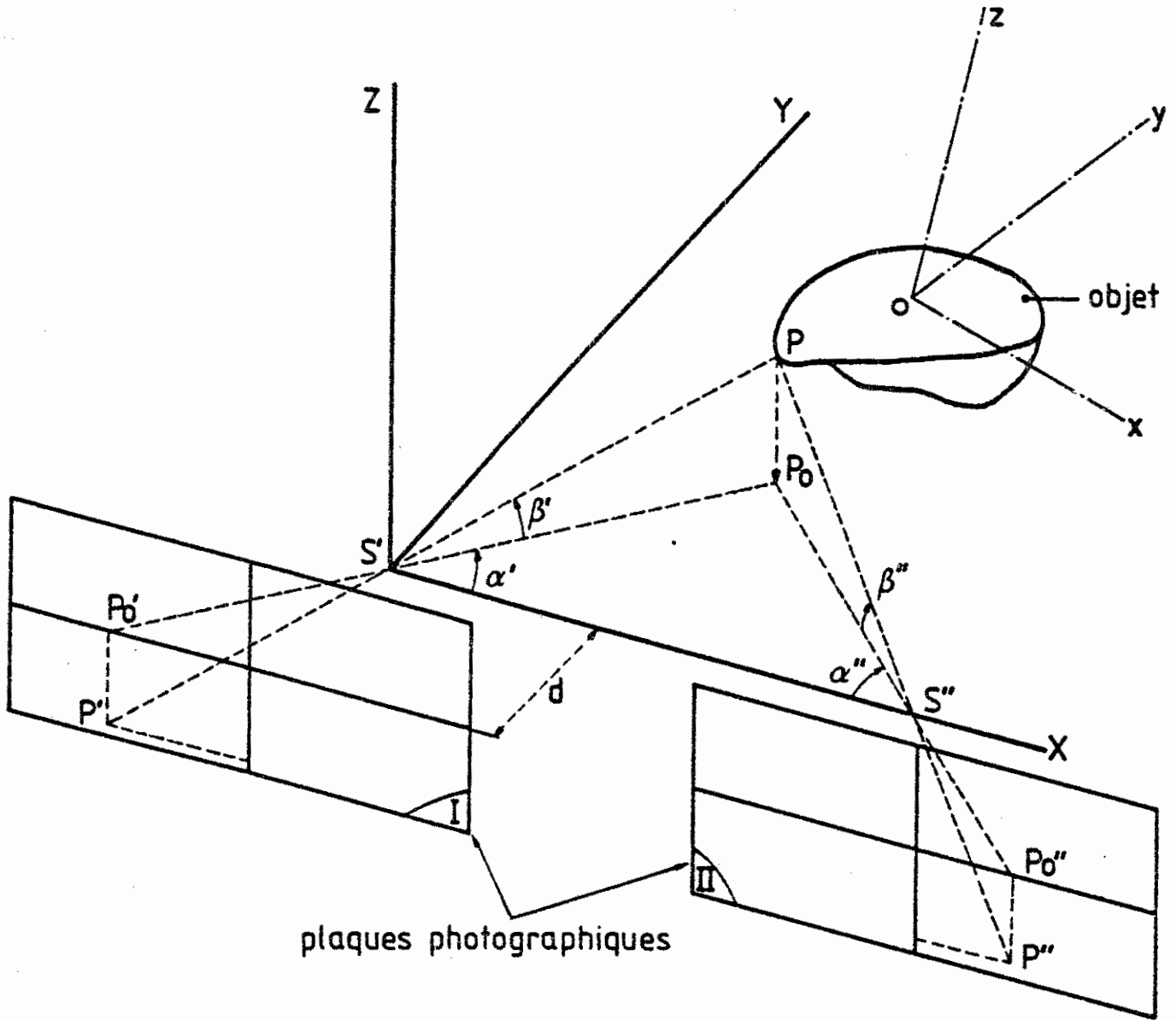
La photogrammétrie consiste à photographier l'objet désiré, de deux points de vue différents (successivement ou simultanément) puis à analyser les informations contenues sur les gélatines des plaques photographiques.

Les prises de vues stéréoscopiques de l'objet sont réalisées avec des chambres photographiques dites "métriques", c'est-à-dire dont on connaît parfaitement les caractéristiques géométriques et optiques.

Les informations figées sur les gélatines permettent alors de reconstituer une image de l'objet dans l'espace appelé "modèle stéréoscopique". Cette restitution, qui se fait avec des appareils mécano-optiques, analogiques ou numériques, revient à positionner les plaques photographiques comme elles l'étaient lors de la prise de vue. Cette orientation relative terminée, les coordonnées spatiales de tout point de l'objet peuvent être déterminées, quel que soit le système de référence désiré.



Prises de vues stéréoscopiques de l'objet avec ici axes photographiques perpendiculaires à "b"



plaques photographiques

Reconstitution de l'image stéréoscopique à partir
des informations homologues des clichés

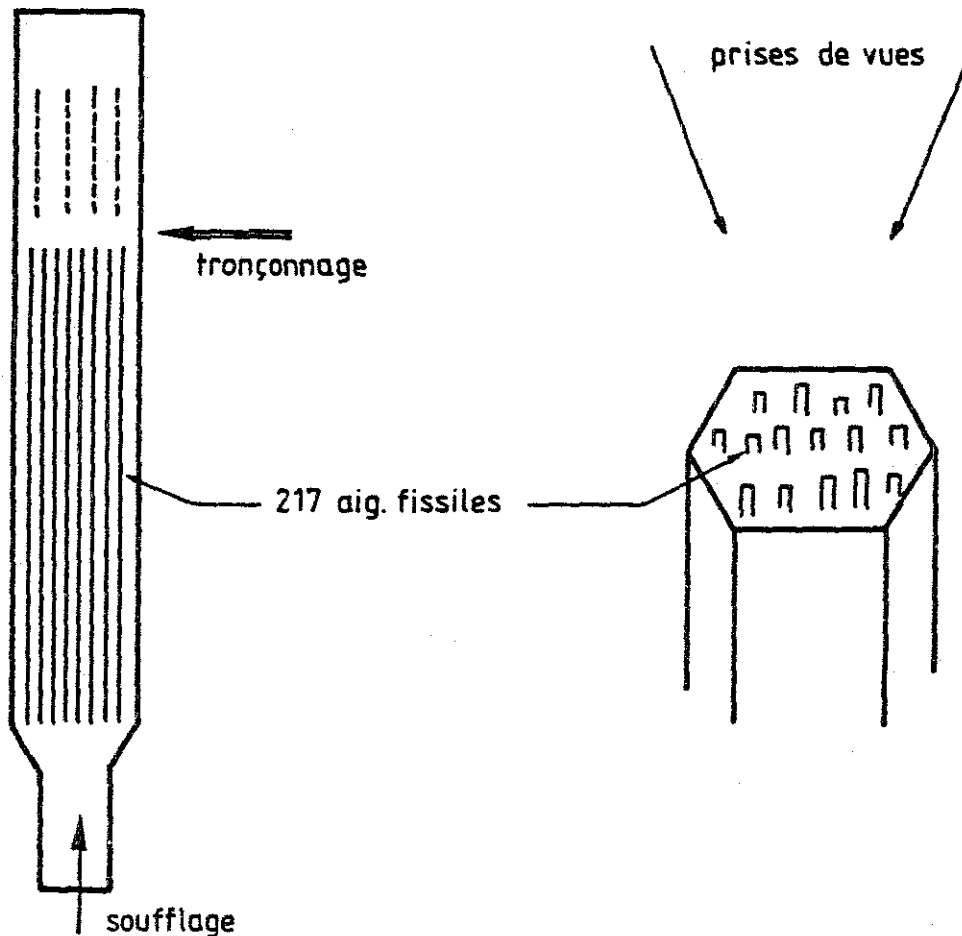
ESSAIS DE PHOTOGRAMMETRIE REALISES

Des essais de photogrammétrie, destinés à déterminer après irradiation les longueurs des aiguilles fissiles, ont été réalisés sur plusieurs assemblages irradiés dans PHENIX. Rappelons que ces assemblages comportent des aiguilles fissiles et des aiguilles fertiles munies d'un fil espaceur, placées dans un boîtier hexagonal.

Réalisation des essais

Les assemblages retenus pour examens subissent, après lavage, des métrologies du boîtier hexagonal. Ces mesures faites, divers tronçonnages sont effectués afin de récupérer les aiguilles et y effectuer les examens prévus.

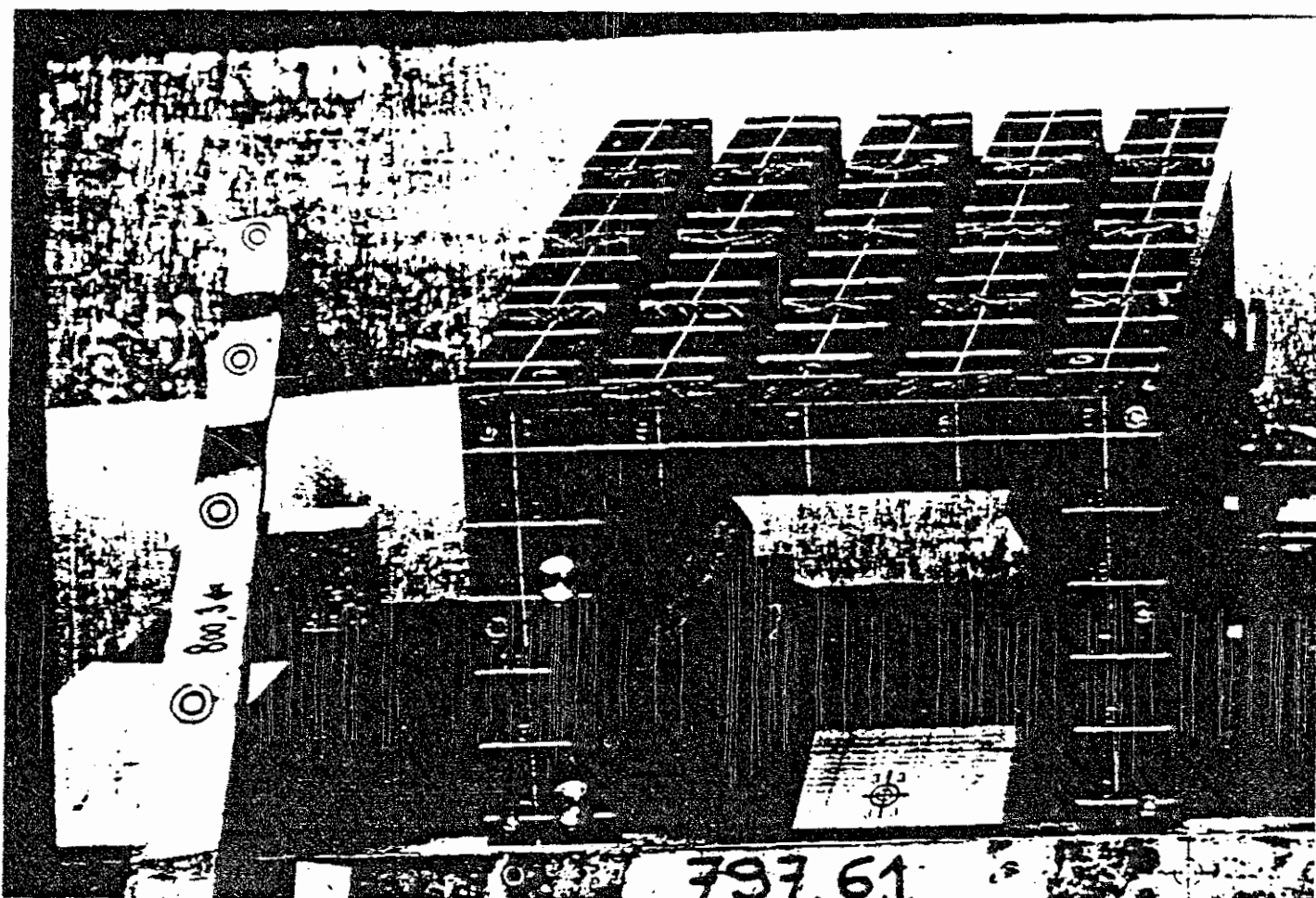
Les essais de photogrammétrie ont été incorporés dans la "chaîne d'opérations" précédente de manière à pouvoir saisir les informations désirées dans le minimum de temps. Pour cela, les prises de vues sont faites après le premier tronçonnage transversal entre aiguilles fissiles et fertiles.



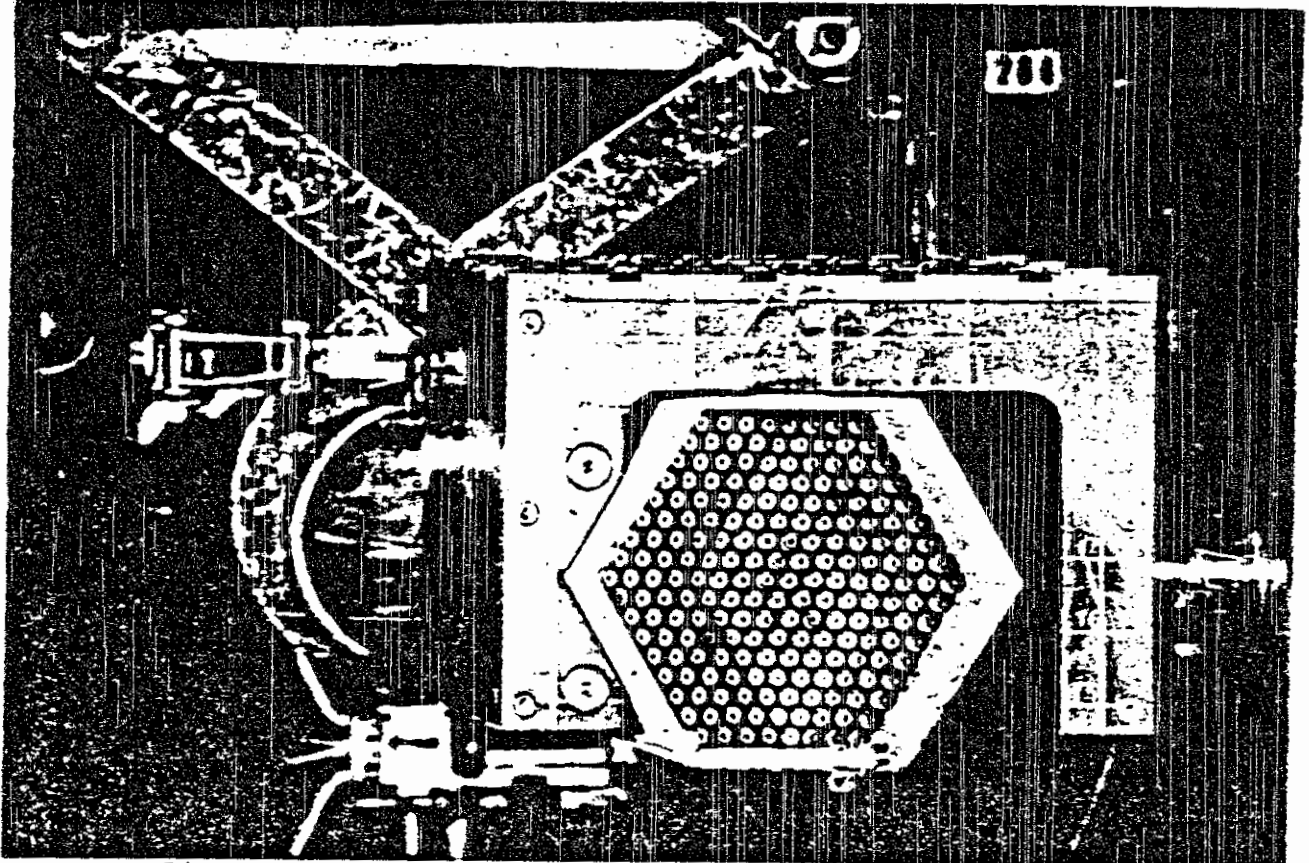
Les photographies sont prises à travers le hublot (1 m d'épaisseur), la section transversale de l'assemblage étant sensiblement parallèle à celui-ci :

Un gabarit, de dimensions parfaitement connues et placées en mémoire d'ordinateur, est fixé à l'assemblage à proximité de la surface étudiée. Son rôle est multiple étant donné qu'il permet :

- De définir un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du faisceau et par là un plan de référence pour les hauteurs d'aiguilles.
- De faciliter l'orientation relative de l'objet par rapport aux plaques.
- De connaître l'échelle 3 D.

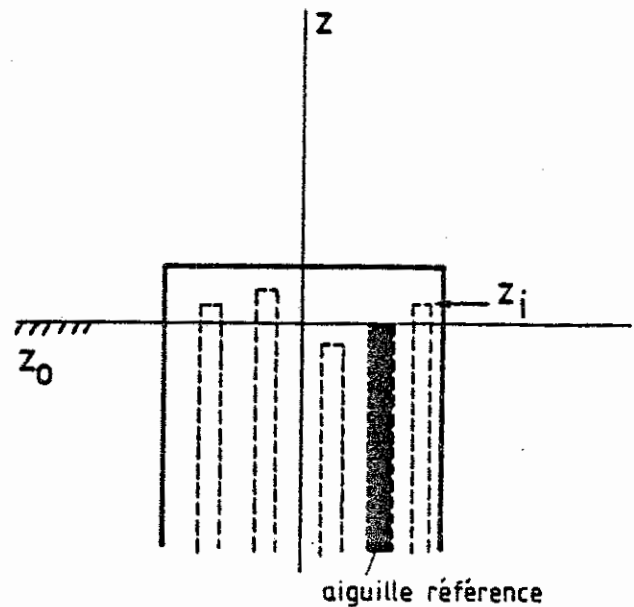
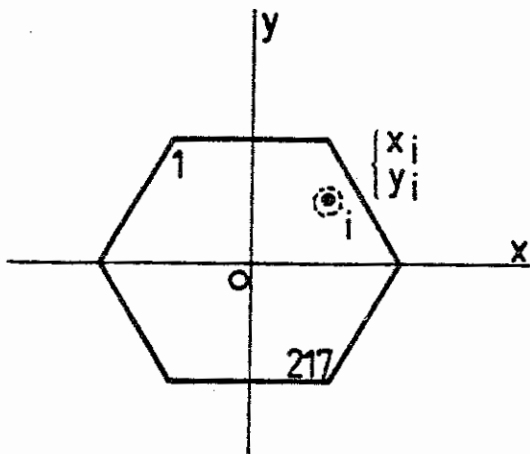


Enfin pour s'affranchir de l'effet thermique dû à la puissance résiduelle des aiguilles, l'assemblage est refroidi par soufflage à la partie basse du faisceau, soufflage qui n'est arrêté que durant les temps de prises de vues.



Résultats obtenus

Les mesures par photogrammétrie permettent d'accéder à la position de l'extrémité haute de chaque aiguille :



C'est-à-dire non seulement à la valeur de la cote "z" qui permettra de déterminer les hauteurs des différentes aiguilles (à partir de la connaissance d'une seule valeur z_0) mais aussi aux valeurs x et y qui fourniront des indications sur le déplacement transversal des extrémités hautes d'aiguilles.

Les mesures faites par photogrammétrie qui nécessitent, par assemblage, 2 h de prise de vue et 24 à 48 h de délai pour la restitution des informations sont tout à fait compatibles avec celles obtenues par métrologie qui, elles, nécessiteraient 5 à 6 jours. Bien qu'il soit difficile de comparer ces deux types de résultats qui ne sont pas connus avec la même précision :

- $\leq 0,1$ mm pour la photogrammétrie
- $\leq 0,5$ mm pour la métrologie.

Les écarts entre ces deux quantités sont toujours acceptables.

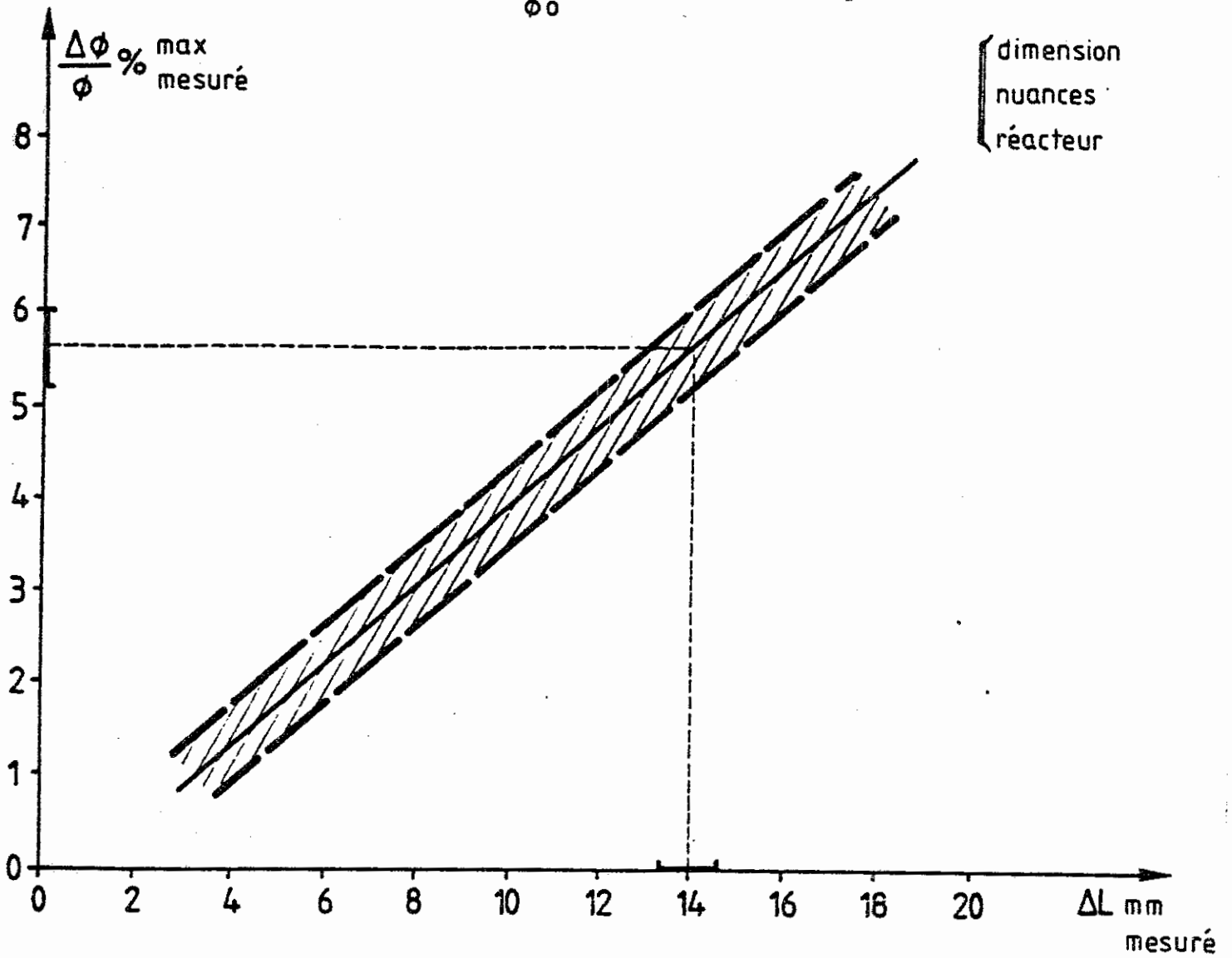
Une autre façon de juger de la qualité des résultats est de les comparer aux mesures de diamètres effectuées, avec une grande précision, sur ces mêmes aiguilles.

Compte tenu des caractéristiques de l'élément combustible on a en effet remarqué jusqu'à maintenant qu'il y avait proportionnalité entre les valeurs maximales d'accroissement de diamètre $\left(\frac{\Delta \varnothing}{\varnothing_0} \right)_{\max}$ et celles d'augmentation de longueur. On constate que cet accord est conservé avec les résultats de photogrammétrie.

Enfin, cette dernière corrélation $\frac{\Delta \varnothing}{\varnothing_0} \max / \Delta L$, qui dépend du type d'aiguilles (géométrie - nuances ...) permet d'accéder aux valeurs maximales d'accroissement de diamètre.

La technique de photogrammétrie, qui permet donc d'obtenir rapidement un grand nombre de mesures de longueurs d'aiguilles, permet d'effectuer une surveillance des déformations avec un nombre d'heures de travail en cellule relativement modeste.

Corrélation $\frac{\Delta\phi}{\phi_0} \text{ max} / \Delta L$ pour des aiguilles définies



CONCLUSIONS

Les essais réalisés ont montré que la photogrammétrie se prêtait bien au recueil des informations désirées. En effet, non seulement elle fournit, plus rapidement, des résultats plus précis que ne la faisait la métrologie classique mais elle permet d'effectuer par la suite, soit des contrôles, soit de nouvelles mesures.