

14ème Congrès de la Société Internationale de Photogrammétrie

Hambourg 1980

---

Commission 1

---

COMMUNICATION SUR L'EMPLOI DU SYSTEME TRIDENT A L'I.G.N.

PAR M. R. BROSSIER INGENIEUR GEOGRAPHE

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL

---

R E S U M E

---

L'I.G.N. vient de faire l'acquisition d'un système de radiolocalisation Trident III de construction Thomson CSF. Ce système comprend un coffret interrogateur embarquable sur avion et quatre balises que l'on peut placer sur des points géodésiques. Il permet de mesurer simultanément les 4 distances entre l'avion et les points sol de coordonnées connues : les corrections à apporter aux mesures, le calcul des coordonnées de l'avion avec une précision de un à quelques mètres sont effectués et enregistrés par un calculateur HP 9825, qui peut également fournir l'écart de l'avion par rapport à une route imposée, la distance restant à parcourir, etc...

Ce système est utilisé en premier lieu comme aide à la navigation aérienne. Il permet à ce titre la réalisation de clichés précentrés, c'est-à-dire dont les coordonnées des points de vue sont fixées a priori. D'autres applications sont envisagées : navigation aérienne au-dessus de la mer près de la côte, navigation de nuit ou sous couvert nuageux pour la télédétection, applications géodésiques pour la détermination planimétrique de points.

Le système Trident est un système de radiolocalisation construit par Thomson-CSF, qui a pour but de déterminer avec précision la position d'un mobile (navire, avion, etc.) en mesurant simultanément 3 ou 4 distances, entre le mobile et des points de coordonnées connues. Il est constitué d'un coffret interrogateur et d'un calculateur, placés à bord du mobile, ainsi que d'un réseau de balises implantées préalablement sur des points géodésiques.

Le principe géométrique est ainsi, dans le cas général, une résolution dans l'espace par trilatération. Chaque distance mesurée fournit un lieu de la position du mobile. Pour un navire, deux distances permettent d'obtenir deux cercles sécants, à la surface de la mer. Une troisième distance lève l'indétermination et améliore la précision. Pour un avion, trois distances sont nécessaires : le problème est celui de l'intersection de trois sphères dans l'espace. On obtient deux points, l'un au-dessus du plan  $Z = 0$ , l'autre en-dessous, donc une seule solution convenable. Comme précédemment une quatrième distance apporte une donnée surabondante susceptible d'améliorer la précision.

Le calcul des coordonnées, les corrections à apporter aux mesures, la compensation dans le cas de données surabondantes, sont effectués par le calculateur. Les mesures sont réalisées 64 fois par seconde, si l'on utilise 4 balises.

#### Perspectives d'utilisations du système Trident à l'I.G.N. -

L'I.G.N. vient de faire l'acquisition d'un système Trident III avec 4 balises fonctionnant à la fréquence 1219 Mhz.

Plusieurs domaines d'utilisation sont envisagés : navigation aérienne - détermination de canevas pour l'exploitation photogrammétrique des prises de vues aériennes - etc. Des essais réalisés avec Thomson-CSF ont permis de tester la validité du système pour la navigation aérienne. Les autres domaines seront abordés progressivement, parallèlement à la mise au point d'une méthodologie opérationnelle du système pour la navigation aérienne.

#### (1) - Navigation aérienne -

Actuellement le suivi d'une trajectoire définie sur carte par le plan de vol est effectué par le pilote grâce aux indications données par le navigateur. Celui-ci dispose à cette fin d'une lunette de visée qu'il cale en position verticale. Il repère des détails au sol identifiables sur la carte et apprécie à vue l'écart de l'avion par rapport au plan de vol. Il en déduit une correction de cap, qu'il communique oralement au pilote.

Le système Trident donne directement au pilote un écart de la position de l'avion par rapport au plan de vol. Le navigateur n'a alors qu'une fonction de contrôle de la bonne marche du système et peut

se consacrer à d'autres tâches à bord de l'avion (télécommande des chambres de prise de vues en particulier).

#### Comment procéder avec le système Trident ?

Etudions d'abord le cas simple d'une trajectoire rectiligne passant par deux points géodésiques A et B (fig. 1). Le calculateur associé au système dispose d'un programme permettant de déterminer l'équation de la droite AB, si on lui fournit les coordonnées de A et de B.

L'avion sera placé approximativement suivant la direction AB par le navigateur. En début d'axe,  $n$  fois par seconde, le système détermine les coordonnées  $X, Y$  de l'avion, par rapport aux balises de référence et en déduit la distance par rapport à la droite AB. Cet écart est communiqué oralement au pilote qui modifie le cap de l'avion de façon à annuler l'écart et à le maintenir à une valeur aussi voisine que possible de 0 en cours d'axe.

Ultérieurement, il est prévu un dispositif d'affichage numérique de la valeur de l'écart, que le pilote pourra lire directement. D'autres indications pourront être affichées : cap approximatif pour placer l'avion sur un axe, distance restant à parcourir, etc.

Pour suivre une seconde droite CD parallèle à AB, il suffit d'indiquer au calculateur la distance entre les droites AB et CD. Celui-ci détermine l'équation de la droite CD et l'on est revenu au cas précédent.

En pratique, l'exécution d'une mission de prise de vues aériennes comporte le survol d'un certain nombre de bandes selon des axes parallèles et ne passant pas, en général, par des points de coordonnées connues (Fig. 2).

On peut envisager pour traiter ce problème de fixer a priori les coordonnées de début et de fin d'un premier axe ainsi que les distances entre axes, en se référant au plan de vol. Les points de vues seront alors déterminés lors d'un premier vol avec Trident, où l'on enregistre les coordonnées avion et les tops de déclenchement de la prise de vues. Ceci permet ensuite de connaître les coordonnées des points de vues de cette première mission.

Lors du renouvellement de la prise de vues, on pourra faire coïncider le nouveau point de vue avec l'ancien, à la précision du système près. Dans ce cas c'est le Trident qui déclenchera le top de prise de vues lorsque l'avion se trouvera à une distance de l'ancien point de vue inférieure à un certain seuil, fonction de la précision du système.

Selon ce processus le point de vue est fixé une fois pour toutes, à quelques mètres près. Le centre du cliché correspondant variera lui-même très peu, en fonction des paramètres d'attitude de l'avion (roulis-tangage) au moment du déclenchement de la prise de vues.

On peut affecter au centre du cliché un numéro, fonction de ses coordonnées, qui restera identique lors du renouvellement de la mission: seule l'année change ! La nouvelle numérotation des clichés réalisés par l'I.G.N. à l'échelle du 1:14 500 est d'ores et déjà basée sur ce principe. Un autre avantage est la simplification des tableaux d'assemblage : il suffit dès lors d'un seul tableau, donnant une fois pour toutes la position des clichés et que l'on pourra obtenir par tracé automatique à partir de l'enregistrement des données Trident.

D'autres problèmes de navigation aérienne devraient pouvoir être résolus grâce au système Trident : missions nocturnes de thermographie - missions de radar latéral au-dessus de la couverture nuageuse etc. où l'observation visuelle du sol est impossible.

#### Premiers essais en vol du système Trident à l'I.G.N. (fig. 3)-

Lors de ces essais seul le problème de la navigation sur un axe passant par deux points de coordonnées connues a été abordé. En fait l'évaluation a porté sur les points suivants :

- utilisation comparée de l'hélicoptère et de l'avion (Aero Commander)
- position de l'axe par rapport aux points d'appui
- portée limite du système en fonction de l'altitude de vol et des masques du terrain

Trois balises omnidirectionnelles avaient été implantées à Creil, les Andelys et Sannois pour la durée des essais.

L'hélicoptère, de par sa souplesse d'utilisation, a permis d'obtenir d'excellents résultats en particulier à l'intérieur du triangle formé par les trois balises d'appui. Par exemple sur un axe effectué entre les points géodésiques de Neuville-Bosc et d'Hadancourt les écarts par rapport à la route programmée restent inférieurs à 10m. L'erreur moyenne quadratique de détermination de la position de l'hélicoptère est de l'ordre de 1 m (Fig. 4).

D'autres vols réalisés en hélicoptère, puis en avion ont eu pour but de tester la portée du système à différentes altitudes : 110 km entre 4 000 et 5 000 pieds, 180 km à 10 000 pieds. Ces vols ont mis en évidence divers phénomènes de masques (topographie - bâtiment-végétation) et de perturbations dans la propagation de l'onde UHF.

Un vol Aero Commander avait pour but de réaliser deux axes parallèles distants de 910 m, le premier passant par les châteaux d'eau géodésiques de Roye et d'Orémaux. Cette mission se trouvait à l'extérieur du triangle des balises.

L'erreur moyenne quadratique est de l'ordre de 3 m ; on constate des écarts par rapport à la trajectoire pouvant atteindre 50m : ceci est dû à la moindre souplesse de l'avion mais pourra être amélioré grâce à l'affichage numérique des écarts.

(2) - Autres perspectives d'utilisation -

Le système Trident apparaît intéressant pour la détermination des points en X, Y avec une précision de quelques mètres. Le principe consiste à équiper d'une balise le point inconnu et les 3 ou 4 points d'appui. Le point inconnu sera déterminé par intersection, à partir des positions successives de l'avion au cours de son vol. En particulier un vol circulaire autour du point inconnu sera de nature à améliorer la précision de la détermination (Fig. 5).

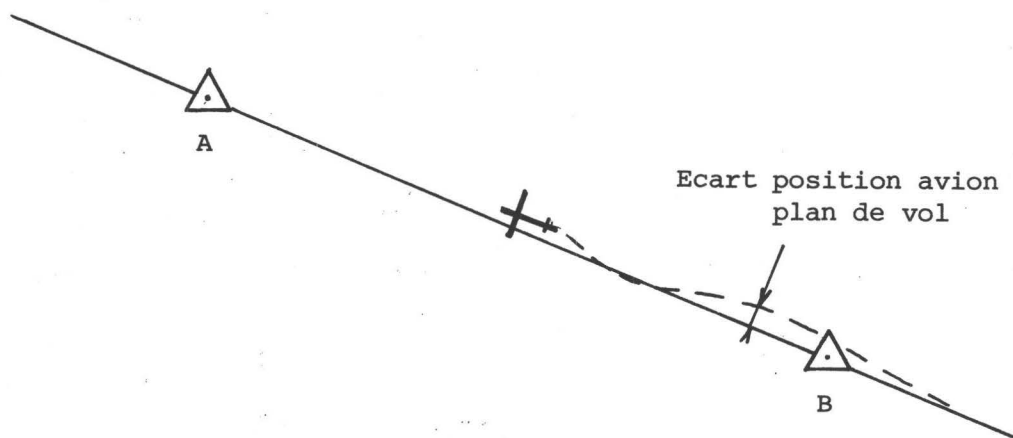
De multiples applications peuvent être envisagées :

- canevas pour l'exploitation photogrammétrique des prises de vues. Le Trident pourra être associé avec profit avec d'autres systèmes fournissant des données altimétriques : statoscope - enregistreurs de profils altimétriques du terrain.
- navigation aérienne en mer sur champ pétrolifère off-shore, archipels semés de petits flots où il est délicat de se repérer par observation visuelle.
- localisation en mer : rattachement d'flots, de balises, de plateformes pétrolières à la côte.
- géodésie
- implantation d'ouvrages (pylônes électriques, relais hertziens...) en zone accidentée, etc.

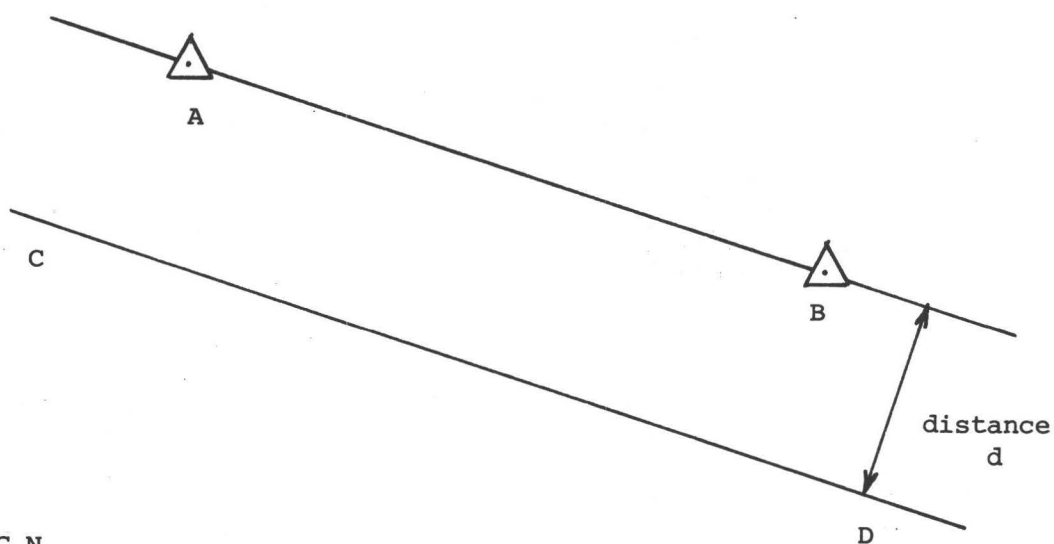
En conclusion les perspectives d'utilisation du système Trident apparaissent très vastes, aussi bien dans le domaine de la navigation aérienne que pour les applications géodésiques. L'I.G.N. prévoit d'ailleurs, à terme, l'installation d'un réseau de 30 balises fixes couvrant l'ensemble du territoire français. Ceci permettrait de réaliser sans mise en place préalable de balises toute prise de vues nouvelle ainsi que des opérations géodésiques compatibles avec la précision du système.

Fig. 1 - NAVIGATION AERIENNE AVEC TRIDENT

1 Sur un axe passant par 2 points géodésiques A et B

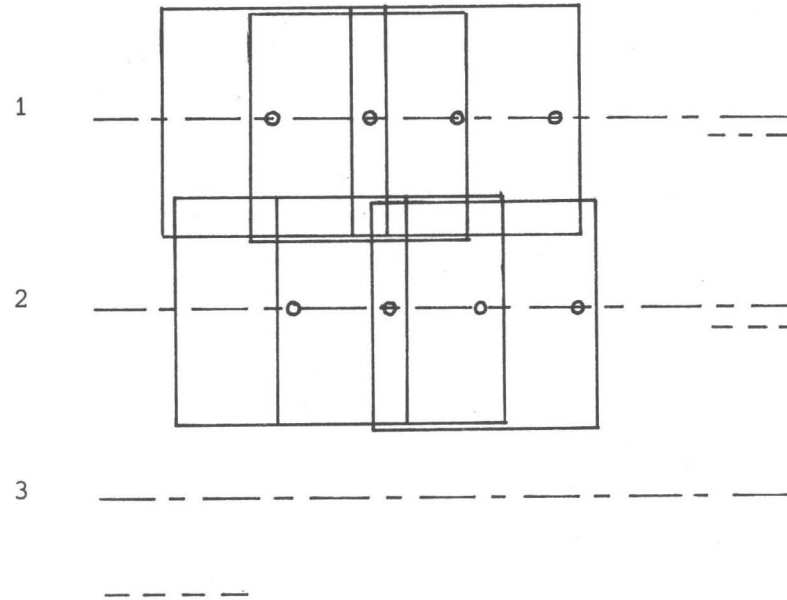


2 Sur un axe CD parallèle à AB



I.G.N.

Fig 2 - NAVIGATION AERIENNE PAR TRIDENT



- I - Prise de vues initiale  
Enregistrement par Trident  
coordonnées des points de vue
  
- II - Renouvellement prise de vues  
Déclenchement photo  
par Trident

021.

I.G.N.

022.

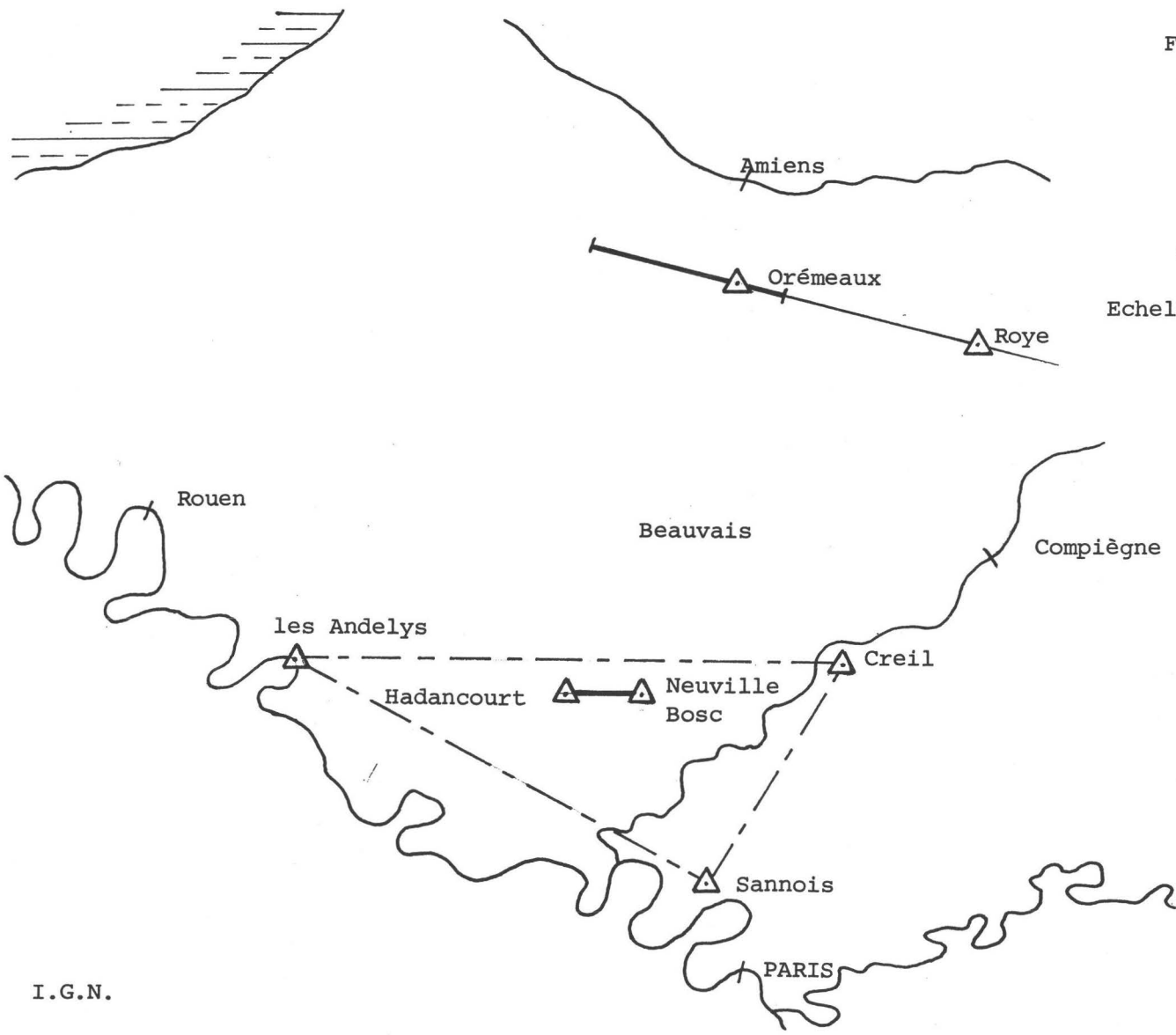


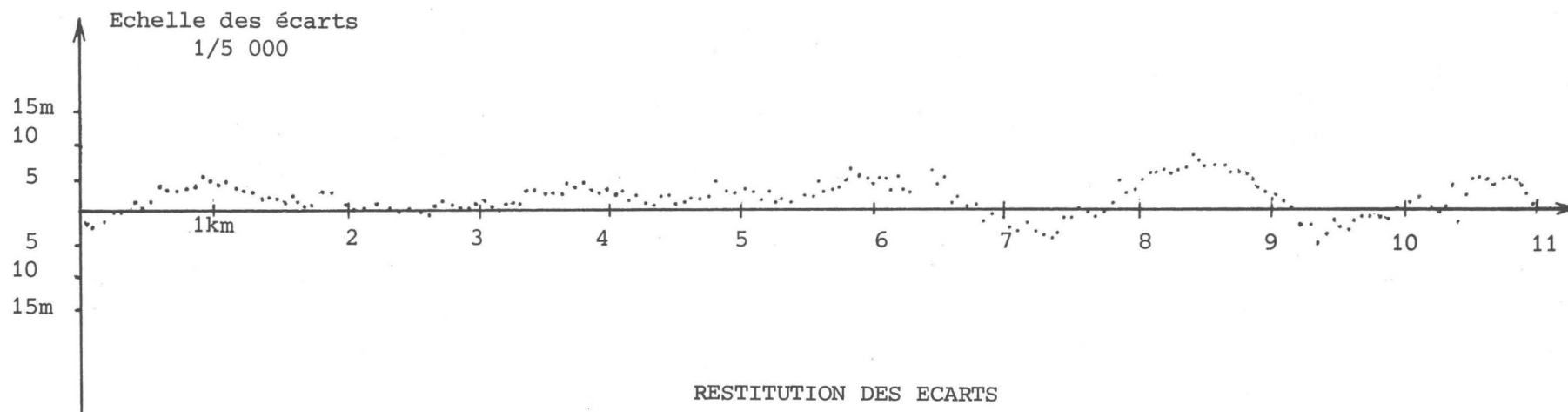
Fig. 3 - ESSAIS TRIDENT  
OCTOBRE-NOVEMBRE 1978

Schéma de situation  
Echelle : 0 10 20 30 km



Fig. 4 - ESSAIS TRIDENT - OCTOBRE/NOVEMBRE 1978

Vol Hadancourt-Neuville Bosc (5.10.78)



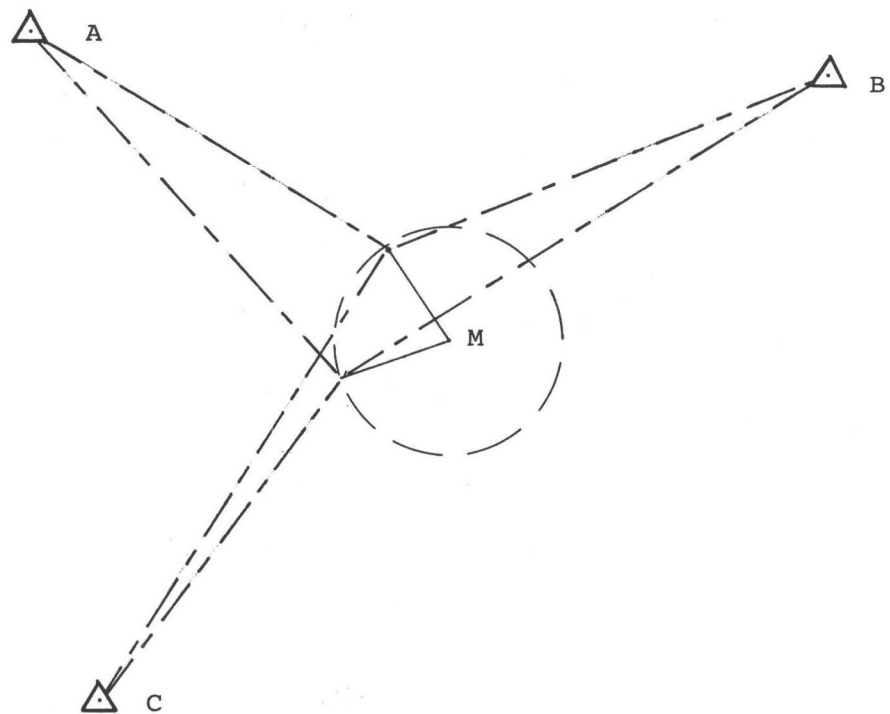
RESTITUTION DES ECARTS

entre la position de l'hélicoptère et la trajectoire programmée

(1 position restituée par seconde)

Fig. 5 - APPLICATIONS GEODESIQUES DU  
SYSTEME TRIDENT

Principe



A, B, C points connus  
M point à déterminer

I.G.N.