

Photogrammétrie (suite)

De chaque point de vue (appareil photo) on tire une ligne de vue sur chaque point identifié sur la surface. Par exemple si on a 10 points identifiés (par une cible ou un repère remarquable), visibles depuis 5 points de vue (position successive de l'appareil photo) on dispose de:

- 10 droites (du type $ax + by + cz + d=0$) issues du premier point de vue (PV1) vers chacun des 5 points identifiés P1, P2, P2... P5 (cibles ou repère remarquable)
- 10 droites issues du deuxième point de vue (PV2) vers chacun des 5 points identifiés (cibles ou repère remarquable)
- etc pour les point de vue PV3, PV4, PV5 vers les points P1, P2, P2... P5.

De l'hypothèse: les points P1, P2, P2... P5 sont invariants, la solution pour connaître les 3 coordonnées spatiales de chacun des 5 points P1, P2, P2... P5 consiste à rechercher par itérations successives les coefficients a_i, b_i, c_i, d_i de chaque droite (ligne de vue) issue de chaque point de vue (appareil photo).

Cette technique se nomme "triangulation" et fait appel à des algorithmes créés par Delaunay (mathématicien Russe 1890-1980).

2- Du développement de la photogrammétrie

La photo remonte à la fin du 19ième siècle, les travaux de Delaunay du début du 20ième siècle et pourtant la photogrammétrie mettra du temps à passer du mode expérimental au mode outil de mesure. La première révolution sera l'ordinateur, car il est l'outil type par excellence pour réaliser tout ce travail d'itérations successives. Le passage de la machine "lourde et peu accessible" au PC portable ou de bureau renforcera le développement de la photogrammétrie.

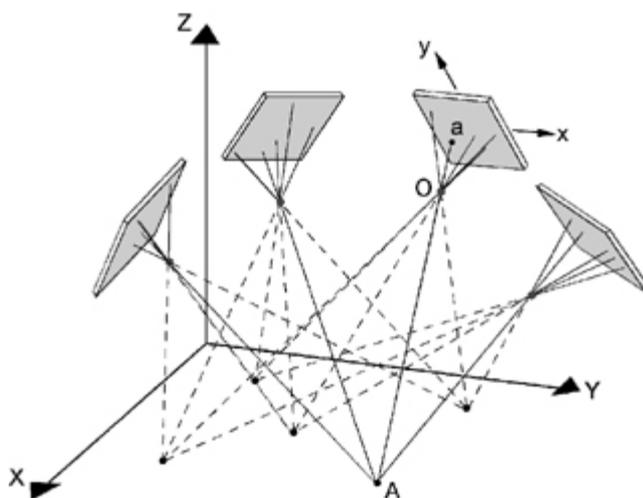
La photo numérique sera le deuxième déclencheur. Si dans les années 80, l'ordinateur permet de réaliser les calculs rapidement, les photos argentiques ne sont pas d'une utilisation facile. En effet le dépouillement se fait directement sur les tirages papiers (format A4 ou A3) fixés sur une table à digitaliser. Chaque point (cible ou point remarquable) est identifié manuellement sur chacune de N photos. Apparaît alors une difficulté, le film (format 6X6 généralement) n'est pas plan dans la chambre de l'appareil photo. et de plus cette planéité varie d'un prise de vue à une autre. La scène photographiée est donc déformée lors de son impression sur la pellicule (film) et en plus elle de nouveau déformée lors du tirage sur l'agrandisseur. Dans ces conditions, l'incertitude de mesure devient trop grande pour que le procédé photogramétrique soit validé. La solution passera par l'interposition dans la chambre de l'appareil photo d'une fine plaque de verre du format du fil et d'un grande planéité. Sur cette plaque de verre un réseau de croix (10 X10mm) sera gravé et impressionné sur le film à chaque prises de vue. Au tirage le réseau de croix apparaîtra sur la photo papier. Avant le lancement du dépouillement

photogrammétrique, l'opérateur devra identifier chaque croix visibles sur chaque photo afin que l'algorithme (anamorphose) calcule les corrections de déformation de chaque photo. C'est évidemment un travail titanesque, mais l'évolution des techniques passe souvent par ces travaux d'Hercule.

La photographie numérique va incontestablement donner de l'air à la photogrammétrie. Il n'y a plus de film, de tirage papier, de table à digitaliser. Une calibration du capteur CCD en photographiant sous différents angles une mire dont on s'assure la planéité est toujours indispensable, mais elle traite deux problèmes simultanément deux problèmes: la correction mathématique de la planéité du capteur et les distorsions de la chaîne optique de l'appareil photo. Il est évident que chaque ensemble "boîtier / objectif" doit être calibré et appairé. Il est évident aussi que seuls les objectifs à focales fixes sont utilisables en photogrammétrie.

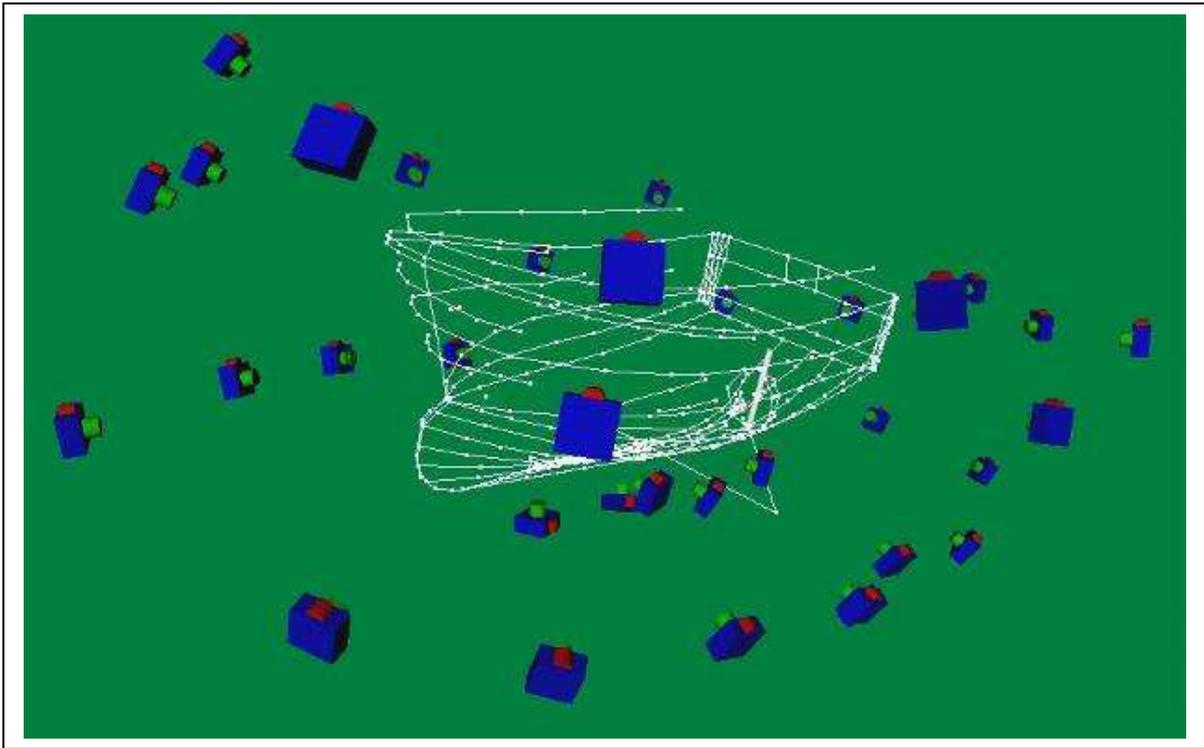
Il est aussi évident que la surface du capteur contribue à la précision du relevé photogrammétrique. Actuellement on utilise des capteur CCD 17X24mm ou 24X36mm.

Il est certain que l'utilisation de capteur CCD 34x34 et 39 Mpixels (dos numérique Hasselblad par exemple) contribuerait à améliorer encore le résultat. Le prix très élevé (20000€ pour le boîtier seul) des ce type d'appareil limite beaucoup son utilisation. Une autre méthode est aussi utilisée, elle consiste à fabriquer un appareil photo à partir d'un excellent objectif grand angle, d'un capteur CMOS (Noir et Blanc) de 12Mpixels, le tout associé à un disque dur. Ici pas de visée réflex, l'opérateur vise à travers un viseur type viseur "sportif". L'avantage dans cette conception réside dans le CMOS noir et blanc ou chaque pixel est identifié, alors que sur un capteur CCD, il y a 3 pixel (R,V,B) pour une même adresse.



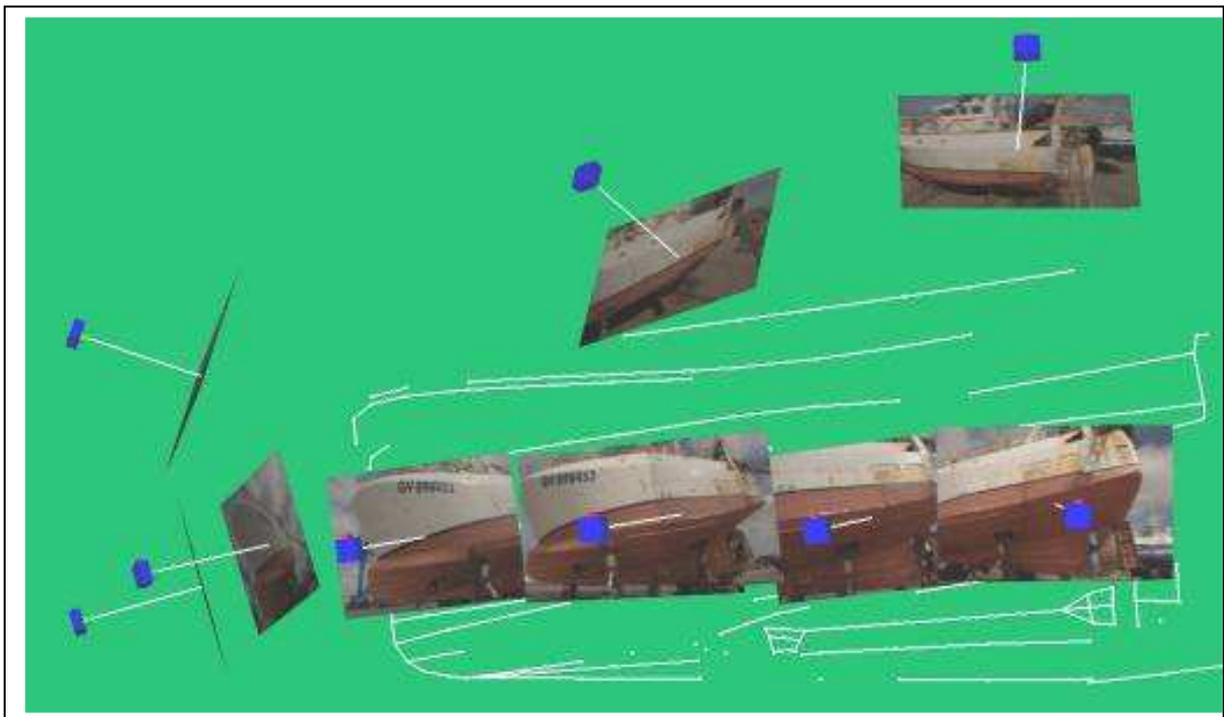
Calcul de la position et de l'orientation de la caméra

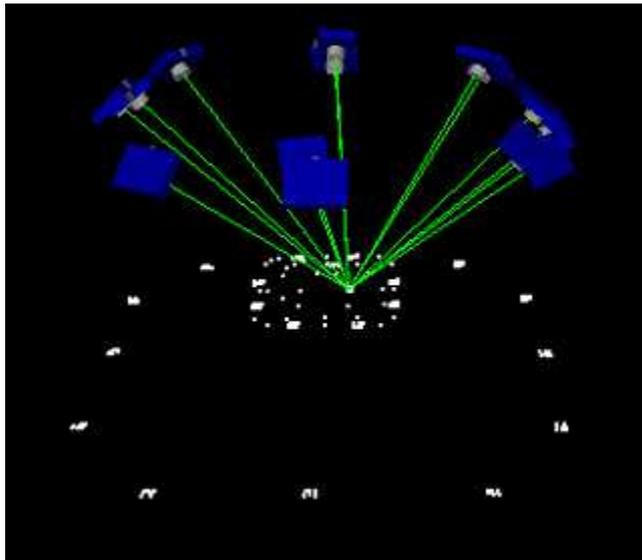
Position des prises de vue (appareil photo)



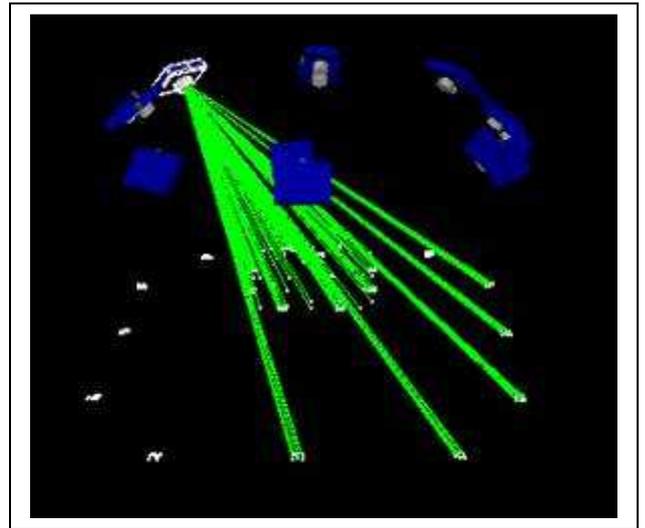
Chalutier de 24m.

Lignes de vue et photos saisies par le capteur CCD.





Photos autour de l'objet



Photos des points vue par l'appareil photo

3- Quels résultats pour des mesures photogrammétriques

La photogrammétrie permet des Mesures d'excellente précision dans des environnements instables.

Nous mesurons de façon non invasive avec le minimum de gêne pour les autres personnes travaillant en même temps sur un assemblage aussi volumineux que celui d'un navire. Le traitement d'images ainsi que l'analyse des données est réalisé ensuite. Les systèmes photogrammétriques permettent d'atteindre suivant les appareil photos, les logiciels de traitement, une précision de 0.1mm +0.1mm/m à 0.05mm+ 0.005mm/m.

Environnement instable

La photogrammétrie est l'unique système capable de travailler dans un environnement instable. Le mouvement, les vibrations et la température ont un effet négligeable sur la mesure.

Mesures répétitives

Le système utilise des cibles à faible coût et des opérations automatisées ce qui rend facile et rapide les mesures répétitives.

Système robuste et autonome

Aucune énergie est nécessaire pour les prises de vue. L'opérateur peut travailler en extérieur, le seul "ennemie" est la pluie.



2 - Matérialisation des points de mesure

Différentes techniques sont utilisées pour matérialiser les points de mesure sur l'objet: cibles papier ou rétro-réfléchissantes, cibles optiques projetées, palpeurs et points naturels.

Cibles rétro-réfléchissantes

La caractéristique du papier rétro-réfléchissant est qu'il renvoie la lumière vers sa source avec un rendement important. Par exemple, une cible rétro-réfléchissante est 100 à 1000 fois plus efficace qu'une cible traditionnelle noir et blanc pour retourner la lumière.

Un flash intégré à l'appareil photo permet d'illuminer les cibles rétro-réfléchissantes pendant les prises de vue. Les images des cibles sur les photographies seront alors plus facilement détectées et mesurées plus précisément. Un autre avantage très important des cibles rétro-réfléchissantes est que l'exposition des cibles devient complètement indépendante de la lumière ambiante. En effet, les photos peuvent être prises dans un environnement très lumineux ou en pleine obscurité sans que l'exposition des cibles soit modifiée.

Cibles Codées Binaire

Pour travailler en traitement automatique, il faut utiliser des cibles codées. Chaque cible possède un codage binaire à 8 (256 cibles numérotées de 1 à 255) ou 10 pistes (1024 cibles possible).

