

EMPLOI DE PETITS FORMATS DE CHAMBRE DOUBLE STERÉOSCOPIQUE AVEC UN SYSTEME  
"VHF-HOMING" POUR L'INVENTAIRE ET LE SUIVI DE RESSOURCES NATURELLES  
RENOUVERNABLES (MONITORING)

Par B. RHODY

Institut de l'Economie Forestière Mondial Hamburg-Reinbek

Introduction

Les pronostiques disent qu'une restriction d'aménagement mondial par suite à un tarissement de matières d'énergie du sous-sol et de ressources renouvelables est à craindre. Mais on peut supposer, que l'augmentation de la production de biomasse est très importante. Avec l'augmentation de la population mondiale, il ya diminuation d'espace et il ya encore un besoin élevé en bois par tête d'habitant.

D'après EARL, D.E. "Forest Energie and Economic Development - Clarendon Press, Oxford 1975" qui a estimé que la production brute mondiale actuelle est de 624 (330) Milliards  $m^3$  et un accroissement de 17,8 (8) Mrd.  $m^3$ ; (entre parenthèse: exploitable techniquement) il est étonnant que dans le monde entier seulement une enveloppe de 2,5 Mrd. "STEINLIN: Holz aktuell, 1/79, p. 37" de bois soit utilisé.

Les ressources naturelles renouvelables qui occupent le 1/3 de la surface terrestre du globe sont à l'égard de l'utilisation en particulier du bois encore inconnues.

Les méthodes conventionnelles d'émenagement sont incapables de donner des chiffres statistiques exactes sur les ressources en bois brut. Il faut donc perfectionner les méthodes d'inventaire-échantillonnage, la technique de photographie aérienne et les techniques de télédétection et avec une système "VHF-HOMING" (Fig. 1).

Avec les moyens dont on dispose sur terre, on ne peut pas réaliser un inventaire complet des grandes régions sans l'aide de la photoaérienne: avec satellites, avions et Hélicoptères (Fig. 2 et 3).

Le système du caméra stéréoscopique

Le système de prise de vues est réalisé avec deux caméras de 70 mm (Hasselblad EL 500) qui sont séparés l'un de l'autre par une distance fixée au préalable (RHODY 77 et 78).

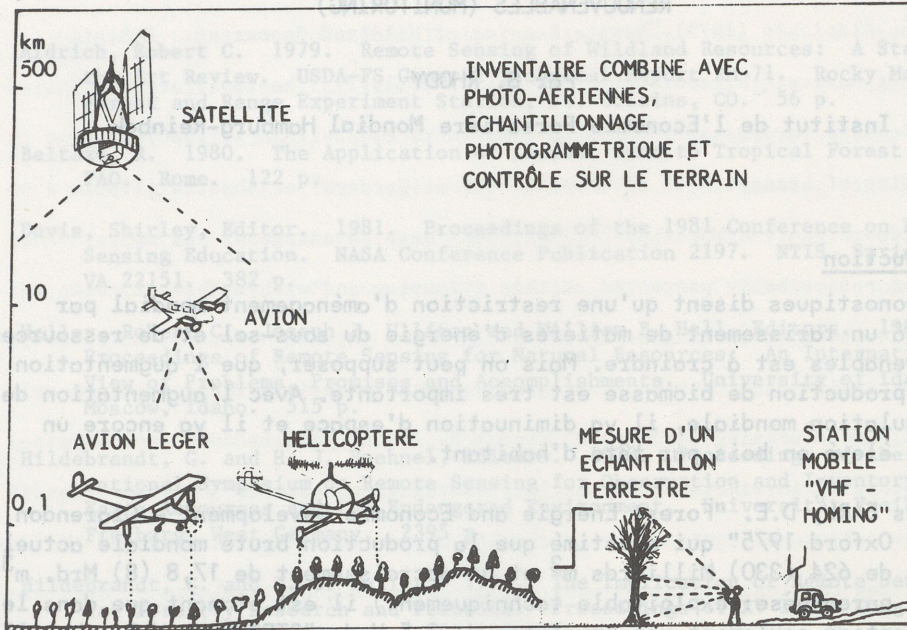


Fig. 1 Inventaire combiné



Fig. 2 Avion léger "CESSNA 170"

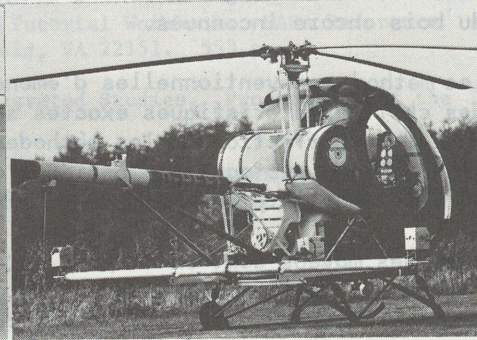
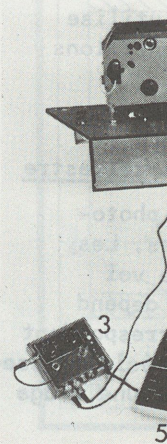


Fig. 3 Hélicoptère "HUGHES 300"

Au moyen d'  
la chambre  
L'échelle d  
sont pas ne

Il ya déclen  
EL 500 (ou M  
flou dû aux  
jectifs phot  
effectuer.



Au moyen d'un niveau d'eau exact on redresse les plans horizontaux de la chambre double, auxquels les axes photographiques sont parallèles et L'échelle de prise de vues est connue, des points de repère en forêts ne sont pas nécessaires (Fig. 4).

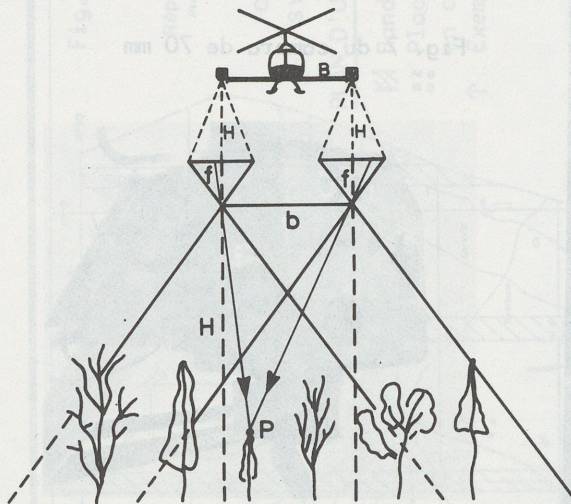


Fig. 4

Relèvement dans le plan (système chambre double)

Il ya déclenchement automatique pour les 3 appareils. Les deux Hasselblad EL 500 (ou MK 70) sont synchronisés de telle sorte qu'il n'y ait aucun flou dû aux mouvements au moment de la prise de vue et déplacements des objectifs photographiés et permettra des mesures précises qu'on aura à effectuer.

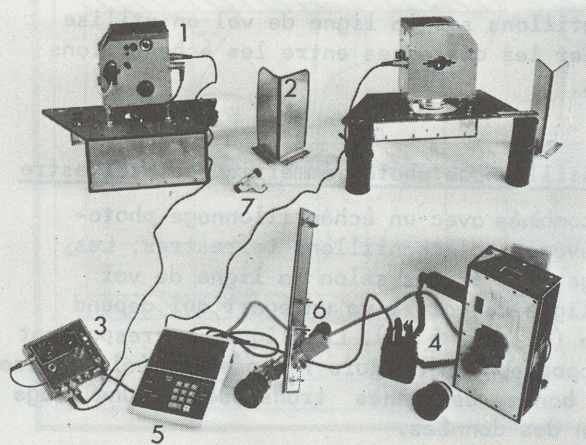


Fig. 5

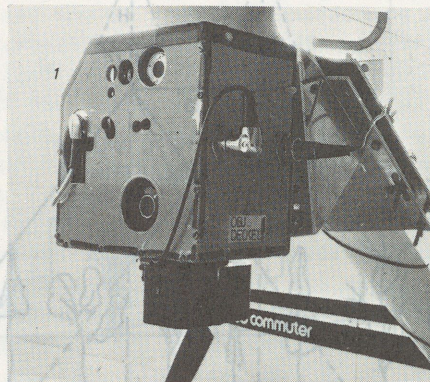
- 1) Hasselblad EL 500
- 2) pare-brise
- 3) déclenchement automatique avec "intervallomètre"
- 4) caméra à petit format (35 mm)
- 5) enregistreur de date et des numéros d'ordre de série imprimés sur le film
- 6) lunette de visée en dehors de l'avion
- 7) niveau d'eau précis.

Un troisième caméra de petit format (35 mm) ayant un objectif grand angle et un magasin à film de 10 m. Il est monté à distance égale entre les deux Hasselblad EL500 et sert à la prise de bandes aériennes avec un recouvrement de 60 % (RHODY 81).



Fig. 6 montre une vue détaillée du caméra de 35 mm

Fig. 7 du caméra de 70 mm



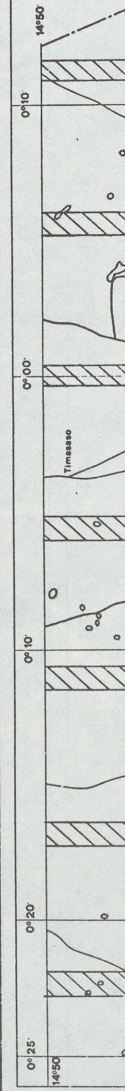
Pour les inventaires à grande échelle on ne couvre pas totalement la région, mais on photographie (avec un caméra 35 mm) seulement des bandes qui sont distantes les unes des autres de exs. 10 km. Dans les bandes, sont placés les échantillons photogrammétriques pris avec un caméra à chambre double stéréoscopique de 70 mm (Fig. 8).

Pour la prise de vue des échantillons sur la ligne de vol on utilise un "intervallomètre" pour régler les distances entre les échantillons sur les lignes des coordonnées.

#### La méthode combinée avec échantillonnage photogrammétrique et terrestre

Nous conseillons une méthode combinée avec un échantillonnage photogrammétrique et un petit prélèvement d'échantillons terrestres. Les photographies d'échantillonnage sont prises selon la ligne de vol (coordonnée) et entre chaque ligne de vol il ya un écart qui dépend de l'intensité de l'inventaire (ex. 1 - 5 km). Les lignes correspondent aux coordonnées de la carte topographique, Figure 9 donne des éclaircissements de l'interprétation des bandes aériennes transposé sur une image de satellite pour vérification des données.

Fig. 8



f grand angle  
entre les deux  
un recouvre-

détaillée  
5 mm  
0 mm

ment la  
t des bandes  
les bandes,  
caméra à

utilise  
antillons

t terrestre

photo-  
es. Les  
e vol  
dépend  
rrespondent  
s éclaircisse-  
ur une image

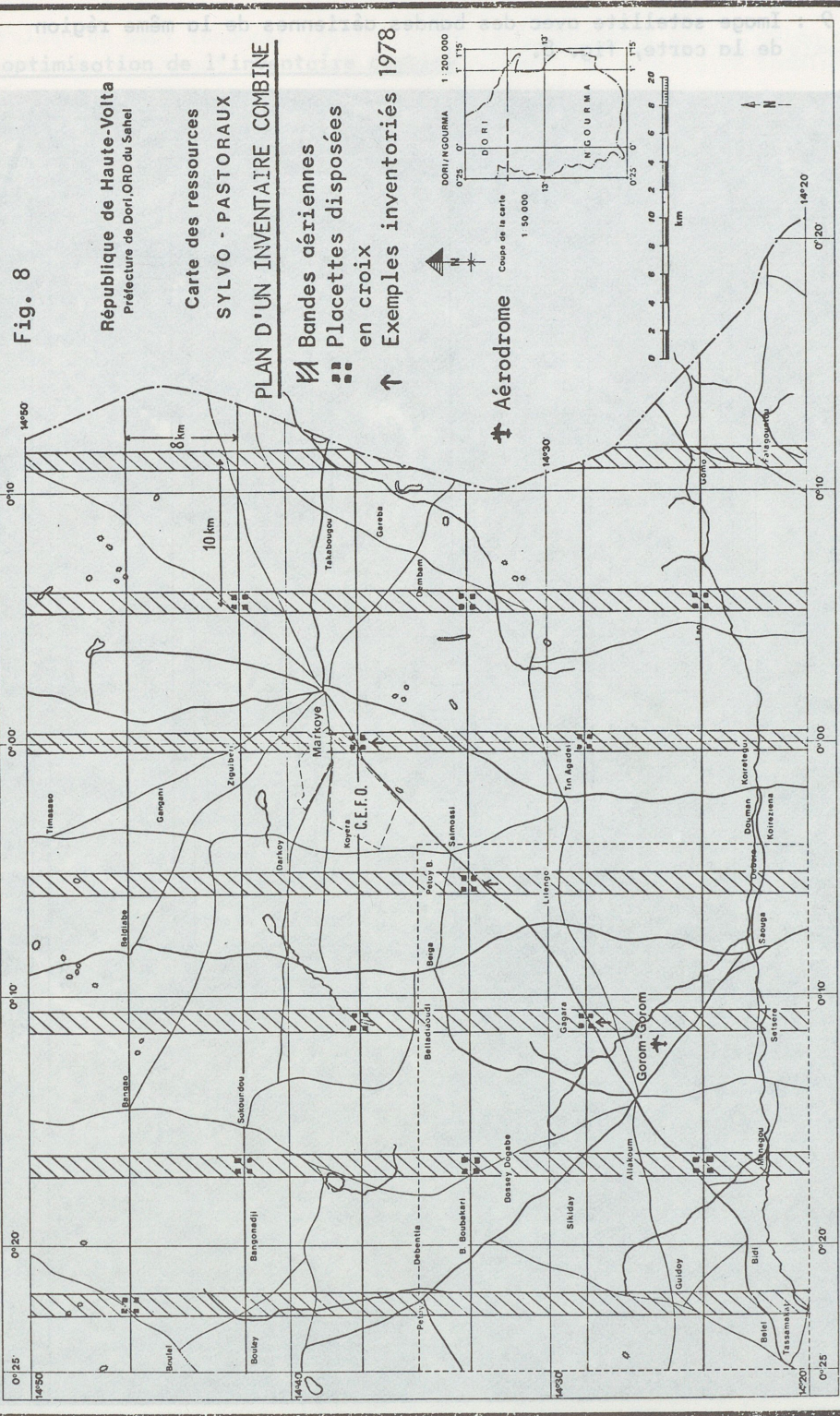
Fig. 8

République de Haute-Volta  
Préfecture de Dori, ORD du Sahel

Carte des ressources  
SYLVO - PASTORAUX

PLAN D'UN INVENTAIRE COMBINÉ

- ▨ Bandes aériennes
- Placettes disposées en croix
- ↑ Exemples inventoriés 1978

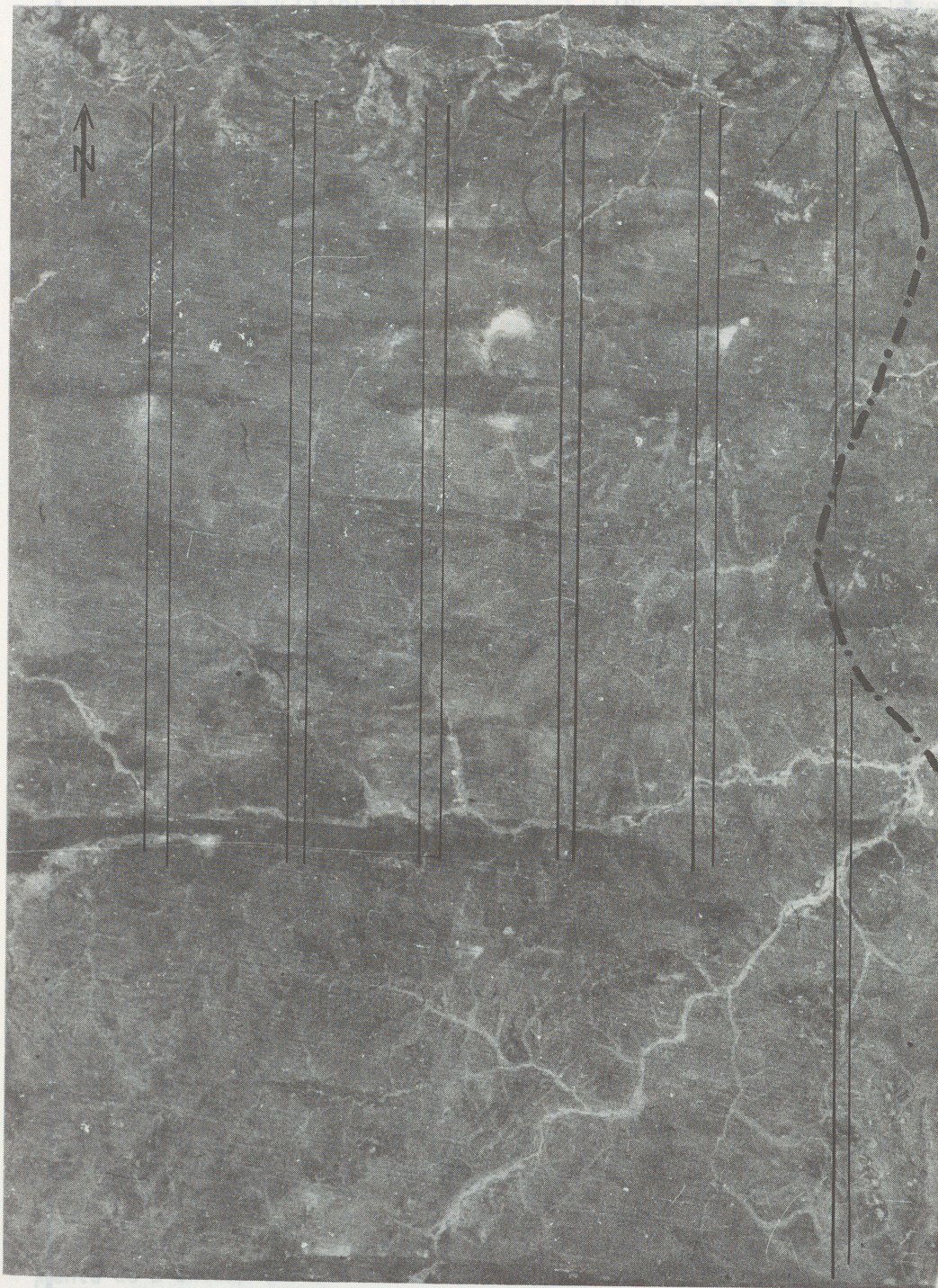


Bundesforschungsanstalt für Fernstudien, Institut für Fernstudien, Hamburg, Hamburg  
D 22611 Hamburg, M. Hauschowitzstr. 11

Quelle: I.E.M.V.T. 181



Fig. 9 : Image satellite avec des bandes aériennes de la même région de la carte, fig. 8.



L'optimisa

Pour l'opt  
d'échantil  
formule:

$$\begin{aligned} n_p &= \\ n_g &= \\ c_p &= \\ c_g &= \\ r &= \\ c_g/c_p &= \end{aligned}$$

Par exempl  
est de l'o  
d'après (1

L'estimati

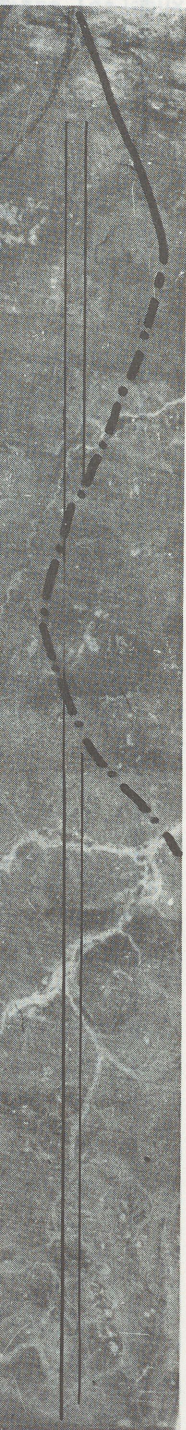
$$\begin{aligned} s_x \% \\ S \% \end{aligned}$$

Par exempl  
variation  
totale d'é

D'après le  
terrestres  
égal à 10

On calcule  
terrestre

Coût  
Inven  
- Coû  
- Coû



### L'optimisation de l'inventaire combiné

Pour l'optimisation de l'inventaire combiné la relation entre le nombre d'échantillons photogrammétriques et terrestres est obtenue par la formule:

$$n_p/n_g = (c_p (1 - r^2) / c_g r^2)^{0,5} \quad (1)$$

$n_p$  = nombre d'échantillons photogrammétriques

$n_g$  = nombre d'échantillons terrestres

$c_p$  = coût de l'échantillon photogrammétrique

$c_g$  = coût de l'échantillon terrestre

$r$  = coefficient de corrélation

$c_g/c_p = F$  = (coût facteur)

Par exemple pour calculer le coût, on considère que le rapport  $n_p/n_g$  est de l'ordre de 1/5 et le coefficient de corrélation est  $r = 0,90$ , d'après (1) on a:

$$n_p/n_g = (0,19 / 0,45)^{0,5} = 0,205.$$

L'estimation du nombre d'échantillons ( $N_{p,g}$ ) totale peut être obtenue:

$$N_{p,g} = s_x \%^2 / S \%^2 \quad (2)$$

$s_x \%$  = coefficient de variation

$S \%$  = erreur aléatoire de l'inventaire.

Par exemple pour un inventaire national, on estime le coefficient de variation à 100 % et l'erreur aléatoire à 1 %. D'après (2) le nombre totale d'échantillons est  $100^2 / 1^2 = 10\ 000$  ( $t = 1$ ).

D'après les formules (1) et (2) on obtient un nombre d'échantillons terrestres égal à 2050 et un nombre d'échantillons photogrammétriques égal à 10 000 pour un inventaire combiné.

On calcule l'économie de l'inventaire combiné par rapport à l'inventaire terrestre seulement sous photoaérienne de façon suivante:

Coût relatif de l'inventaire terrestre seulement  $N \cdot 5 = 50\ 000$

Inventaire combiné

- Coût des échantillons terrestres  $n_g \cdot 5 = 10\ 250$

- Coût des échantillons photogrammétriques  $n_p \cdot 1 = 10\ 000$

total 20 250

=====

Economie relative de l'inventaire combiné est:

$$(N \cdot F) - (n_p + (n_g \cdot F)) / (N \cdot F) \cdot 100 \quad (3)$$

on a:

$$(50\ 000 - 20\ 250) / (50\ 000) \cdot 100 = 60 \%$$

Dans ce cas on suppose, que l'exactitude des mesures photogrammétriques sont comparables avec une précision élevée à celles effectuées sur le terrain, et qu'il existe une bonne corrélation entre les données photogrammétriques et terrestres.

#### Un système "VHF-HOMING" pour la localisation des bandes aériennes

Avec la méthode d'inventaire mentionnée ci-dessus on peut appliquer un système "VHF-HOMING" pour la localisation des bandes aériennes à la base d'échantillonnage disposé sur les lignes de vol représentatives. En comparaison avec des systèmes conventionnels, le mode "VHF (very high frequency)" de mesure aérienne est modifié selon la disposition de l'émetteur placé dans l'avion et du récepteur situé au sol (Fig. 10, RHODY 81).

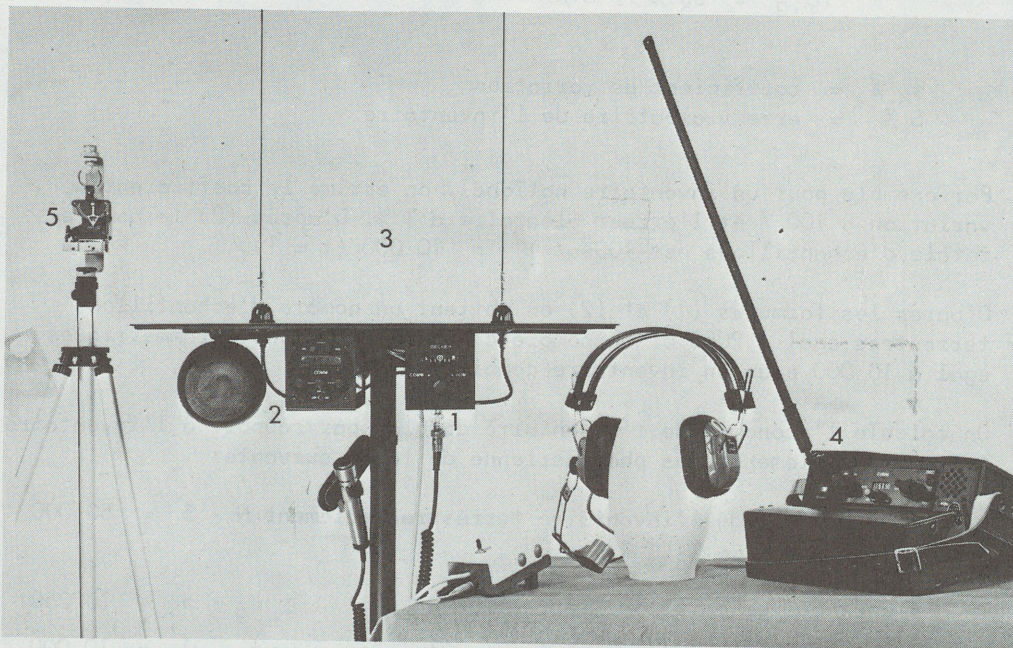


Fig. 10 1) le système "HOMING" 2) l'appareil émetteur-récepteur  
3) l'antenne bipolaire 4) l'émetteur dans l'avion  
5) le Compas précis

Puisqu'on  
personne  
dans ce c

La métho  
on peut  
bipolaire  
vol sera  
teur, su  
récepteur

Les posi  
de façon  
on dispos  
perpendic  
ximité d

L'essent  
les ligne  
(monitor

L'échant

Pour con  
qualité  
des plac  
période  
bois sur

Au sens  
permanen  
temporai  
une inter  
tion avec

Méthodes

On peut

1. Le mé  
diamè
2. On ap  
métho
3. On ut  
Relas  
de ce  
Le "T  
des a

Par une



Puisqu'on peut renoncer respectivement à l'opérateur dans l'avion et à la personne dirigeant les signalisations au sol, un inventaire combiné peut dans ce cas être rationnel.

(3) La méthode "VHF-HOMING" est très efficace pour l'inventaire combiné, car on peut déterminer à l'avance les lignes de vol à l'aide d'une antenne bipolaire ajustée au moyen d'un compas précis. La dérive de la ligne de vol sera matérialisée par l'indicateur de l'appareil "HOMING". L'opérateur, sur le terrain, dirige le pilote à l'aide d'un appareil émetteur-récepteur.

Les positions de station "HOMING" sont rassemblées en groupes dispersés de façon aléatoires dans des grilles (Cluster) de la carte. En ces endroits, on dispose de deux lignes de vol, de 1 - 10 km de long, qui se croisent perpendiculairement. Les contrôles sur le terrain sont concentrés à proximité du centre de la croix.

L'essentiel de cette méthode "VHF-HOMING" est, que les lignes de vol et les lignes de l'inventaire terrestre coïncident au lieu où un suivi (monitoring) de ressources naturelles renouvelables est effectué.

#### L'échantillonnage permanent ("monitoring")

Pour connaître les variations des peuplements (ex. volumes, accroissement, qualité de bois) il faut fixer les repères des prises d'échantillons et des placettes sur le terrain. On peut constater pendant une certaine période, de 10 à 20 ans, le changement dans la production en volume de bois sur pied, et contrôler cette production par l'inventaire successif.

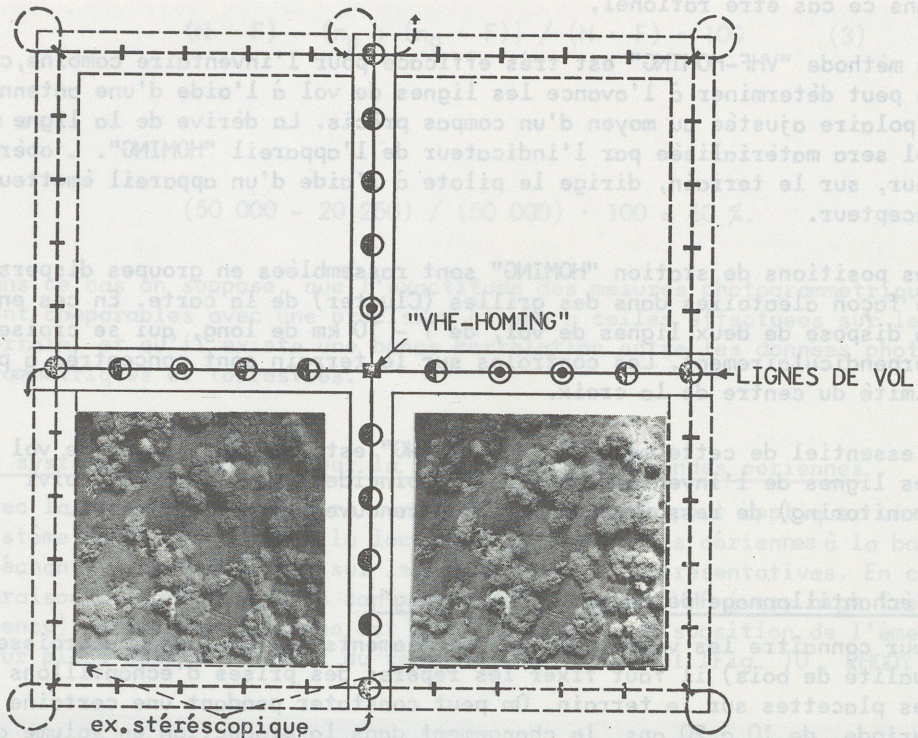
Au sens du "Continuous Forest Inventory (CFI)", 20 à 50 % des placettes permanentes, et durant les années suivantes on prélèvera des placettes temporaires. Sur les photoaériennes, les placettes temporaires exigent une interprétation stéréoscopique et les placettes permanentes une élévation avec un restituteur photogrammétrique.

#### Méthodes d'échantillonnage

On peut appliquer trois méthodes d'échantillonnage:

1. La méthode la plus utilisée est celle du cercle avec différents diamètres concentrés par ex. pour la stratification (Fig 11).
2. On applique aussi la méthode sur un bloc en carrés "tract" ou la méthode sur des échantillonnages disposés en croix (Fig. 12).
3. On utilise, en outre, des échantillons variables avec un "Télé-Relascope de BITTERLICH". Cet instrument permet la délimitation de cercles d'échantillonnage selon la méthode de comptage des angles. Le "Télé-Relascope" sert aussi à mesurer le diamètre et la hauteur des arbres sur pied (Fig. 13).

FIG. 12 ECHANTILLONNAGE DISPOSE EN CROIX






-  ECHANTILLONS PHOTOGRAMMETRIQUES
-  CONTRÔLE (ALEATOIRE) SUR LE TERRAIN
-  BANDES AERIENNES

FIG. 11 CERCLES CONCENTRIQUES POUR CLASSES DES DIAMETRES DIFFERANTS

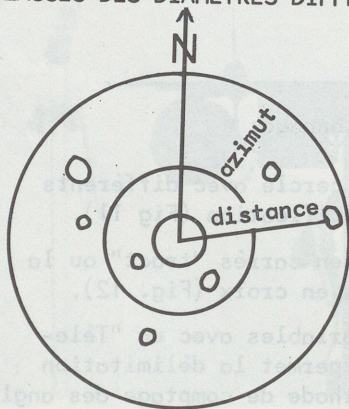
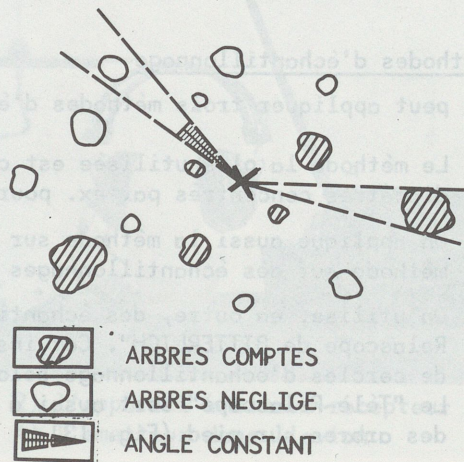


FIG. 13 ECHANTILLONNAGE SELON DE LA METHODE DE COMPTAGE DES ANGLES



Evaluati

La photo mentionné la quali à l'aide trique,



Fig. 14

Par cett portion

Applicat

La métho

- L'esse avec u
- L'orga
- L'inve supplé

La métho naturel avec pré

Par une

### Evaluation des photos aériennes

La photos aériennes à petits formats, obtenues dans les conditions mentionnées, serviront dans l'interprétation stéréoscopique à estimer la qualité des peuplements et dans la restitution photogrammétrique à l'aide des modèles stéréoscopiques avec un restituteur photogrammétrique, à mesurer le diamètre des couronnes la hauteur.

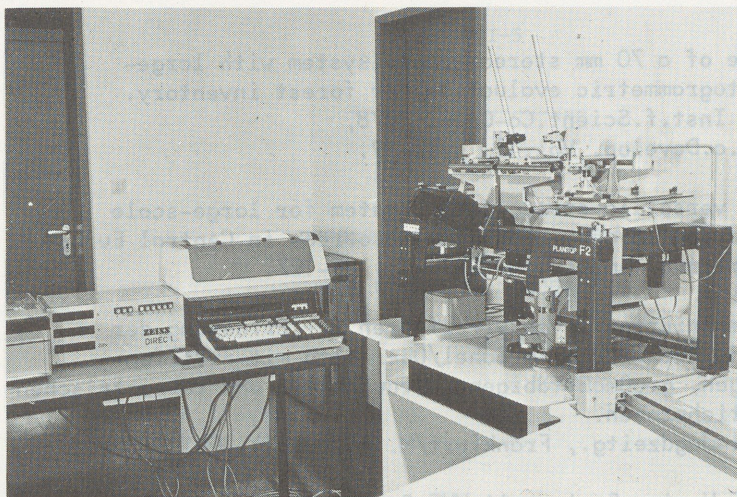


Fig. 14 Stéréorestituteur avec un système d'acquisition de données

Par cette donnée photogrammétrique et une vérification d'une petite portion sur le terrain on peut déterminer le volume sur pied.

### Application de l'inventaire combiné

La méthode combinée présente les avantages suivants:

- L'essentiel du travail de l'inventaire se situe au niveau aérien avec un minimum de contrôle terrestre.
- L'organisation logistique, la planification et le coût sont modestes.
- L'inventaire combiné est une méthode individuelle, intégrable en supplément à d'autres procédés techniques.

La méthode combinée fournit des chiffres exacts sur les ressources naturelles renouvelables. Sur les bandes photo-aériennes on reconnaît avec précision l'état et la structure des forêts.

Par une application rationnelle et moderne de la méthode combinée avec

échantillonnage photogrammétrique et des placettes permanentes et temporaires (les dernières sont à plus bon marché) on peut déterminer la fixation et le contrôle de la production (monitoring) et estimer la qualité du peuplement, l'accroissement et le volume sur pied.

#### LITERATURE

- RHODY, B.: The use of a 70 mm stereo-camera system with large-scale photogrammetric evaluation for forest inventory. Tübingen: Inst.f.Scient.Co-Oper. 1978, =Appl.Sci.a.Develop. Vol.11, p.78-89.
- RHODY, B.: A new, versatile stereo-camerasystem for large-scale helicopter photography of forest resources in Central Europe. Photogrammetria, Amsterdam 32(1977), 183-197.
- RHODY, B.: Ein kombiniertes Inventurverfahren zur Erfassung der natürlichen Ressourcen im Sahel/Obervolta mit Streifenbefliegungen, großmaßstäbigen Luftaufnahmen und terrestrischen Kontrollstichproben. Allg.Forst-Jagdzeitg., Frankfurt/M. 152(1981), 10, 195-200.
- RHODY, B.: Ein VHF-Homing-System mit VHF-Sprechfunk für flächenrepräsentative Streifenbefliegungen mit 70 mm und 35 mm Kameras von leichten Flugzeugen im Rahmen kombinierter Waldinventuren. Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe 49(1981), 6, 199-203.