

APPORT DE LA TELEDETECTION  
SPATIALE ET DE L'AUCORRELATION OPTIQUE  
A L'ETUDE DE LA DISTRIBUTION  
D'INDICES Sn-W DE LA PROVINCE  
DE ZAMORA

PAR

B. MARCONNET \*, Cl. GAGNY \*, P. LEYMARIE \*\*, L. SANTIAGO \*\*\*,  
G. SERVAJEAN \*\*\* et F. VALENCHON \*\*

Dans le cadre d'une étude de la distribution des indices à étain et tungstène de la province de Zamora (Espagne), nous avons été amenés à utiliser deux méthodes nouvelles: la télédétection spatiale et l'auto-corrélation optique. Cette étude a été effectuée dans une zone, située à l'ouest de la ville de Zamora, comprenant les districts Sn-W d'Arcillera, Villadepera, Pereruela et Zafara (carte géologique de l'IGME au 1/200.000, n.º 28) (Fig. 1).

De manière très succincte, la géologie de cette région comprend:

- Des séries métamorphiques cambro-ordoviciennes à siluriennes. Ce sont notamment les séries de Villadepera (J. L. QUIROGA, 1977) et celles du synclinal d'Alcañices (E. MARTINEZ GARCIA, 1973). Globalement, pour ces ensembles, les orientations de la schistosité et l'allongement des grandes structures sont proches de la direction N 115° E.
- Le massif granitique à deux micas de Muelas-Fonfría. L'orientation interne de ce massif, observé sur les micas, est en moyenne à N 125° E.
- Le massif granitique à deux micas de Sayago.

L'étude par télédétection spatiale a été faite à partir de photographies de cette région prises par le satellite LANDSAT 2. Cela a con-

\* Laboratoire de Géologie Régionale-Pétrologie Structurale, Université de Nancy I, C.O. 140 Nancy Cedex.

\*\* Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Natures (CTAMN), Ecole nationale supérieure des Mines, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne.

\*\*\* Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya-España-ATP Télédétection, CNES-CNRS.

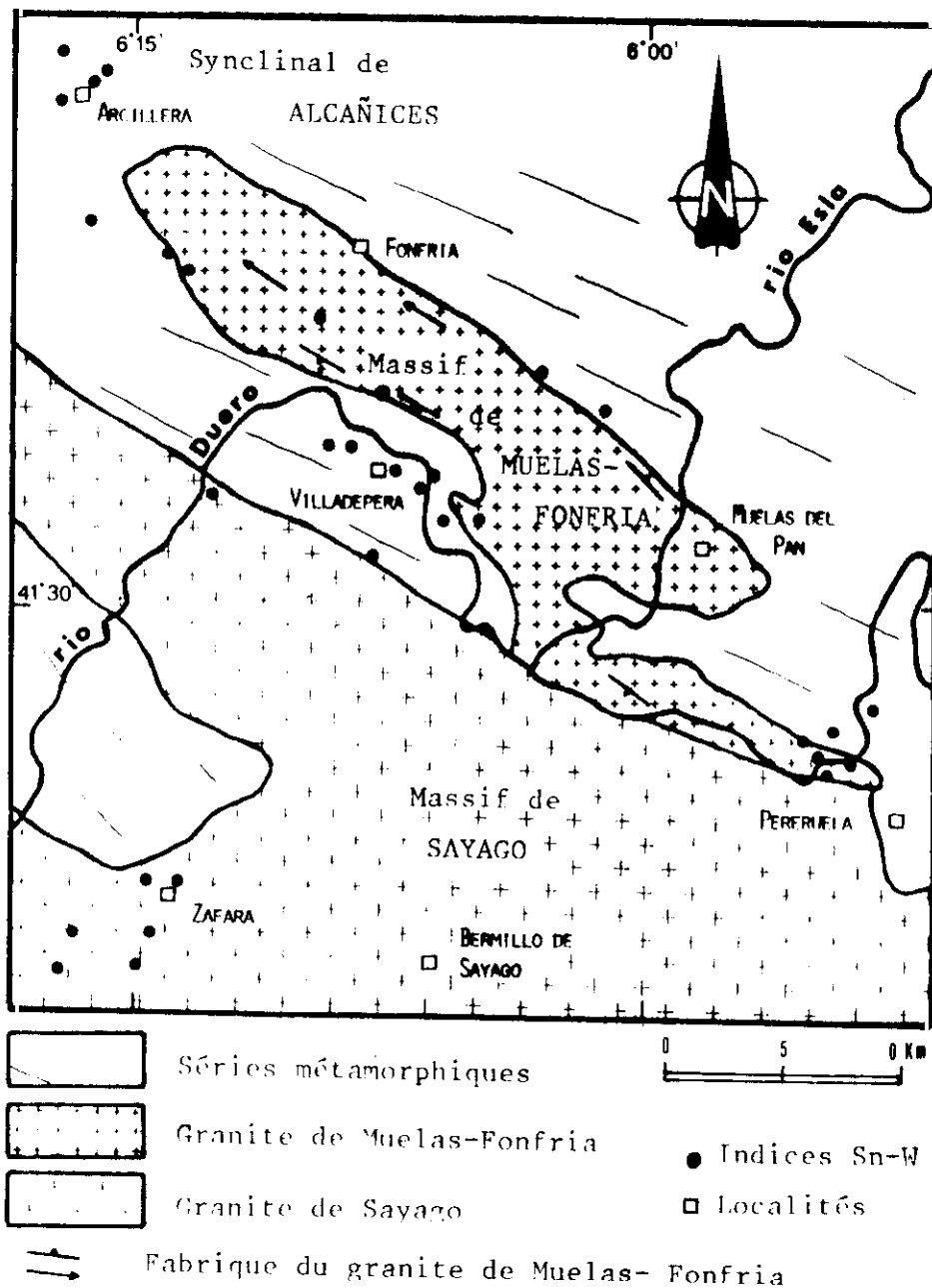


FIG. 1.—Cadre régional de l'étude de télédétection spatiale et d'autocorrélation optique.

sisté, pour l'objectif de cette note, à relever tous les éléments linéaires visibles. Nous avons obtenu un réseau extrêmement dense comprenant trois directions principales (Fig. 2a et b):

- N 40° à 70° E.
- N 110° à 130° E correspondant à l'orientation de la chaîne hercynienne (les grands structures métamorphiques d'une part et le granite de Muelas-Fonfría d'autre part).
- N 140° à 160° E.

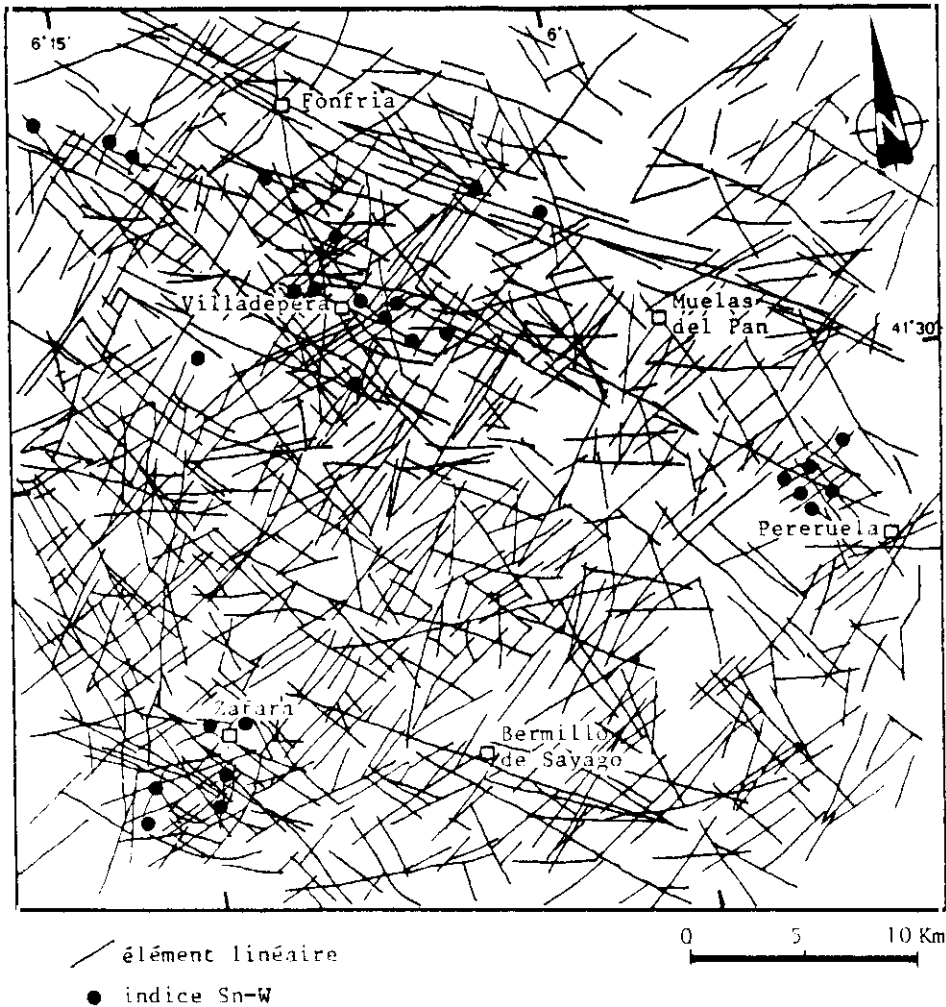


FIG. 2a.—Interprétation photosatellite; trame dense.

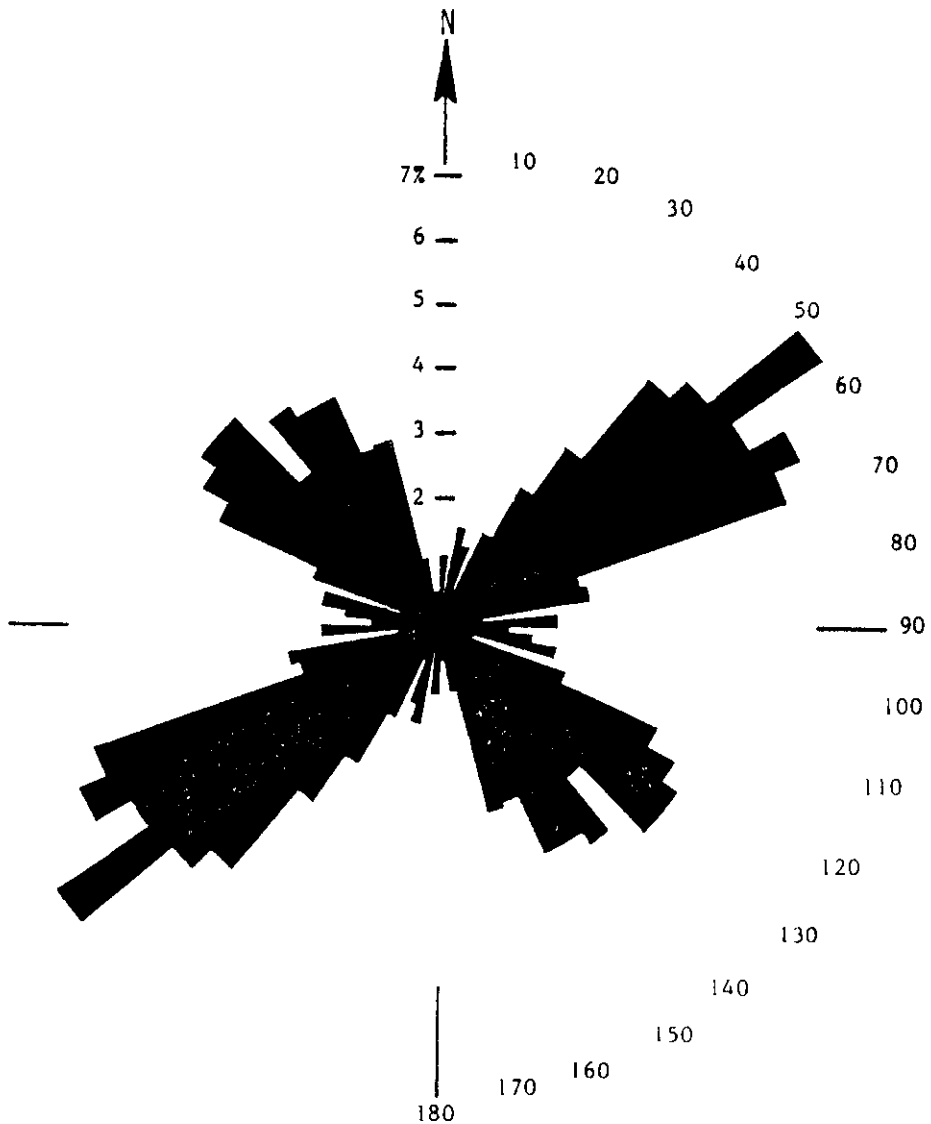


FIG. 2b.—Rosace d'orientation de l'interprétation photo-satellite (872 mesures).

Nous pouvons néanmoins constater que ces structures linéaires ont tendance à s'organiser en faisceaux ou alignements de forte densité suivant les trois directions principales. Ceci peut être mis en évidence par la sélection de classes d'orientation comme, par exemple, la classe d'orientation de N 40° à 50° E (Fig. 3).

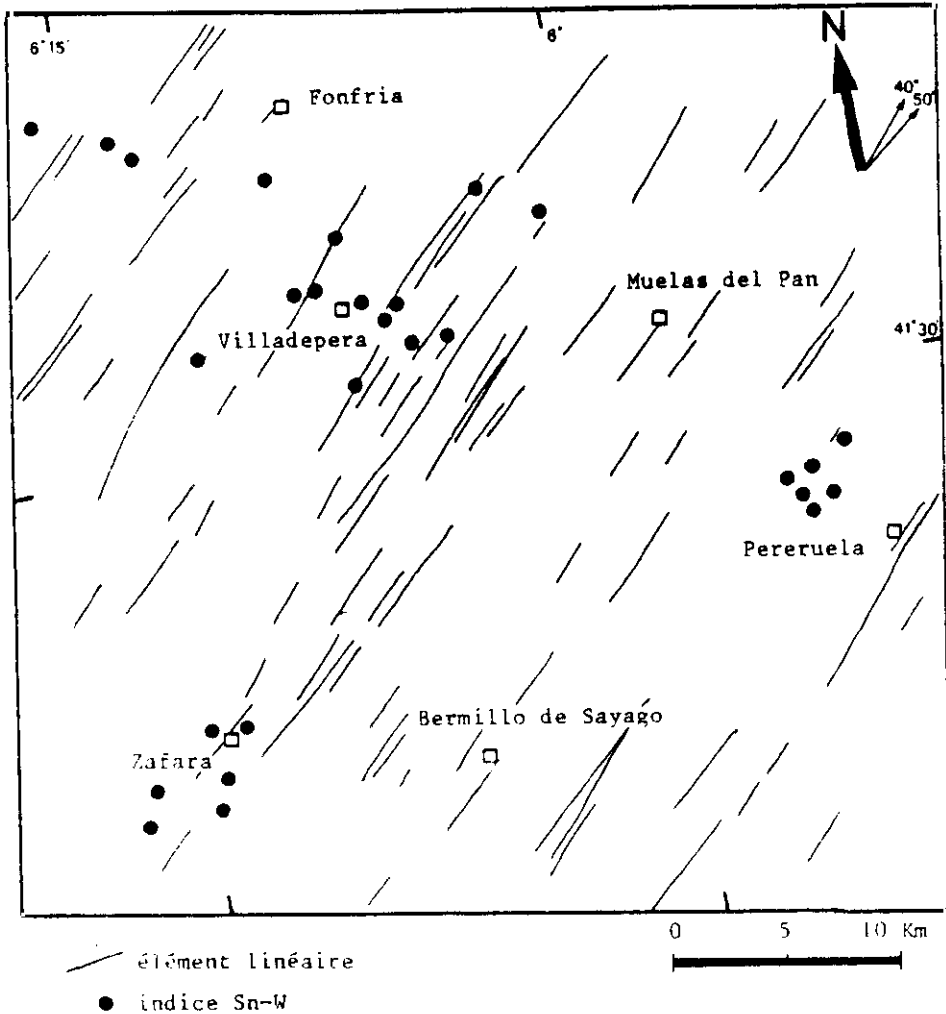


FIG. 3.—Interprétation photosatellite: classe d'orientation de N 40° E à N 50° E.

Les intersections de ces alignements entre eux définissent des zones de plus forte «densité d'intersection». De manière à quantifier ceci, nous avons fait une carte d'insodensité des intersections des éléments linéaires. Ceci peut être considéré comme une visualisation des noeuds du réseau linéaire (Fig. 4).

Ces zones à forte densité de noeuds sont donc privilégiées par leur degré de fracturation à l'échelle des linéaments visibles en photographie satellite.

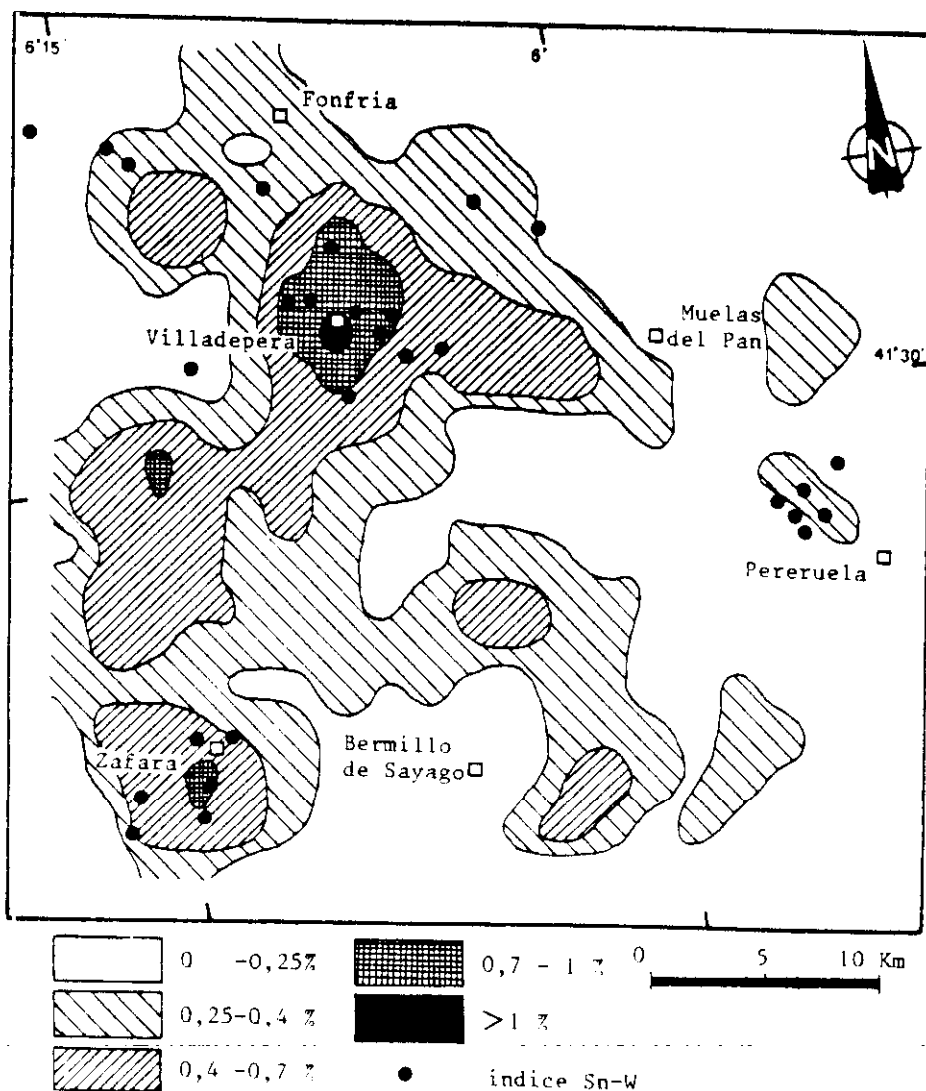


FIG. 4.—Isodensité des intersections de linéaments.

La comparaison avec le relevé, sur ces mêmes photographies satellites, des structures circulaires montre une corrélation assez bonne entre ces deux cartes. De même, si on les compare à la carte des indices, nous avons une nette convergence de ces trois éléments dans les mêmes zones géographiques (Fig. 5). Ainsi, une prospection pourrait être menée dans les zones sans indices connus mais qui présentent un fort degré de fracturation et des structures circulaires.

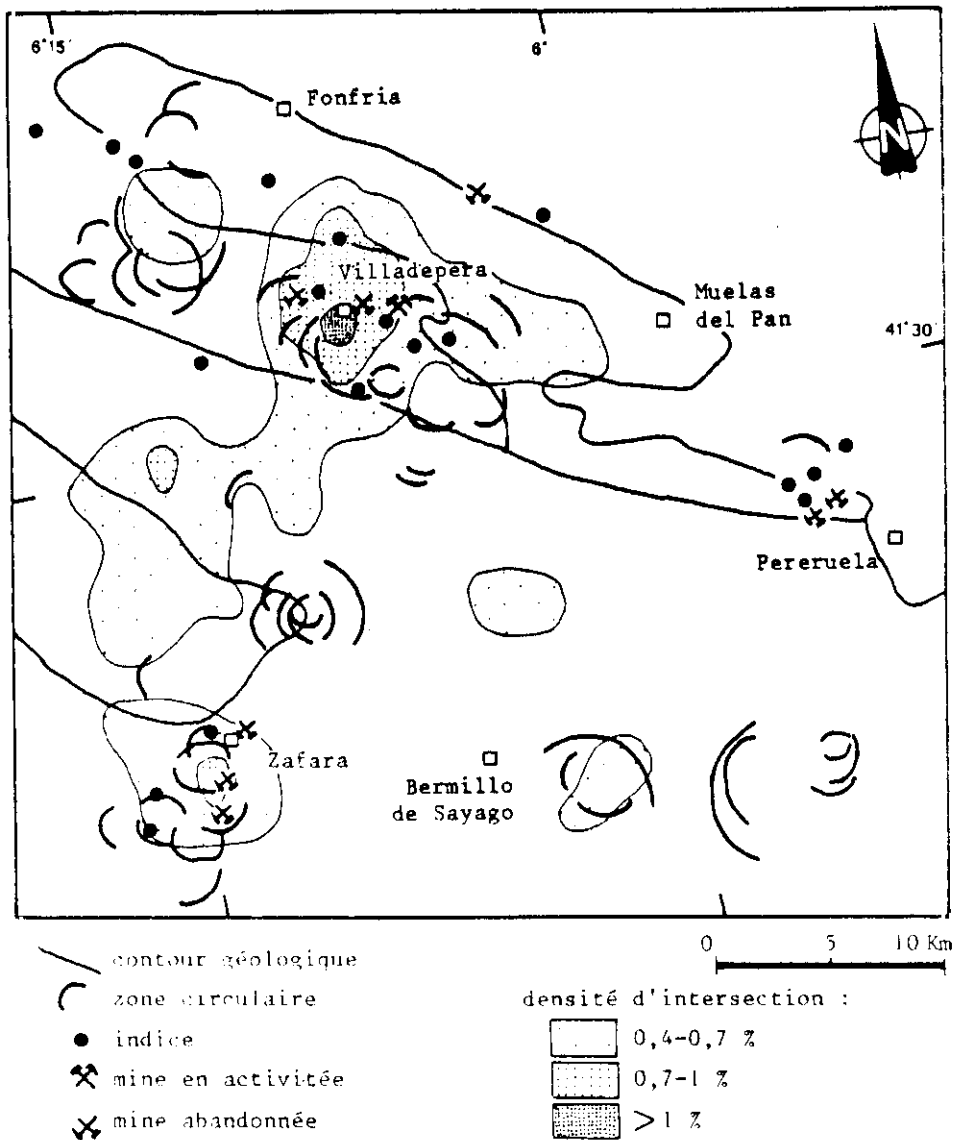


FIG. 5.—Corrélation entre les structures circulaires, les indices et les zones de forte densité de fracturation.

Pour confirmer ceci, nous avons procédé à une autocorrélation optique de la carte des indices. Cela consiste à impressionner un film sensible par la lumière traversant deux négatifs représentant chacun la carte des indices selon un montage optique particulier ( LEYMA-

RIE, 1968) (Fig. 6). Le résultat obtenu permet de souligner de manière plus évidente les directions provoquées par l'agencement des indices entre eux en visualisant leurs alignements. Ce traitement est de plus totalement indépendant du précédent.

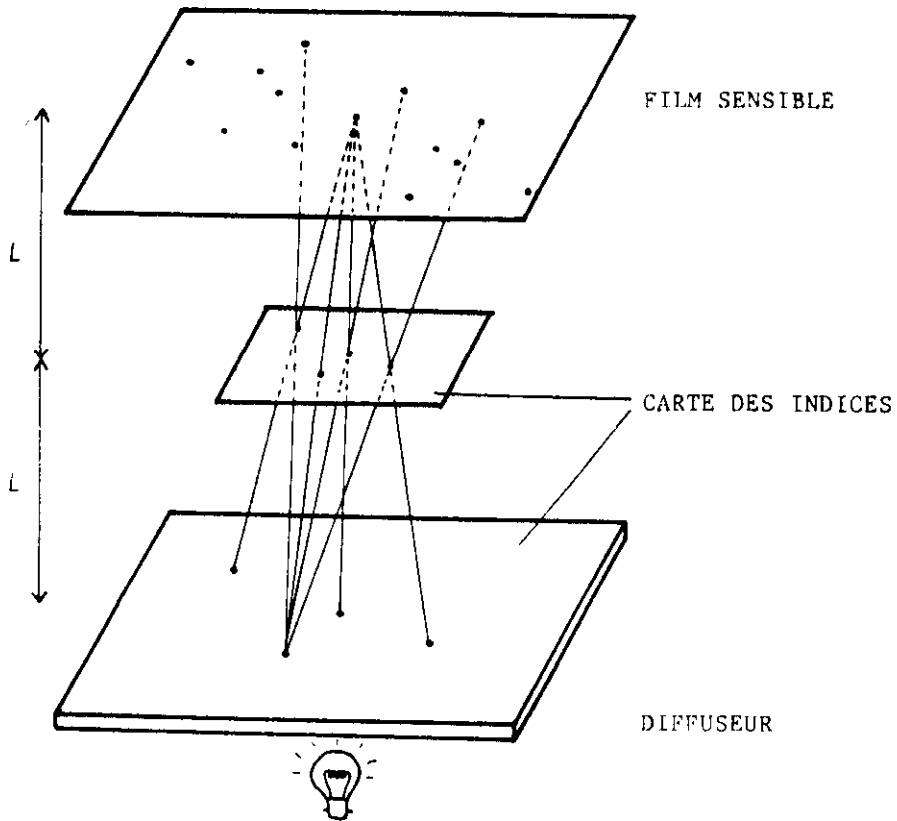


FIG. 6.—Principe de l'autocorrélation optique (appareil de ROBERTSON).

La nuage de point obtenu (Planche I) montre quatre directions principales:

- Direction générale à N 130° E (orientation du granite de Muelas-Fonfría).
- Direction à N 115° E (orientation des structures métamorphiques à ce niveau de la virgation hercynienne).
- Direction à N 50° E.
- Direction à N 145° E.



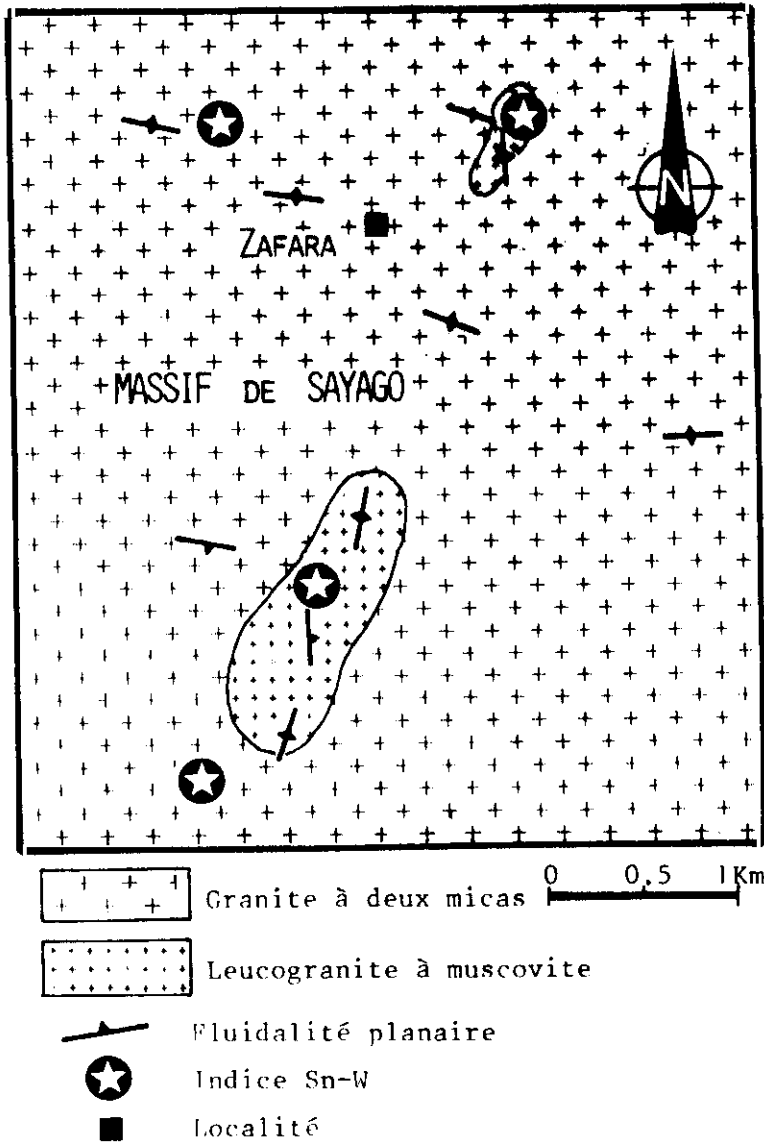


FIG. 7.—Intrusión leucogranítica dans le massif de Sayago.

Nous avons bien la confirmation de l'importance du contrôle métallogénique des différents faisceaux vus en télédétection spatiale et donc de leurs points de convergence.

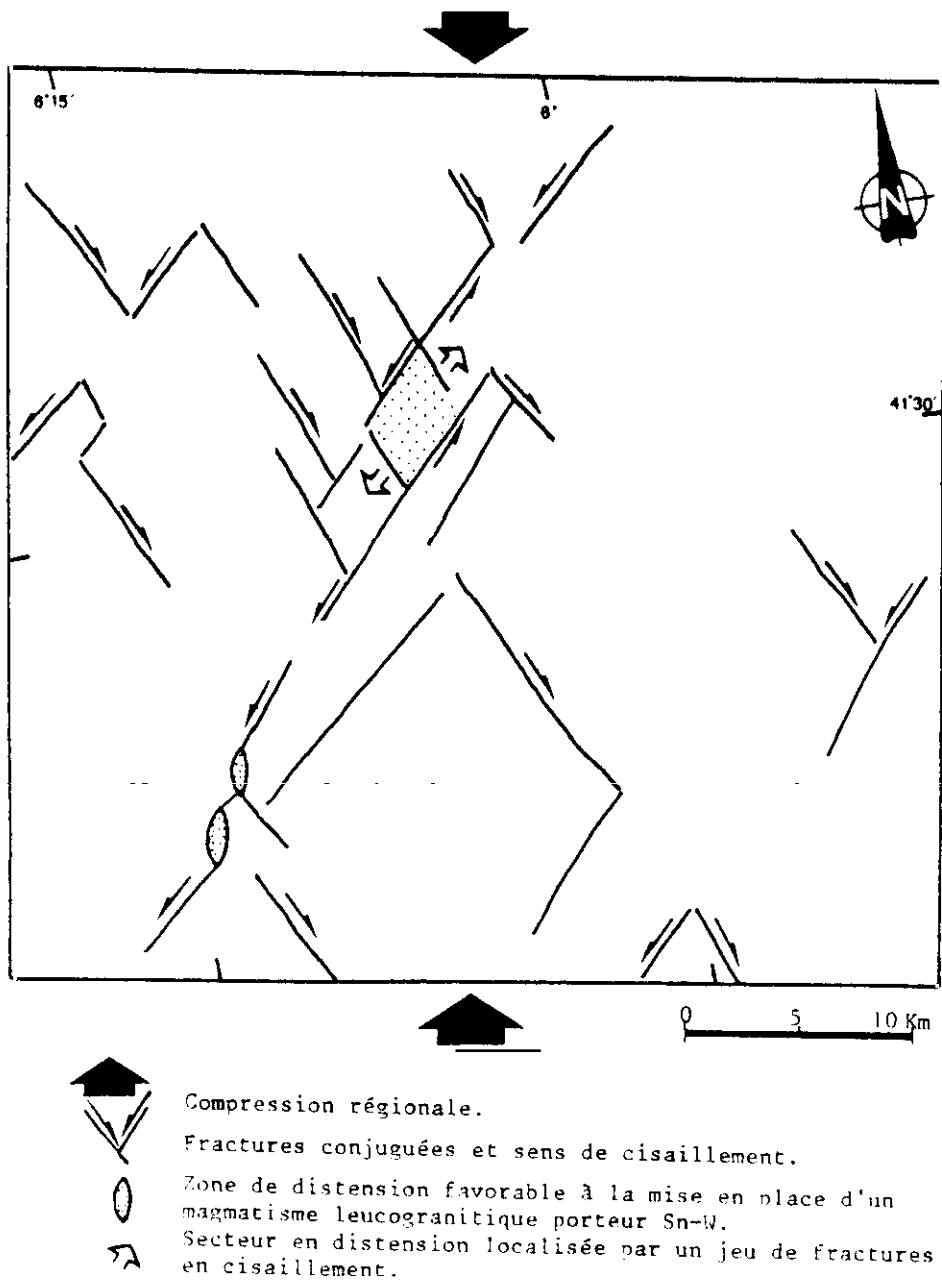


FIG. 8.—Modèle en compression et ouvertures contrôlées.

D'une part, la distribution des indices est donc contrôlée par une intensité de fracturation définie par les intersections des faisceaux de linéaments et la présence de structures circulaires. D'autre part, nous savons que ces indices sont liés à un magmatisme leucogranitique localisé. Que cela soit:

- à Villadepera (PIERREL et al, ce volume);
- à Arcillera;
- à Pereruela;
- à Zafara où ces leucogranites ont une position bien particulière.

Ainsi, à l'intérieur d'un granite à deux micas orienté à N 100° E, il y a de petites intrusions allongées perpendiculairement à l'orientation du granite encaissant. Ces intrusions tardives sont des leucogranites à muscovite d'orientation à N 0° à 10° E (Fig. 7).

Nous sommes amenés à admettre la liaison entre l'intensité d'un type de fracturation et la présence de leucogranites porteurs de minéralisation.

Ceci nous conduit à l'hypothèse suivante, illustrée dans la région étudiée: Lors de la phase compressive ayant provoqué, à l'intérieur de la chaîne hercynienne, un cisaillement et la mise en place de granites orientés suivant l'orientation de la virgation hercynienne (BLANCHARD et COTTARD, 1979; COTTARD, 1981), il y a eu apparition d'un système de fractures conjuguées engendrées par cette compression (ici, N 50° E et N 150° E principalement).

C'est ce système de fracturation qui a permis, aux endroits les plus fragiles, la mise en place de magma leucogranitique tardif, porteur de la minéralisation Sn-W. Soit par un phénomène de distension à la faveur de fractures en cisaillement (QUENNELL, 1958; CLAYTON, 1966); soit par des ouvertures en fentes de tension comme peut s'interpréter le site de Zafara (SHAW, 1980) (Fig. 8).

En conclusion et pour ce secteur de la virgation hercynienne, il nous apparaît que les granites linéamentaires orientés, tel celui de Muelas-Fonfría, bien que disposés suivant l'orientation de la chaîne hercynienne à la faveur de grandes fractures crustales, n'ont pas eu un rôle primordial important pour l'étain-tungstène. Ils peuvent néanmoins représenter des granites «précurseurs». Ce n'est qu'à la faveur d'un système de fracturation transverse, que des leucogranites porteurs de minéralisation plus tardifs se mettent en place et sont responsables de la genèse de concentrations métallogéniques d'étain et de tungstène plus importantes.

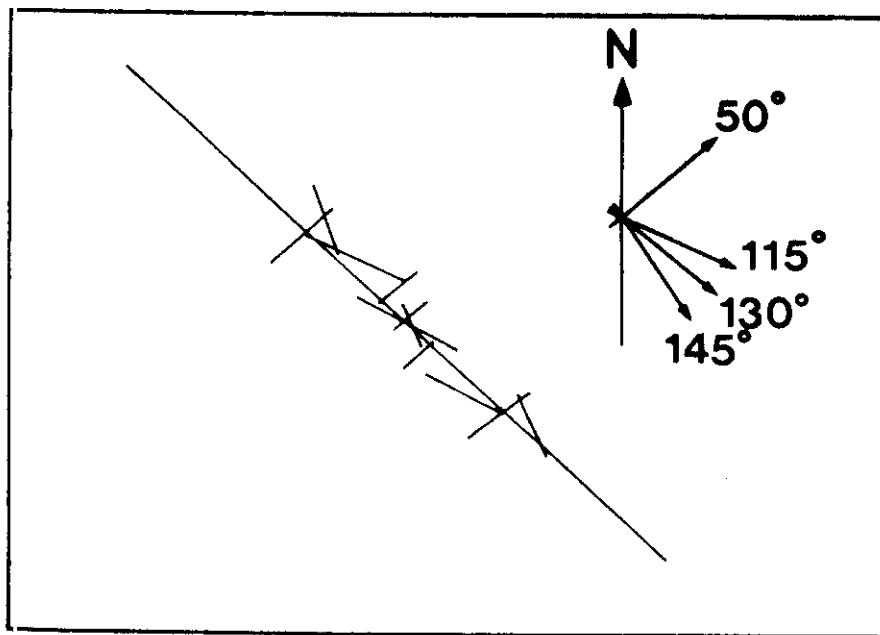
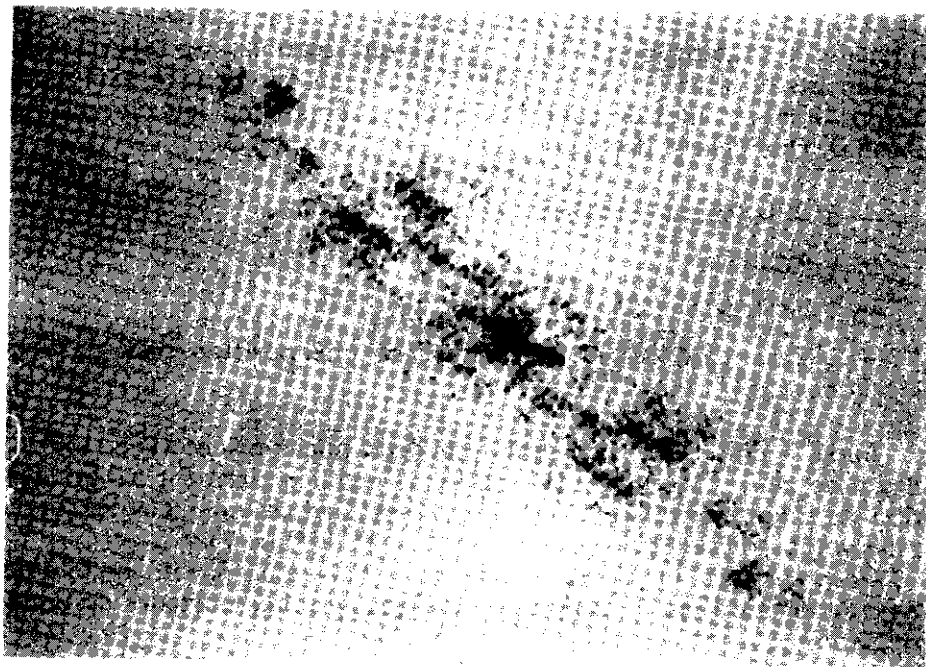


PLANCHE I.—Cliché-résultat de l'autocorrélation optique et orientation moyenne des principales directions mises en évidence.

## BIBLIOGRAPHIE

- BLANCHARD, J. Ph., et COTTARD, F., avec la collaboration de ARRIBAS, A.; GAGNY, Cl.; OVEREJO, G.; SANTIAGO, L., et SERVAJEAN, G. (1979): «Hypothèse de deux poinçonnements successifs dans le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique. Conséquence sur l'organisation des gisements d'Étain-Tungstène-Molybdène». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 189, série D, 17-19.
- CLAYTON, L. S. (1966): «Tectonic depressions along the Hope Fault, a transcurrent fault in Northern Canterbury, New Zealand». *J. Geol. Geophys.*, 9, n.º 1-2, 95-104.
- COTTARD, F. (1981): «Mise en évidence par l'autocorrélation optique et l'interprétation photosatellite de guides structuraux ayant présidé à la répartition des gîtes d'Étain et de Tungstène dans le NW de la Péninsule Ibérique». *Soc. Géol. France* (sous presse).
- LEYMARIE, P. (1968): «Une méthode permettant de mettre en évidence le caractère ordonné de la distribution de certains gîtes minéraux. Application aux gisements du Massif Central Français». *Mineral. Deposita*, 3, 334-343.
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. (1973): «Deformación y metamorfismo en la zona de Sanabria (provincias de Zamora, León y Orense, NW de España). *Stud. Geol.*, V, 7-106.
- PIERREL, L.; GAGNY, Cl.; HERMOSA, J. L., et SERVAJEAN, G. (1982): «La Mina Dorinda: un exemple de minéralisations filoniennes en terrain métamorphique liées à un magmatisme leucogranitique» (ce volume).
- QUENNEL, A. M. (1958): «The structural and geomorphic evolution of the Dead Sea Rift». *Geol. Soc. London Quart. Journ.*, vol. 114, n.º 1, 1-24.
- QUIROGA, J. L. (1977): «Sobre el "Ollo de Sapo" de Villadepera (Zamora) y su relación con el de Miranda do Douro». *Stud. Geol.*, XII, 161-167.
- SHAW, H. R. (1980): «The fracture mechanisms of magma transport from the mantle to the surface», in *Physics of magmatic processes*, Princeton University Press, pp. 201-264.