Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 80 (1990-1991)

Heft: 1

Artikel: Étude par polarisation spontanée du gisement aurifère d'Astano (Malcantone, Tessin)

Autor: Gex, Pierre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-279553

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BULL. SOC. VAUD. SC. NAT. 80.1, 1990: 99-112

BULLETIN N° 307 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

Etude par polarisation spontanée du gisement aurifère d'Astano (Malcantone, Tessin)

PAR

PIERRE GEX[1]

Résumé.–GEX P., 1990. Etude par polarisation spontanée du gisement aurifère d'Astano (Malcantone, Tessin). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 80.1*: 99-112.
Le gîte aurifère d'Astano (TI), exploité sporadiquement dès le milieu du siècle dernier, se caractérise par une paragenèse complexe à arsénopyrite, pyrite, galène et blende, favorable à une prospection par polarisation spontanée (P.S.). Le corps du gisement est formé d'une zone mylonitisée associée à une faille importante affectant une série gneissique à fort pendage, minéralisée irrégulièrement sur une distance d'environ 1 km. Des niveaux graphiteux accompagnent également la minéralisation et contribuent à la création d'importantes anomalies de potentiels spontanés. Après l'interprétation qualitative des résultats présentés sous forme d'une carte équipotentielle et de profils, une interprétation quantitative (profondeurs et pendages) est tentée pour la partie centrale du gîte. Les paramètres trouvés semblent en accord avec les structures connues par l'exploitation ancienne. La méthode P.S., traditionnellement qualitative, permet ainsi, sous certaines conditions, d'apporter d'utiles compléments semi-quantitatifs.

Abstract.–GEX P., 1990. Self-potential study of the Astano gold deposit (Switzerland). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 80.1*: 99-112.
The gold deposit of Astano (Ticino, Switzerland) shows complex mineralization with arsenopyrite, galena and sphalerite. The ore is located in a shear zone with graphitic shales associated with a major fault in the gneissic Ceneri Zone. In this petrographic context, strong self-potential anomalies are generated. Qualitative measurement results are given in form of an equipotential map and potential profiles. Quantitative interpretation is also attempted. Depth and dip of the deduced mineralized zone are in good agreement with mining data. Under certain conditions, the self-potential method can thus provide useful semi-quantitative indications.

[1]Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

INTRODUCTION ET SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La région du Malcantone s'étend à environ 10 km à l'W de Lugano entre la frontière italo-suisse et le val d'Agno (fig. 1). Cette zone est bordée au sud par la Tresa, exutoire du Lac de Lugano vers le Lac Majeur situé lui-même 80 m plus bas.

Dans la région, la découverte de gisements d'or et d'autres métaux semble déjà dater de la fin du XVIIIe siècle. Au siècle suivant, de nombreuses petites découvertes entretiennent une activité de recherche sans aboutir à de véritables exploitations suivies. On peut signaler par exemple les indices de minéralisation de Miglieglia, Ponte Aranno, Firinescio, Purasca, etc. On trouvera dans KÖPPEL (1966) l'étude détaillée des minéralisations de l'ensemble du Malcantone.

Le gîte d'Astano, situé au SW de la zone, sur la rive droite de la rivière Lisora, s'étend avec une orientation NW–SE sur environ 1 km en face du village du même nom. Les anciens travaux se localisent au SE de notre zone au lieu-dit Bolle, à proximité du hameau de La Costa. Ce n'est qu'en 1856 qu'eurent lieu les premiers travaux sur le site, consistant en galeries et tranchées de recherche. Après de nombreux projets mis sur pied et tour à tour modifiés et abandonnés au gré des promoteurs, ce n'est qu'en 1935 que commencèrent sérieusement les opérations... bientôt interrompues en 1939 par l'occupation de la Belgique où était expédié le minerai pour traitement. LAUERI (1985) a consacré une petite étude aux vicissitudes de la Société des Mines d'Astano. Après la deuxième guerre mondiale, on procéda à quelques

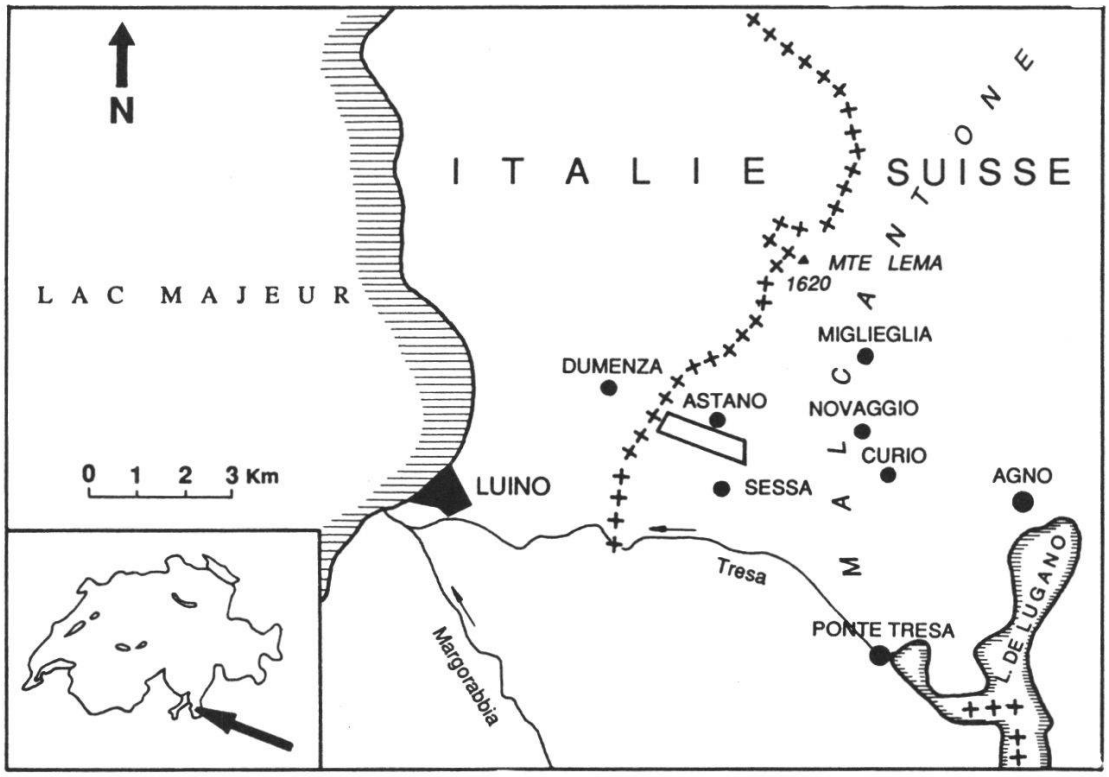


Figure 1.–Carte de situation du gisement aurifère d'Astano.

travaux d'entretien sans risquer les investissements nécessaires à une évaluation sérieuse du gisement. En 1961 une campagne de géophysique eut lieu, par polarisation spontanée notamment, dont les résultats sont demeurés confidentiels et sans suite. Ce n'est que ces dernières années qu'une société étrangère a entrepris une étude complète du site qui devrait se concrétiser prochainement par une campagne de forages.

APERÇU GÉOLOGIQUE

Le terrain étudié est constitué d'un ensemble de gneiss très variés appartenant au socle cristallin d'âge anté-permien de la Zone du Ceneri. Quelques affleurements d'amphibolites se rencontrent également, notamment dans la partie E du gisement. On peut noter encore çà et là quelques petits filons acides ou basiques de composition variée et d'extension limitée. Dans le détail, les relations des diverses roches entre elles sont peu visibles du fait de la couverture morainique qui masque la plus grande partie du terrain. Lors d'une exploration entreprise par DU BOIS (1931), plusieurs tranchées ont dû être abandonnées avant d'atteindre la roche à cause de l'épaisseur du Quaternaire.

La tectonique de la région se caractérise par plusieurs failles parallèles importantes, d'orientation E–W, comme celles de Galbirona, de Sessa et du Sceretto. La minéralisation d'Astano est liée à cette dernière dont le plan plonge fortement vers le S.

MINÉRALISATION

Le minerai occupe irrégulièrement une zone mylonitisée associée à la faille de Sceretto et se compose essentiellement de pyrite, de mispickel, accompagnés de galène et de blende. La chalcopyrite et la pyrrhotine sont rares. L'or se présente essentiellement en inclusions microscopiques dans la pyrite et la blende. D'après KÖPPEL (1966), la teneur en or est généralement élevée lorsque les quatre sulfures principaux décrits sont présents ensemble. Lorsque blende et galène dominent ou se présentent seules, la teneur en or est faible. D'après BURFORD (1933), les teneurs en or des différentes catégories de minerais concentrés (mispickel et quartz, sulfures mélangés et quartz, etc.) s'échelonnent entre 6 et 86 g/t.

La roche encaissante est généralement un gneiss à muscovite fortement séricitisé avec ankérite et quartz. Les schistes graphiteux sont fréquents dans la zone broyée de la faille, que celle-ci soit minéralisée ou non. Ces schistes noirs peuvent aussi être aurifères, mais leur traitement semble poser des problèmes techniques, du moins à l'époque de l'étude de DU BOIS (1931).

Quelques rapports inédits conservés aux Archives géologiques suisses à Berne permettent de se faire une idée sommaire du minerai extrait et des réserves estimées par les études de l'époque. CADISCH *et al.* (1942) estiment à 10 000 t de minerai le contenu de la mine dont on pourrait extraire environ 120 kg d'or et 134 t de plomb. GLAUSER (1946) rapporte que l'activité entre

1938 et 1939 a produit près de 1000 t de minerai à une teneur d'environ 12 g/t. GRAETER (1951) mentionne enfin la prolongation de quelques galeries dont certaines ont rencontré des zones mylonitiques relativement riches, mais aucune analyse de teneur en or ne complète ces informations.

LE PHÉNOMÈNE DE POLARISATION SPONTANÉE

On sait depuis bientôt un siècle que certains minerais à conductibilité électronique tels que pyrite, pyrrhotine, chalcopyrite, mispickel, cuivre gris, ainsi que certains anthracites et les schistes graphiteux, se comportent comme une pile électrique enfouie et débitent spontanément un courant dans le sol. Celui-ci, par chute ohmique dans les terrains encaissants, provoque des différences de potentiel observables grâce à un matériel approprié. Ces potentiels, fréquemment de l'ordre de plusieurs centaines de millivolts par rapport à une référence éloignée, sont presque toujours négatifs et permettent par leur étude en surface de donner une image approchée de la répartition du minerai enfoui. Cette méthode, en vogue jusque vers 1950 environ, est peu à peu tombée en désuétude. Cet état de fait provient en partie de l'épuisement des gisements de sulfures massifs et d'un regain d'intérêt pour les gisements disséminés qui, eux, ne sont en général pas prospectables par P.S. faute de continuité électrique. Une autre critique généralement formulée à l'égard de la méthode est l'aspect traditionnellement qualitatif de son interprétation. Depuis une dizaine d'années cependant on assiste à un renouveau de la méthode, en particulier en prospection géothermique, mais également dans le domaine minier où elle s'intègre utilement aux autres méthodes géophysiques.

Le but de cette étude est de montrer que, liée à des résultats qualitatifs correctement exploités, une interprétation semi-quantitative est possible.

La minéralisation d'Astano fait partie des gîtes qui présentent habituellement une forte réaction de polarisation spontanée. La présence de pyrite et de mispickel, ainsi que de niveaux relativement continus de schistes graphiteux conducteurs, permet une détection aisée des anomalies. Les séries graphiteuses stériles sont souvent un handicap pour le prospecteur: par leur conductibilité, elles sont le siège de fortes anomalies en P.S. ainsi qu'en électromagnétisme et en résistivité. Néanmoins l'expérience montre que des sulfures utiles sont fréquemment liés à ces séries. La matière charbonneuse a peut-être joué le rôle de lubrifiant lors de mouvements tectoniques cisaillants permettant l'ouverture de diaclases favorables à la mise en place de la minéralisation. Sur un autre plan, il n'est pas exclu que des phénomènes électrochimiques dus aux schistes eux-mêmes aient favorisé les dépôts métalliques à partir de solutions minéralisées (SMEE 1983). La présence de graphite n'est donc pas nécessairement un obstacle à la prospection même s'il est souvent difficile de discriminer les anomalies dues à une minéralisation utile de celles des séries graphiteuses voisines.

APPAREILLAGE ET MISE EN ŒUVRE

Le matériel comprend un millivoltmètre digital, deux électrodes impolarisables et un dispositif spécial de dévidage de fil. Les mesures de potentiel se font par rapport à une électrode fixe de référence à laquelle on attribue le potentiel zéro. La liaison électrique est assurée par un fin fil de cuivre isolé (Ø 0.2 mm) dévidé par un dispositif appelé

«canette». Grâce à l'emploi d'un petit compteur mécanique installé sur l'appareil de mesure et actionné par le dévidage du fil pendant la progression dans le terrain, le repérage topographique précis des stations a lieu automatiquement. Ce procédé permet également un espacement variable entre les mesures et par conséquent une discrimination optimale des anomalies. Le poids du matériel complet, avec 3000 m de fil (non récupéré), est d'environ 3 kg et la technique de mesure ne demande qu'un seul opérateur.

L'ensemble du levé P.S. a nécessité près de 1000 mesures totalisant environ 10 km de profils. Ceux-ci ont été mené perpendiculairement à la zone minéralisée avec un espacement variable selon les possibilités topographiques et les contraintes imposées par la présence de plusieurs grandes propriétés privées fortement défendues par des treillis infranchissables.

La qualité des mesures est variable: alors que les sols morainiques offrent de bons contacts, les sols de forêt donnent lieu à des potentiels instables entachés d'une erreur jusqu'à ± 30 mV. Ces incertitudes ne sont pas de nature à altérer le dessin de la carte équipotentielle puisque les anomalies levées lors de cette étude se signalent généralement par des valeurs comprises entre -100 et -300 mV.

Notons enfin que la carte équipotentielle est incomplète dans la partie ouest de l'étude, vers la frontière italienne. Cette zone est en effet parcourue par d'intenses courants vagabonds issus des lignes à haute tension toutes proches.

RÉSULTATS

Interprétation qualitative

L'interprétation est fondée sur la carte équipotentielle (fig. 2) et sur l'étude détaillée des profils de potentiel dont quelques exemples sont présentés sur la figure 3.

L'examen de la carte montre clairement l'allongement général de la zone électriquement active, des environs de La Costa jusqu'au-delà de la région du Laghetto. Les zones négatives les plus intenses, sous forme d'ellipses très allongées, se marquent par des valeurs inférieures à -200 mV. En profil, les anomalies apparaissent plus complexes et montrent des pics de potentiel jusqu'à -330 mV, notamment au N des travaux souterrains de La Costa, dans la région de Motto ainsi qu'immédiatement au S du Laghetto. L'allongement des anomalies reflète la direction de la faille principale contrôlant le gîte. Cette structure, d'orientation E–W dans la région de La Costa, s'infléchit ensuite légèrement vers le N pour finalement s'orienter au NW aux environs du Laghetto. Un examen plus attentif révèle que les anomalies principales ne correspondent que rarement à la position de la zone minéralisée, du moins dans les zones de Costa, Bolle et Motto où le minerai a été suivi par l'exploitation et les tranchées exécutées par DU BOIS (1931). L'activité électrique du gisement semble donc être due principalement aux schistes graphiteux. La méthode semble ainsi peu adaptée à la recherche directe de la minéralisation utile. Cependant, l'étude des profils de potentiel recoupant la minéralisation connue montre que certaines anomalies, sous forme de pics secondaires étroits et d'amplitude plus faible, peuvent être attribuées au minerai et se suivre sur plusieurs profils adjacents. La carte équipotentielle, par la perte d'informations inhérente à ce mode de représentation, fait

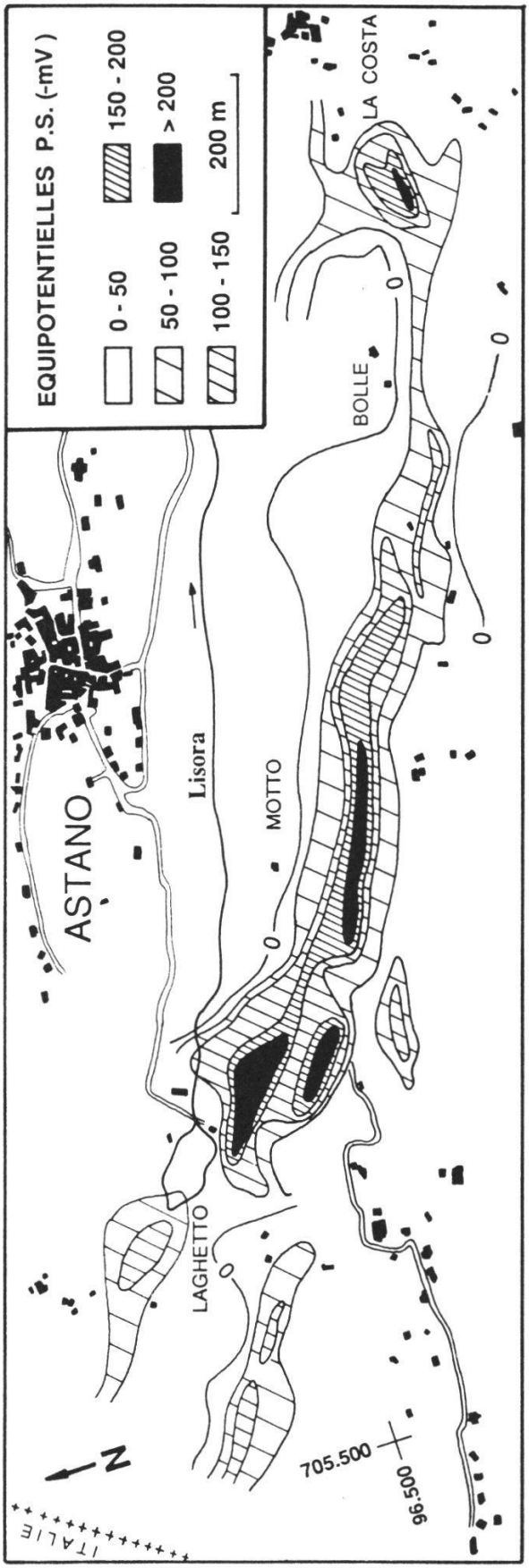


Figure 2.–Carte des équipotentielles de polarisation spontanée.

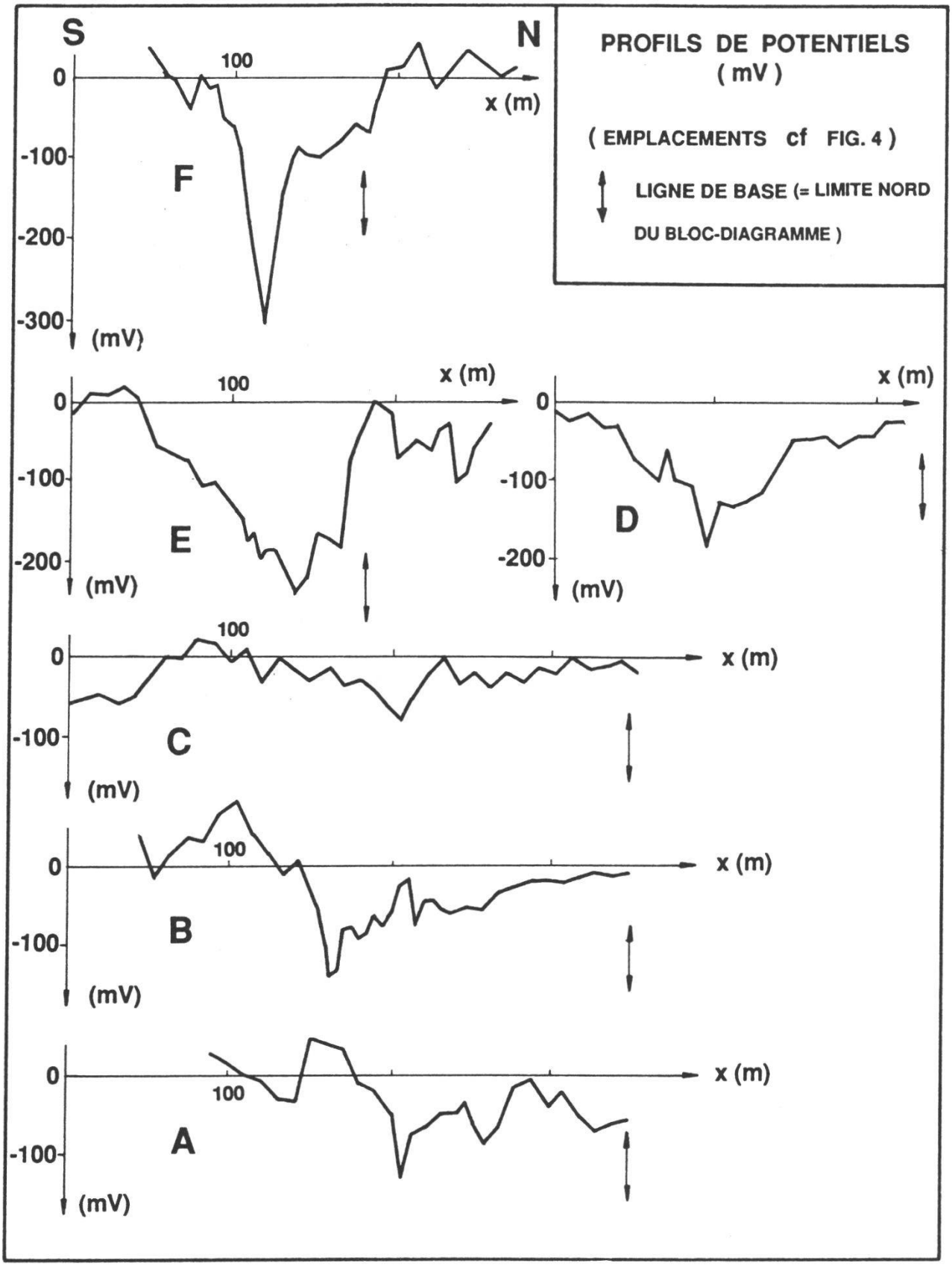


Figure 3.–Exemples de profils de potentiels. Les anomalies les plus intenses correspondent aux niveaux graphiteux accompagnant la minéralisation.

disparaître ces anomalies «secondaires». La présentation des résultats ne doit donc pas se limiter à la carte ou aux profils exclusivement. Si la carte permet la vue de l'ensemble structural de la zone et la détection des niveaux-repères principaux, les profils apportent la précision décisive pour la discrimination des anomalies composites. Parallèlement à la carte des équipotentielles, nous avons tenté d'établir une carte interprétative des niveaux conducteurs ou actifs, fondée sur l'étude détaillée des profils (fig. 4). Certaines anomalies présentent une «signature» identique d'un profil à l'autre et sont dues certainement à un même niveau. D'autres cas sont moins clairs et la subjectivité de l'interprète intervient dans une plus large mesure. D'ailleurs, dans leur extension, certaines anomalies dues à un même niveau peuvent évoluer dans leur forme et leur amplitude par suite des variations de profondeur, de pendage et de résistivité de l'encaissant. Enfin, la carte révèle plusieurs niveaux conducteurs sans rapport direct avec la faille principale. Il n'est pas exclu que ces niveaux situés en dehors des zones minéralisées reconnues puissent offrir un intérêt. Une étude complémentaire, notamment par géochimie des sols, permettrait vraisemblablement de lever le doute.

Interprétation quantitative

L'interprétation des anomalies de P.S. est habituellement simplement qualitative. Cette restriction est à l'origine du peu de confiance témoigné traditionnellement à la méthode. Un examen plus approfondi de la littérature montre cependant que de nombreux auteurs se sont attaqués au problème et près d'une vingtaine de méthodes d'interprétation ont été proposées. Si l'application pratique de certaines méthodes est simple et rapide, d'autres au contraire se limitent à un rigoureux exercice de style mathématique en proposant une approche incompatible avec les imperfections et les distorsions des anomalies expérimentales.

Un filon mince électriquement actif se réduit géométriquement à une double ligne de pôles d'extension infinie. Le plan qui la contient peut être vertical ou incliné. On suppose que la ligne supérieure est reliée au pôle négatif d'une source de courant, la ligne inférieure à son pôle positif. La distance séparant les deux lignes vaut 2 l et l'angle α d'inclinaison du filon est pris par rapport à la verticale. La profondeur h est mesurée normalement de la surface du sol (origine de l'axe des x) au centre de la structure (fig. 5). Dans ces conditions, le potentiel créé par cette structure, normalisé à l'infini, a pour expression:

$$V = \rho I/2\pi \cdot \ln [(x-l\sin\alpha)^2+(h-l\cos\alpha)^2/(x+l\sin\alpha)^2+(h+l\cos\alpha)^2]$$

avec V en volt, ρ = résistivité du milieu encaissant (ohm-m), et I = intensité du courant par unité de longueur (A/m).

La figure 5 montre que l'inclinaison de la structure entraîne une dissymétrie de l'anomalie avec apparition d'un positif vers l'aval pendage. Si l'amplitude absolue de l'anomalie dépend du facteur $\rho I/2\pi$, sa forme générale et la position réciproque de ses différents points singuliers tels que minima, abscisse de V=0, abscisse de V/2, etc. sont invariables. L'étude de ces différents points caractéristiques constitue la base de nombreux procédés d'interprétation quantitative.

Il faut remarquer que cette structure théorique infiniment mince s'adapte

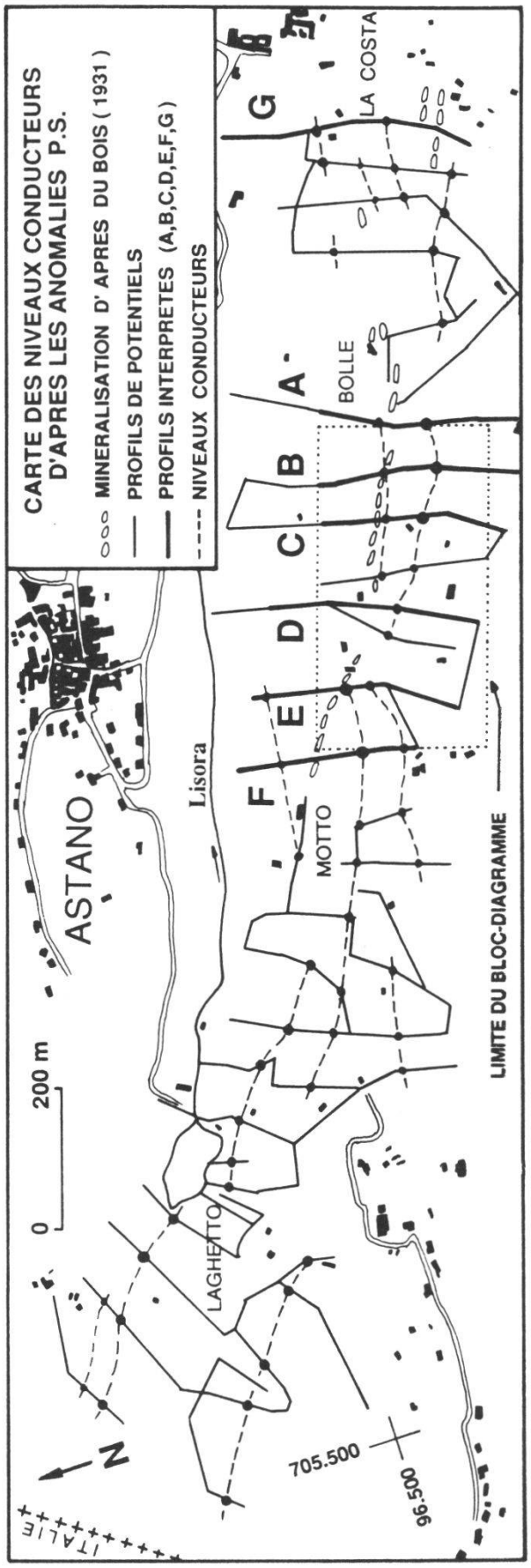


Figure 4.–Carte interprétative des niveaux conducteurs graphiteux.

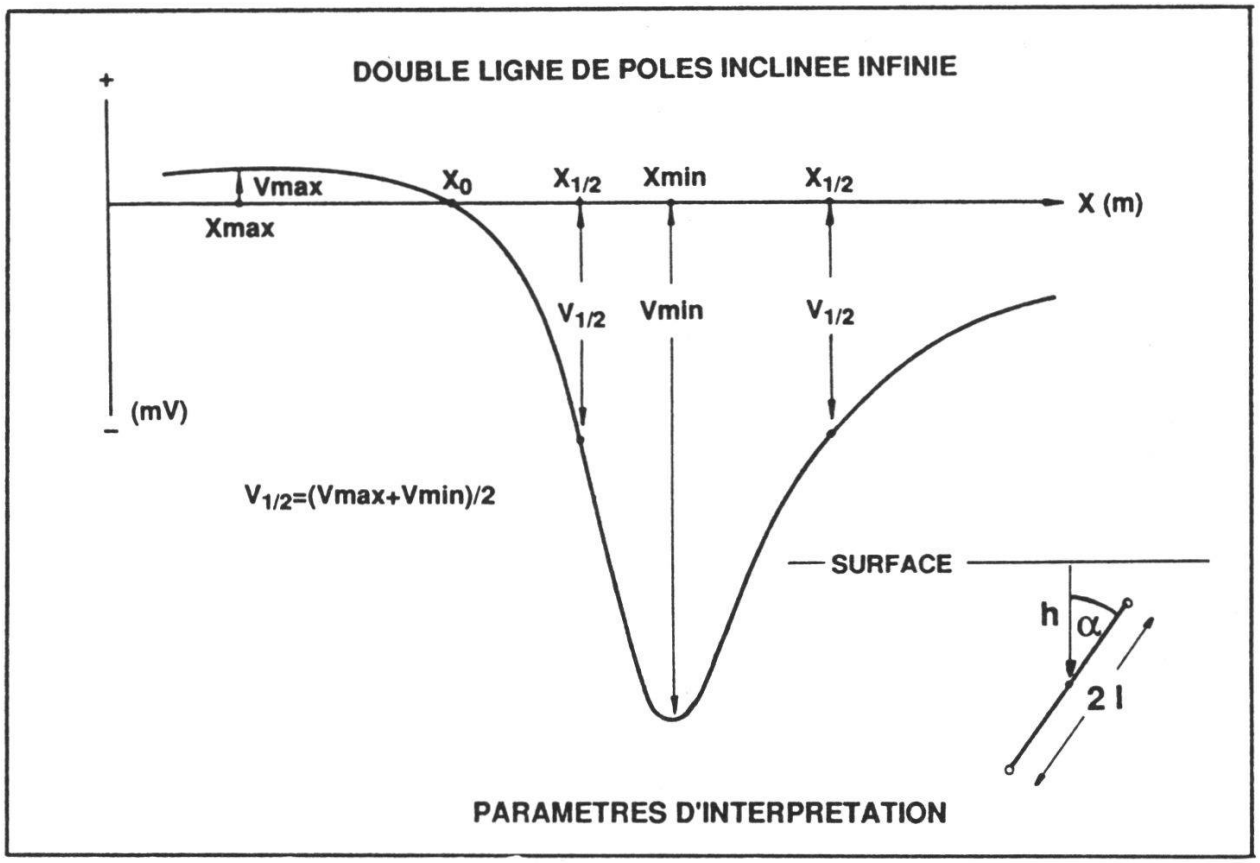
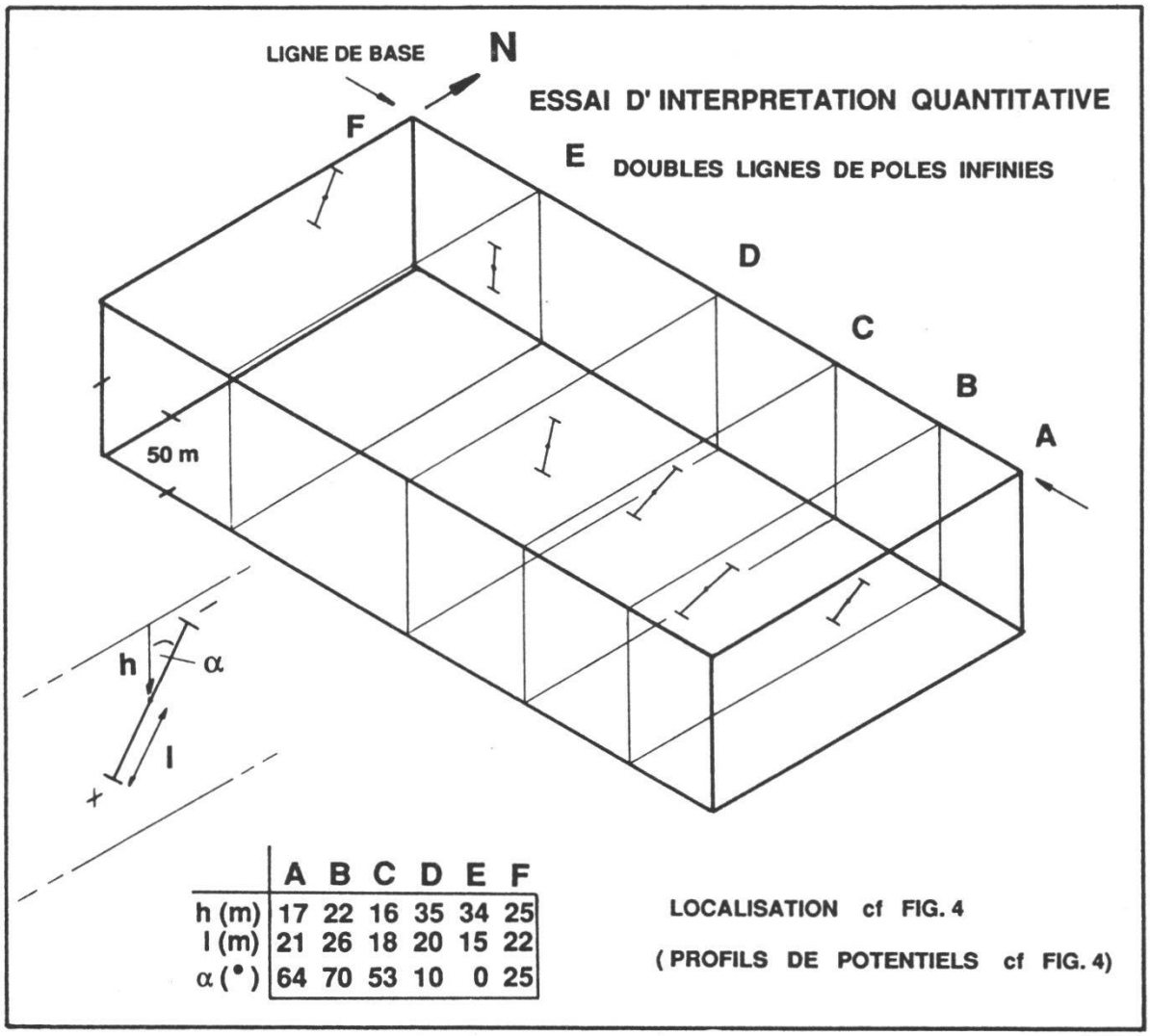


Figure 5.–Modèle d'anomalie théorique. L'aplomb du centre de la structure se trouve entre V_0 et V_{min}.

parfois mal à une structure réelle, d'où l'impossibilité d'interpréter certaines courbes: l'«ouverture» de l'anomalie n'est alors pas due à l'approfondissement du corps perturbateur mais à son extension latérale.

L'examen des profils de potentiel relevés sur le gîte d'Astano révèle des anomalies souvent complexes où plusieurs corps perturbateurs sont en présence avec une importance variable. Certaines anomalies principales apparaissent comme «surmodulées» par de petites sources de potentiel secondaires. L'interprétation de telles courbes passe par conséquent par un lissage préalable dont le caractère subjectif est indéniable. Cette opération indispensable permet cependant de corriger dans une large mesure les distorsions dues à l'influence des anomalies adjacentes, à l'hétérogénéité électrique des terrains encaissants et de la couverture, et enfin aux irrégularités de la topographie.

Nous avons vu précédemment la faible contribution électrique de la minéralisation elle-même aux anomalies P.S. du gisement. Celle-ci semble en effet résulter essentiellement des niveaux graphiteux accompagnant la faille principale et ses accidents secondaires. La recherche directe de ces niveaux graphiteux n'est cependant pas sans intérêt puisqu'ils sont fréquemment liés à la minéralisation. L'interprétation quantitative que nous avons tentée porte sur la partie principale du gîte et s'appuie sur 6 profils. Après lissage manuel, les courbes ont été interprétées par diverses méthodes (PAUL 1965, RAM BABU et ATCHUTA RAO 1988, etc.). Les divers paramètres fournis ont permis ensuite pour chaque cas le calcul d'une courbe théorique, qui, après quelques



	A	B	C	D	E	F
h (m)	17	22	16	35	34	25
l (m)	21	26	18	20	15	22
α (°)	64	70	53	10	0	25

Figure 6.–Bloc-diagramme de la zone centrale du gîte. Profondeur et inclinaison du niveau électriquement actif suivant six profils transversaux.

ajustements, est comparée à la courbe expérimentale. La figure 6 présente sous forme d'un bloc-diagramme la série des anomalies interprétées avec leurs modèles de structures correspondants.

L'interprétation d'anomalies complexes dues à plusieurs corps est également possible. MEISER (1962) en a donné deux exemples provenant d'un gisement de graphite de Bavière. Nous avons tenté une interprétation de ce type sur le profil G (fig. 7). La courbe théorique du modèle concorde de manière satisfaisante avec l'anomalie expérimentale.

Si l'interprétation des anomalies P.S. fournit d'une part les paramètres géométriques h, l et α, la structure retenue pour la modélisation fournit d'autre part une valeur du facteur $\rho I/2\pi$. L'expression donnant le potentiel d'une double ligne de pôles étant de la forme $V = \rho I/2\pi \cdot f(h, l, \alpha)$, on voit qu'une courbe synthétique coïncidant avec la courbe expérimentale entraîne la détermination du produit ρI, avec ρ = résistivité du milieu encaissant (ohm-m) et I = intensité du courant par unité de longueur (A/m). L'étude des ordres de grandeur de I dans un grand nombre de cas présenterait un intérêt certain

pour la compréhension du phénomène P.S. Il serait en effet possible d'obtenir l'ordre de grandeur des densités de courant mises en jeu dans les environnements naturels.

Dans le cadre de notre étude, les diverses valeurs du produit ρI obtenues s'échelonnent entre 0.1 et 0.8 V pour des amplitudes d'anomalies de –80 à –340 mV. En admettant pour un encaissant de gneiss fracturés une valeur moyenne de 500 ohm-m, on obtient pour I une valeur de 0.0002 à 0.0016 A/m. Plus concrètement, si l'on voulait modéliser une structure en vraie grandeur dans le terrain au moyen de deux longs fils parallèles enterrés représentant une double ligne de pôles, ceux-ci devraient être alimentés par un courant continu de l'ordre de 1 mA par m. Pour un modèle caractérisé par les paramètres h = 15 m, l = 5 m et α = 30°, l'amplitude totale de l'anomalie vaudrait 110 mV pour un encaissant homogène et isotrope de 500 ohm-m.

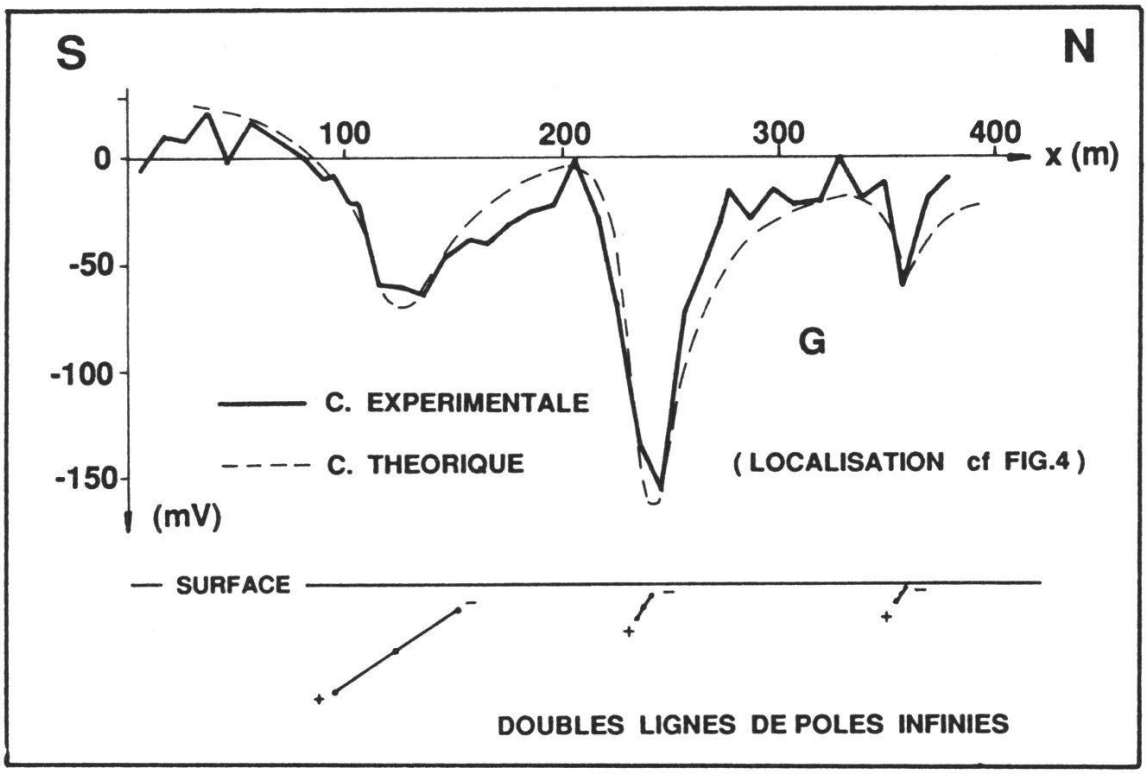


Figure 7.–Interprétation d'une anomalie complexe due à trois corps perturbateurs.

Discussion

Les résultats résumés sur les figures 6 et 7 paraissent en accord avec la géologie et la tectonique. L'interprétation fournit en effet un fort pendage vers le S. Le pendage des séries interprété sur les profils C et B diminue fortement par rapport à celui des structures adjacentes (profils A et D). Il est possible que deux failles isolent ce compartiment très peu incliné: l'examen de la carte équipotentielle fait apparaître un changement d'orientation dans les courbes d'isovaleurs (fig. 2). L'étude tectonique ancienne du gisement avait montré par ailleurs la présence de plusieurs cassures transversales qui décalent la faille principale minéralisée et en compliquent l'exploitation.

L'ordre de grandeur des profondeurs des têtes de filon électriquement actives paraissent également vraisemblables puisqu'elles sont comprises, du moins pour la zone interprétée, entre 15 et 20 m. Cette profondeur «utile» ne doit pas être confondue avec le paramètre h qui définit la profondeur du centre de la structure. La profondeur utile vaut simplement h - l pour une structure verticale et h - $l\cos\alpha$ pour une structure inclinée d'un angle α avec la verticale. Le paramètre l (demi-largeur de la structure dans le cas d'un filon) joue par conséquent un grand rôle, mais sa détermination précise est difficile par suite de sa faible influence sur la forme de l'anomalie. Le calcul et l'expérience montrent en effet que pour une profondeur h et un angle α donné, l n'a pratiquement plus d'influence pour $l/h \leq 0.5$ et qu'un problème d'équivalence apparaît. Les anomalies dues à des structures de demi-largeurs l différentes sont alors pratiquement superposables, compte tenu des incertitudes liées aux points de mesure expérimentaux. Il s'ensuit qu'une interprétation quantitative ne peut donner en toute rigueur qu'une profondeur «utile» comprise entre h (avec l voisin de 0) et la surface du sol (avec l maximum). Il est cependant raisonnable de penser que la structure étudiée possède une largeur 2 l finie. La profondeur du toit du filon est par conséquent comprise entre la subsurface et une valeur nettement inférieure à h. Pratiquement, lors de l'interprétation, après la détermination de h, il est possible d'affiner son modèle par un choix décroissant de diverses valeurs de l. On peut estimer plausible pour l la valeur au-delà de laquelle il y a équivalence.

De telles considérations ne sont pas de nature à satisfaire un esprit rigoureux. L'interprétation en P.S. reste toujours entourée d'un certain flou qui ne milite effectivement pas en sa faveur. On peut cependant remarquer que d'autres méthodes géophysiques présentent le même défaut. L'interprétation des anomalies magnétiques au sol, par exemple, devrait tenir compte d'un champ rémanent fréquent ainsi que des fortes hétérogénéités de susceptibilité toujours présentes. Le résultat ne peut conduire par conséquent qu'à un modèle approché, image également floue de la réalité, mais dont l'utilité pratique est indiscutable.

Lors d'une interprétation quantitative en P.S., la prudence est donc de rigueur. Sans exagérer ni ses possibilités ni ses limitations, on peut cependant en espérer des résultats semi-quantitatifs utiles. Pour y parvenir, les méthodes les plus simples et les plus rapides, qui permettent de nombreux tâtonnements en peu de temps, sont à recommander. Le modèle retenu permet alors de calculer rapidement une anomalie synthétique qui est comparée à la courbe expérimentale puis affinée. Le recours aux méthodes de calcul rigoureuses ne mettant en jeu que les points critiques de la courbe d'anomalie conduit le plus souvent à des impossibilités ou des absurdités au prix d'ailleurs d'une sérieuse perte de temps.

CONCLUSIONS

L'étude de la polarisation spontanée du gîte d'Astano fournit un bon exemple de l'utilité de la méthode. L'établissement d'une carte équipotentielle, rapide et peu coûteux, ne nécessite qu'un seul opérateur avec le matériel décrit. L'interprétation qualitative de la carte permet le repérage des niveaux

graphiteux qui accompagnent souvent la minéralisation sulfurée. Celle-ci ne semble en effet pas aisément détectable directement, à moins d'un levé très détaillé et d'un examen approfondi des profils de potentiel. Il faut insister également sur l'importance du pas de mesure. Un pas de 20 m tel qu'il est fréquemment conseillé dans la littérature est excessif, du moins dans les zones où les potentiels présentent un fort gradient. L'utilisation d'une seule électrode mobile pour la prise des mesures, avec la méthode de la canette décrite plus haut, permet sans peine le resserrage des stations jusqu'à 5 m ou moins si nécessaire, sans ralentir la progression sur le terrain. Un levé P.S. conduit avec cette souplesse permet d'exploiter pleinement les possibilités de la méthode. L'interprétation semi-quantitative de la zone centrale du gisement fournit une série de valeurs de profondeur relativement faibles. Par conséquent une prospection géochimique des sols par profils avec un pas d'échantillonnage réduit devrait permettre de lever l'indétermination graphite-minéralisation et conduire à une cartographie plus détaillée des niveaux sulfurés. Une telle mise en oeuvre, par exemple, a été appliquée avec succès lors de l'étude de la prolongation du filon Pb-Zn de Goppenstein (MOREL 1978).

RÉFÉRENCES

BURFORD J.A., 1933. Failles et minerais du Malcantone (Tessin). Matér. Géol. Suisse, Sér. géotech. Bull. 3.

CADISCH J., 1942. Aufbereitung und Verhuttung schweizerischer Erze. Protokoll der Sitzung vom 16. April 1942. Arch. géol. suisses AGS 4737.

DU BOIS J., 1931. Les gisements aurifères d'Astano (Tessin). Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. Liefg. XVI, 2.

GLAUSER A., 1946. Zusammenfassender Bericht über die Blei-Zink-Golderzgrube von Astano, Malcantone, Tessin. Arch. géol. suisses AGS 4737.

GRAETER P., 1951. Bericht über den Stand der Arbeiten in der Golderzgrube von Astano, Tessin, am 7.4.1951. Arch. géol. suisses AGS 4737.

KÖPPEL V., 1966. Die Vererzungen im insubrischen Kristallin des Malcantone (Tessin). Beitr. Geol. Schweiz, Liefg. 40.

LAURERI S., 1985. Histoire des mines de Costano. Minaria Helvetica 5: 18-21.

MEISER P., 1962. A method for quantitative interpretation of selfpotential measurements. *Geophys. Prospect. 10*: 203-218.

MOREL F., 1978. L'extension du filon Pb-Zn de Goppenstein (Valais, Suisse). Matér. Géol. Suisse, Sér. géotech., Livr. 57.

PAUL M.K., 1965. Direct interpretation of self-potential anomalies caused by inclined sheets of infinite horizontal extension. Geophysics 30: 418-423.

RAM BABU H.V. et ATCHUTA RAO D., 1988. Rapid graphical method for the interpretation of the self-potential anomaly over a two-dimensional inclined sheet of finite depth extent. Geophysics 53: 1126-1128.

SMEE B.W., 1983. Laboratory and field evidence in support of the electrogeochemically enhanced migration of ions through glaciolacustrine sediment. J. geochem. Explor. 19: 277-304.

Manuscrit reçu le 23 janvier 1990