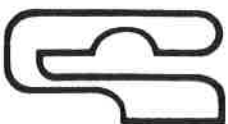


OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI

ETUDE GEOPHYSIQUE
DANS LA REGION DE MOULOU
(DJIBOUTI)

---:---:---:---

ETUDE 3066
JANVIER-FEVRIER 1987



C. P. G. F. **Compagnie de Prospection
Géophysique Française**

20, rue des Pavillons - 92800 Puteaux

- S O M M A I R E -

- I. - PREAMBULE
- II. - BUT DE L'ETUDE - MOYENS MIS EN OEUVRE
- III. - CADRE GEOLOGIQUE
 - III.1 - Cadre général
 - III.2 - Les forages
- IV. - RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTRIQUE
 - IV.1 - Principes et étalonnages
 - IV.2 - Description des profils
 - IV.3 - Conclusions partielles
- V. - CONCLUSIONS

- LISTE DES PLANCHES -

- 3066-01 - Plan de situation au 1/100.000ème
- 3066-02 - Implantation des mesures au 1/50.000ème
- 3066-03 - Coupes d'interprétation des sondages électriques
- a,b,c,d,e

- A N N E X E -

Principes des sondages électriques

I. - PREAMBULE

A la demande de l'OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI et sous le contrôle de Monsieur WERNER de FRIBOURG, la Compagnie de Prospection Géophysique Française a réalisé une campagne de prospection électrique entre MOULOUD à l'Ouest et DOUDOU BALOLE à l'Est, en bordure de versant de l'OUDOUGO DJIFF.

Les mesures de terrain et la rédaction du présent rapport ont été assurées par Monsieur F. LENCLUD, ingénieur hydrogéologue, sous la supervision de Monsieur J.M. BATTAREL, chef du département hydrogéologie.

oOo

II. - BUT DE L'ETUDE - MOYENS MIS EN OEUVRE

La ville d'ALI SABIEH a de tout temps eu des problèmes d'alimentation en eau potable, tant qualitatifs (salinité) que quantitatifs, liés à l'aquifère exploité (série grésocalcaire).

Suite à l'étude géophysique réalisée en décembre 1986 pour le compte de la Présidence dans la région à MOULOU, il est apparu que la bordure Sud de la plaine de BARA WEIN entre MOULOU et DOUDOU BALOLE pouvait constituer une zone favorable à la réalisation de nouveaux captages.

La présente étude a porté sur la réalisation de 45 sondages électriques (SE), répartis sur 5 zones entre MOULOU et DOUDOU BALOLE, définies par Monsieur WERNER à partir d'une interprétation structurale.

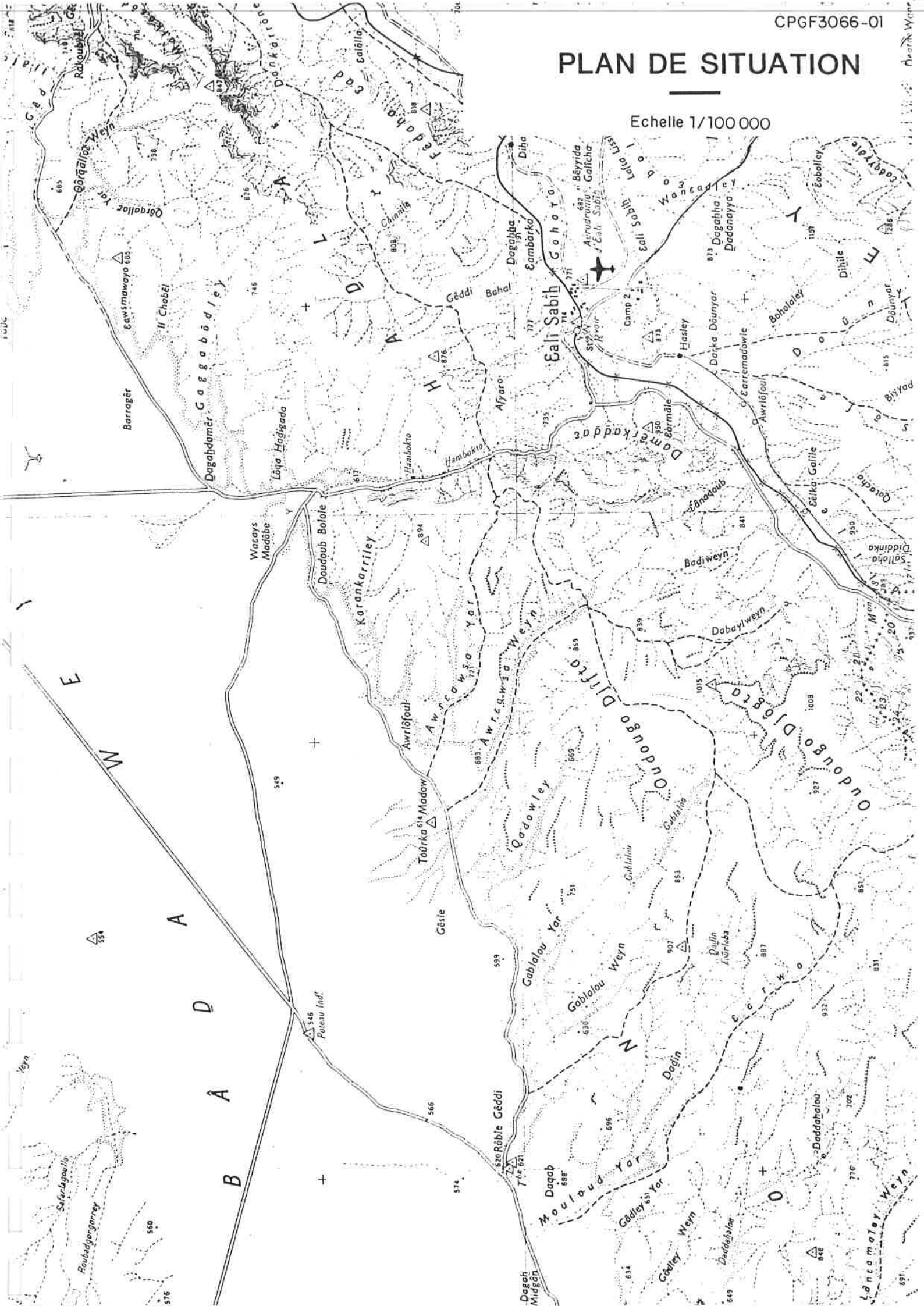
Les longueurs d'émission AB étaient comprises entre 600 et 1 500 m.

D'anciens sondages électriques ont également été réinterprétés à la lumière des dernières données de forages.

oOo

PLAN DE SITUATION

Echelle 1/100 000



III. - CADRE GEOLOGIQUE

III.1 - Cadre général

Dans la série grésocalcaire jurassique crétacée au droit de la ville d'ALI SABIEH et surtout à la base de la puissante série gréseuse, s'intercalent des couches d'évaporites et gypseuses responsables des problèmes de qualité de l'eau.

Au-dessus de ce "socle" ancien, se sont déposées de nombreuses séries volcaniques qui, du fait de leurs conditions particulières de mise en place (coulées, type du volcanisme, morphologie de la surface sur laquelle elles sont venues se solidifier), se recouvrent partiellement et se biseautent.

A ces facteurs, vient s'ajouter une tectonique très importante, dans la mesure où se rencontrent les trois grands systèmes de l'Est africain (Grand Rift africain NNW - SSW Rift de la Mer Rouge NW associé à une fracturation NNW et le fossé du Golfe d'Aden orienté E-W). Cette tectonique encore mal connue dans son détail peut avoir pour effet de séparer en profondeur des compartiments apparemment analogues en surface, les quelques failles plus ou moins masquées par les alluvions récentes des oueds ou celles plus anciennes du "BARA WEIN" empêchant de voir ces fractures. Leur localisation qui a une incidence parfois primordiale sur l'étendue des aquifères, leur profondeur et leur existence même, rendent la géophysique absolument nécessaire pour déterminer les divers compartiments hydrauliques ainsi individualisés.

Les séries volcaniques peuvent être subdivisées en quatre venues principales :

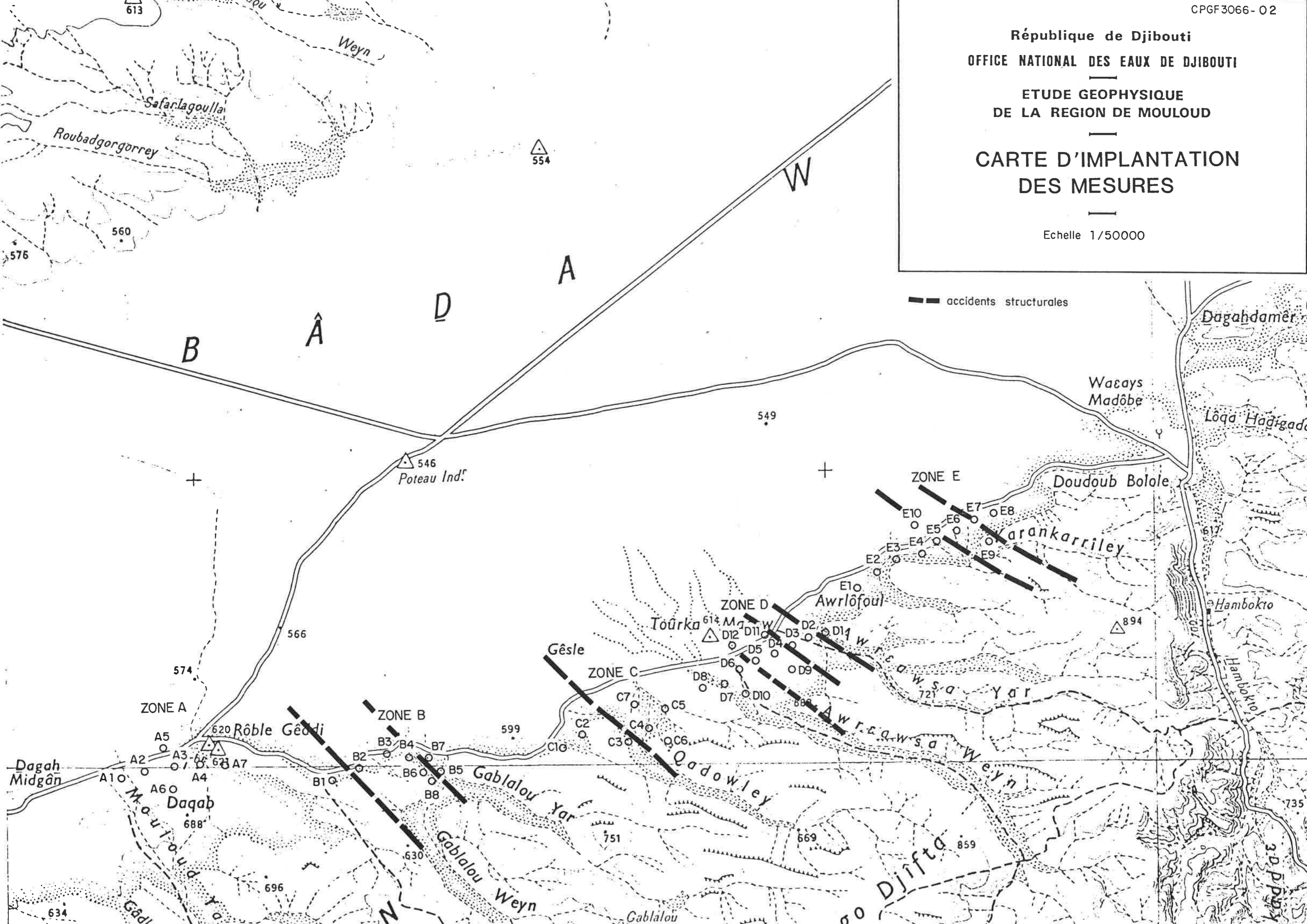
- 1) Basaltes fissuraux anciens affleurant vers ALI SABIEH. Ces basaltes sont intensément fracturés et altérés.
- 2) Rhyolites des Mablas constituées de tufs, alternant avec des coulées épaisses. Ces tufs sont fréquemment altérés, rendant les circulations d'eau difficiles. Cependant, la partie supérieure de la série a été affectée de failles importantes.

République de Djibouti
OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI
ETUDE GEOPHYSIQUE
DE LA REGION DE MOULoud

CARTE D'IMPLANTATION
DES MESURES

Echelle 1/50000

accidents structurales



- 3) Basaltes du Dahla se présentent en une série de coulées basaltiques affectées d'une tectonique intense favorisant la fracturation.
- 4) Série stratoïde de l'Affar est affectée par de nombreuses failles et de plus, sa base a souvent subi une légère altération, ce qui la rendrait favorable à l'exploitation des eaux souterraines du fait de sa perméabilifé.

Des formations sédimentaires puis limoneuses et alluvionnaires recouvrent ces différentes séries volcaniques au droit de la plaine de BARA WEIN.

III.2 - Les forages

Un certain nombre de forages ont déjà été réalisés dans la région de MOULOU, mais ils n'atteignent généralement que 60 à 90 m. Néanmoins, 2 forages profonds ont été réalisés, l'un à MOULOU, et l'autre à DOUDOU BALOLE, atteignant respectivement 135 et 197 m. Ces deux ouvrages ont permis d'étalonner la prospection géophysique.

Forage de MOULOU

- 0 - 10 m : sables et graviers
- 10 - 48 m : basaltes et localement, passages sableux
- 48 - 66 m : graviers et salbes
- 66 - 76 m : argile
- 76 - 85 m : basalte
- 85 - 107 m : argile
- 107 - 130 m : alluvions, produits d'altération, sables basaltiques
- 130 - 135 m : basaltes, puis nodules d'argiles

Forage de DOUDOU BALOLE

- 0 - 11,50 m : gravier
- 11,50 - 22,70 m : argile + éléments conglomératiques
- 22,70 - 66,50 m : argiles avec localement des passages plus sableux
- 66,50 - 114,00 m : alternance de conglomérats basaltiques et de sables basaltiques

114,00 - 127,00 m : sables polygéniques
127,00 - 157,00 m : argiles + éléments basaltiques roulés
157,00 - 169,00 m : sables argileux
169,00 - 197,50 m : sables polygéniques
197,50 m : basalte noir altéré

Cette dernière coupe est a priori plus représentative des sites à prospecter. Ce forage se situe en effet en bordure de la plaine de BARA WEIN, alors que les forages de MOULLOUD occupent une position plus avancée dans cette plaine. Des variations brutales de faciès sont par conséquent envisageables entre ces derniers et les différents secteurs reconnus en géophysique.

oOo

IV. - RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTRIQUE

IV.1 - Principes et étalonnages

Les principes des sondages électriques sont cités en annexe du rapport. Rappelons ici que la méthode de prospection électrique s'appuie sur la propriété des terrains à conduire différemment le courant électrique suivant leur teneur en argile et dans une certaine mesure, de la minéralisation de l'eau.

Ainsi, dans le contexte géologique précédemment décrit, les résistivités rencontrées pourront conduire les terrains suivants de haut en bas ;

- Formations alluviales hors nappe : résistant à très résistant > 150 Ω m
- Argile plus ou moins sablonneuse : conducteur à \leq 30 Ω m
ou conglomératique
- Coulée basaltique ou conglomérat : peu à moyennement résistant 20 - 60 Ω m
- Argile plus ou moins sableuse : conducteur à très conducteur < 15 Ω m
- Coulée basaltique fracturée ou alluvions? : résistant 30 - 100 Ω m
- Substratum argileux : très conducteur \leq 10 Ω m

La résistivité des formations basaltiques peut également varier en fonction du degré de fracturation. Par ailleurs, les formations sous nappe, la résistivité de l'eau a une incidence non négligeable sur la résistivité de la formation.

Etalonnages

Forage de DOUDOUB BALOLE

<u>Résistivités</u>	<u>Profondeurs</u>	<u>Nature des terrains</u>
85 Ω m	2,3 m	} Formations alluvions alternativement graveleux et argileux
8 Ω m	3,1 m	
20 Ω m	10 m	
4,5 Ω m	66,5 m	Argile
90 Ω m	127 m	Conglomérat et sable basaltique
7,5 Ω m		Argile

Forage de MOULOUUD
.....

<u>Résistivités</u>	<u>Profondeurs</u>	<u>Nature des terrains</u>
20 Ω m	1,30 m	} Formations alluviales alternativement graveleuses et sableuses
150 Ω m	3,40 m	
20 Ω m	10,00 m	} Basaltes hors nappe
150 Ω m	35,00 m	
50 Ω m	66,00 m	Basaltes sous nappe
5 Ω m	107,00 m	Argile
90 Ω m	140,00 m	Alluvions
11 Ω m		Conducteur non identifié

IV.2 - Description des profils

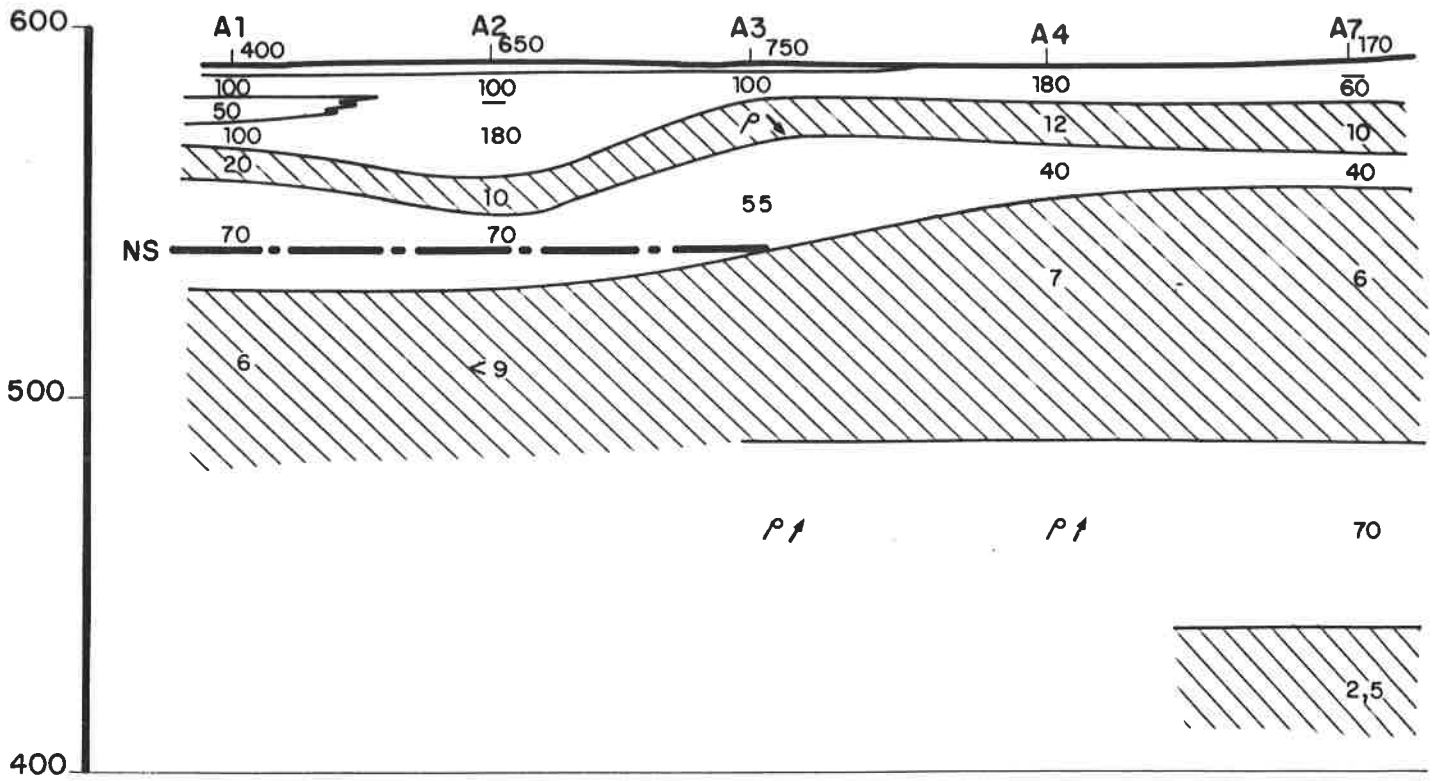
Les coupes d'interprétation des sondages électriques (planches 3066-03a, b, c, d, e) constituent une représentation géophysique de la morphologie des horizons en présence. Il est bien évident qu'on ne peut attribuer de façon certaine telle résistivité à tel horizon géologique et que cette représentation ne saurait être formelle. La corrélation figurée n'est que géophysique et ne peut représenter obligatoirement une continuité de faciès.

Zone A

Les profils longitudinaux et transversaux réalisés sur ce secteur présentent un premier niveau résistant superficiel de l'ordre de 10 m qui semble s'épaissir vers l'Ouest (20 à 30 m sur les SE A1 et A2). Un second résistant situé entre les cotes 570 et 540 est en partie (SE A1-A2) ou totalement dénoyé. Seul le résistant profond (cote 490 à 440) au droit des SE A6 et A7 et pressenti au droit des SE A3 et A4 pourrait présenter un certain intérêt.

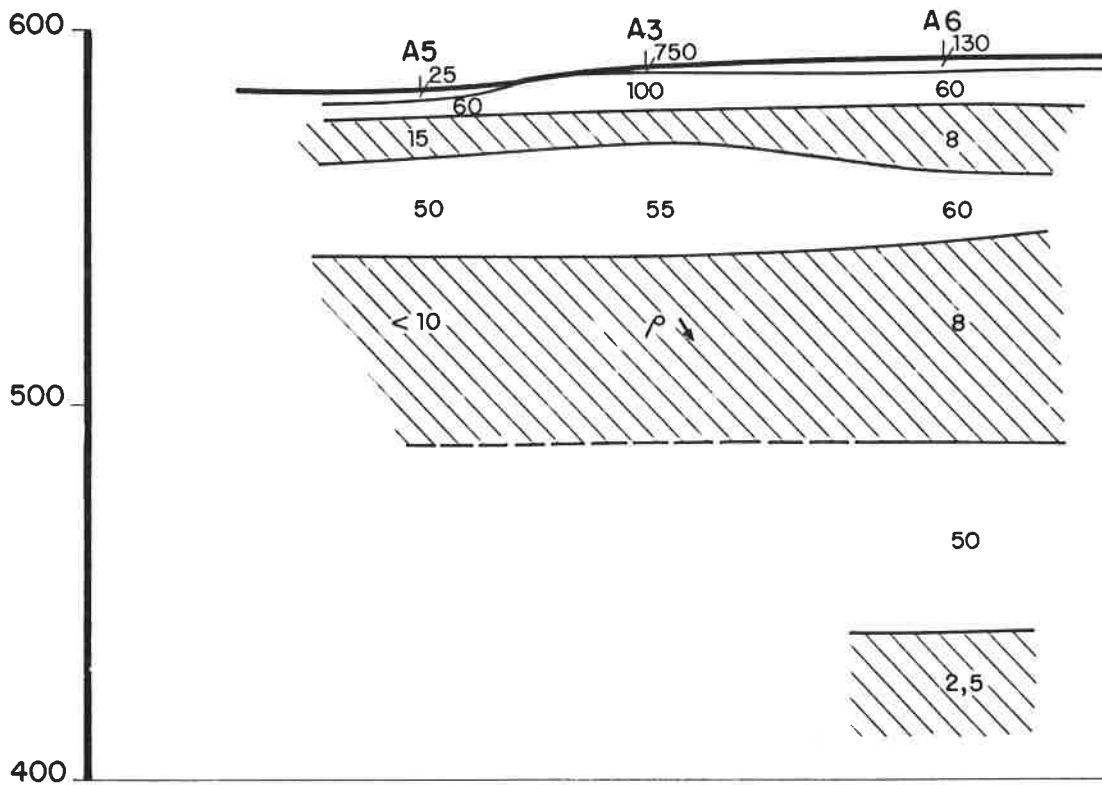
Ouest

Est



Nord

Sud



CPGF3066-03c

**COUPES D'INTERPRETATION
DES SONDAGES ELECTRIQUES
ZONE A**

Echelles h=1/10000
v=1/1000

Les résistivités sont en ohms. m.

Zone B

La succession des horizons électriques est sensiblement identique à celle de la zone A. Les deux premiers niveaux résistants sont partiellement ou totalement dénoyés, sauf au droit du SE B1 qui semble mettre en évidence un panneau effondré avec un rejet de l'ordre de 20 à 30 m. Le résistant profond apparaît sur tous les SE, sauf en B5. Le SE B7 présente toutefois une épaisseur plus importante de cette assise résistante supérieure à 60 m et peut de ce fait s'avérer intéressant, étant donné qu'il se situe sous nappe.

Zone C

Dans ce secteur, seul le résistant intermédiaire est reconnu (sauf sur les SE C1 et C2), mais il semble toujours dénoyé. Hormis le SE C5, le résistant profond n'apparaît pas dans cette zone, tout au moins avec les longueurs de ligne d'émission réalisées.

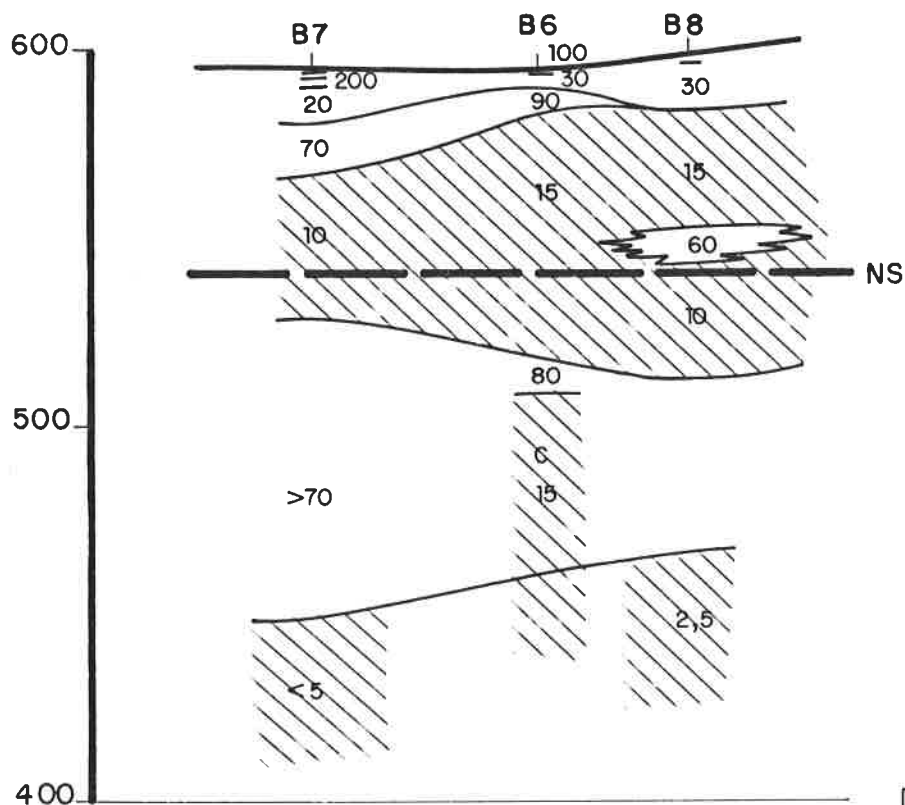
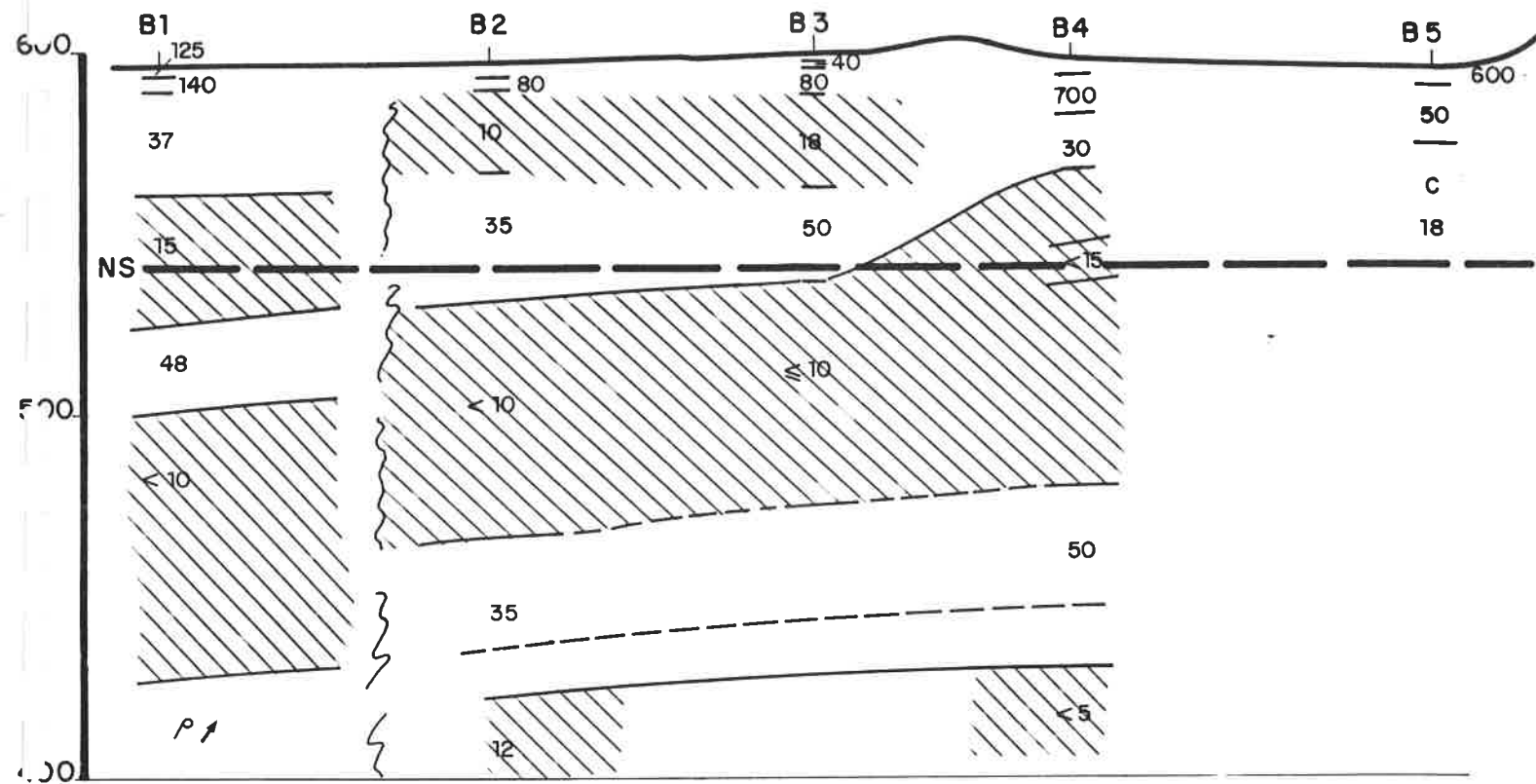
Zone D

Cette zone semble être soumise à une forte activité tectonique. En effet, si nous arrivons à suivre électriquement les différents horizons d'un SE à l'autre, il existe un certain nombre d'accidents remarquables, en particulier entre les SE D6 et D5, D1 et D2, D3 et D4, avec un rejeu plus faible. Le résistant intermédiaire est presque toujours totalement dénoyé. Le résistant profond semble présenter les meilleures caractéristiques au droit du SE D2 et mériterait d'être testé par forage.

Zone E

L'horizon résistant intermédiaire semble absent dans ce secteur, sauf en SE E9. La tectonique dans cette zone joue un rôle important : le panneau incluant les SE E10 - E6 et E9 semble effondré et peut constituer, au niveau du résistant, un piège aquifère intéressant. Le panneau E5 à E1 semble basculé vers l'Ouest. Le rejet entre ces deux panneaux pourrait atteindre 40 m entre E5 et E6.

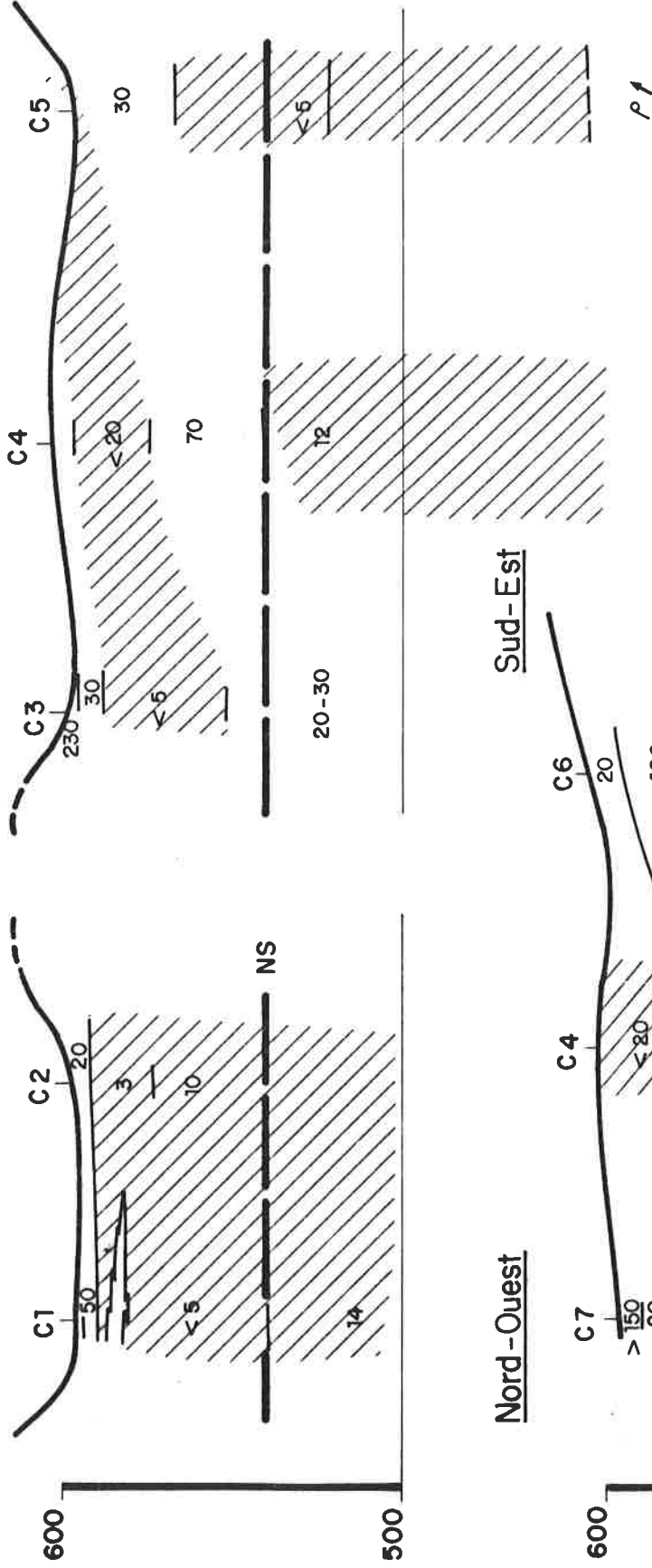
Le point SE 6 semble le plus favorable de cette zone.



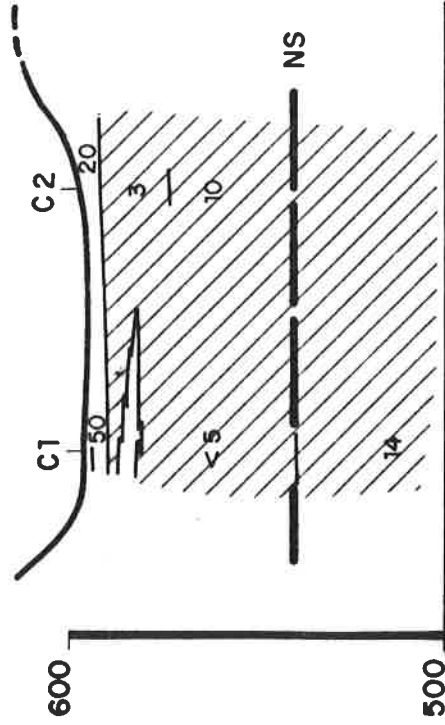
CPGF 3066-03 b

République de Djibouti
OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI
 —
ETUDE GEOPHYSIQUE
DE LA REGION DE MOULOU
 —
COUPES D'INTERPRETATION
DES SONDAGES ELECTRIQUES
ZONE B
 —
 Echelles h=1/10 000
 v=1/1000
 Les résistivités sont en ohm.m.

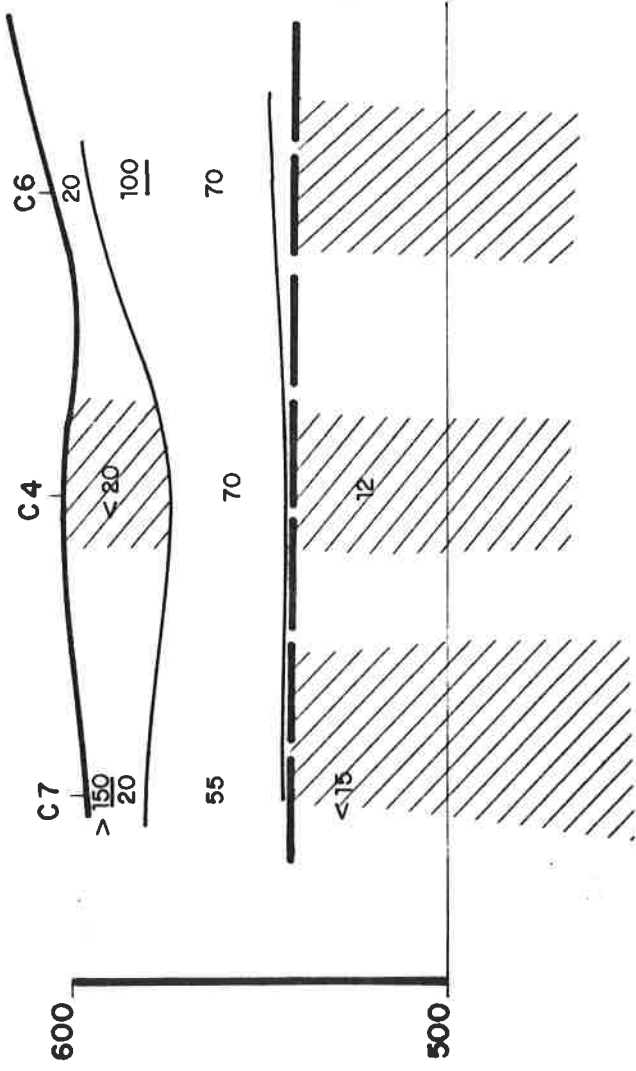
Nord - Est



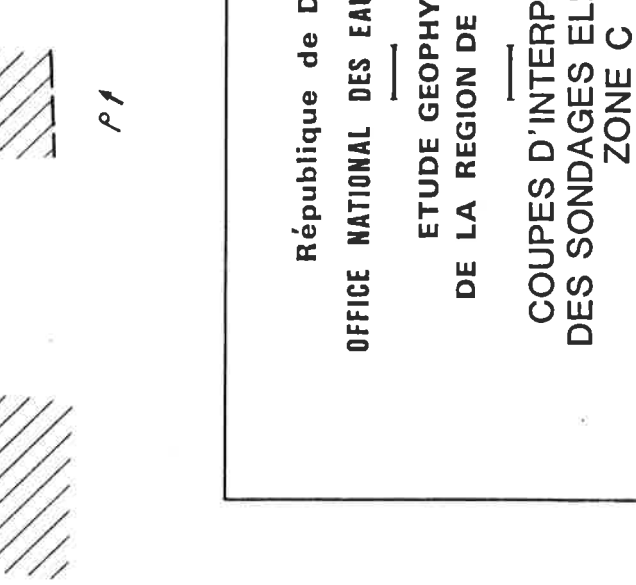
Sud - Ouest



Nord - Ouest



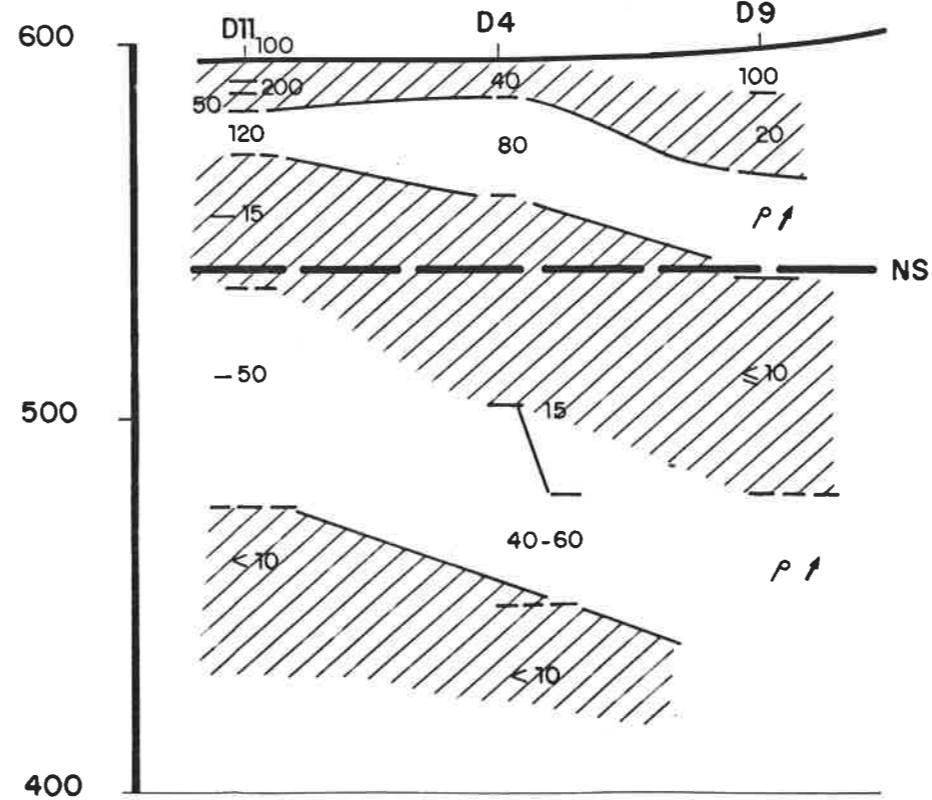
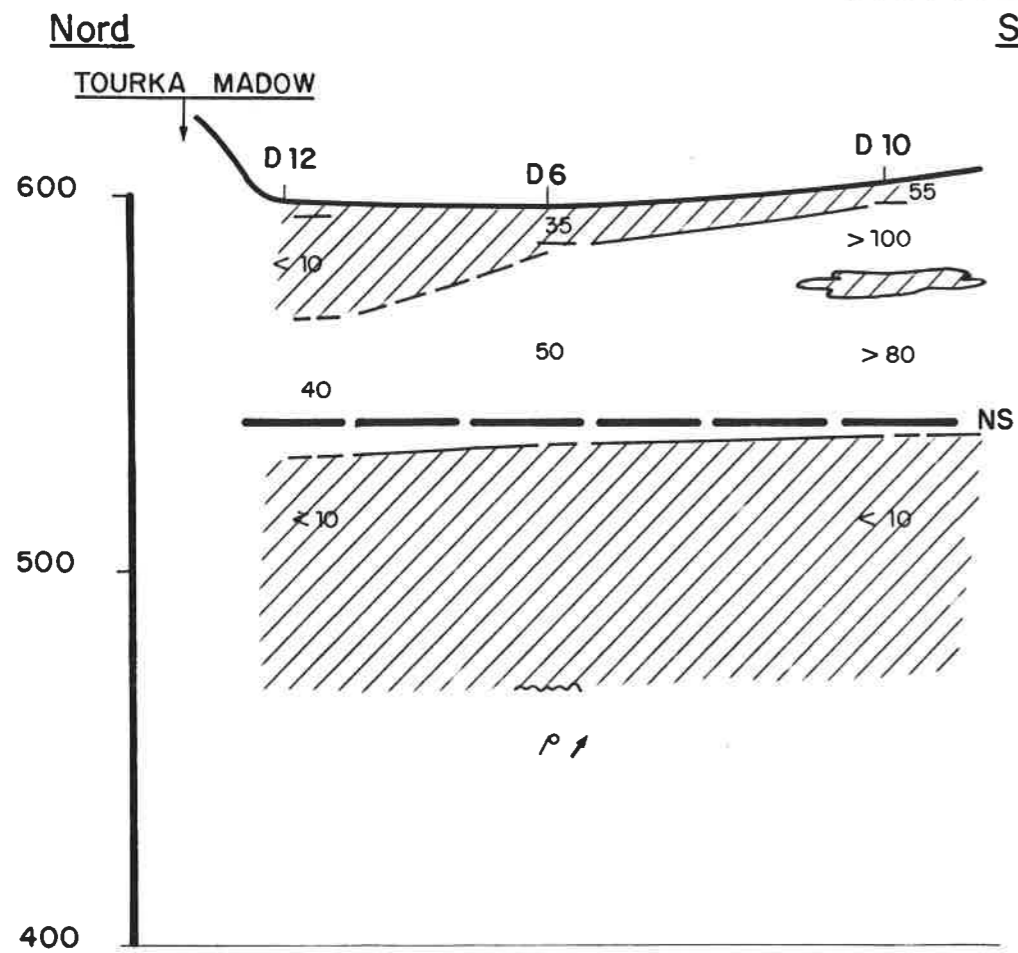
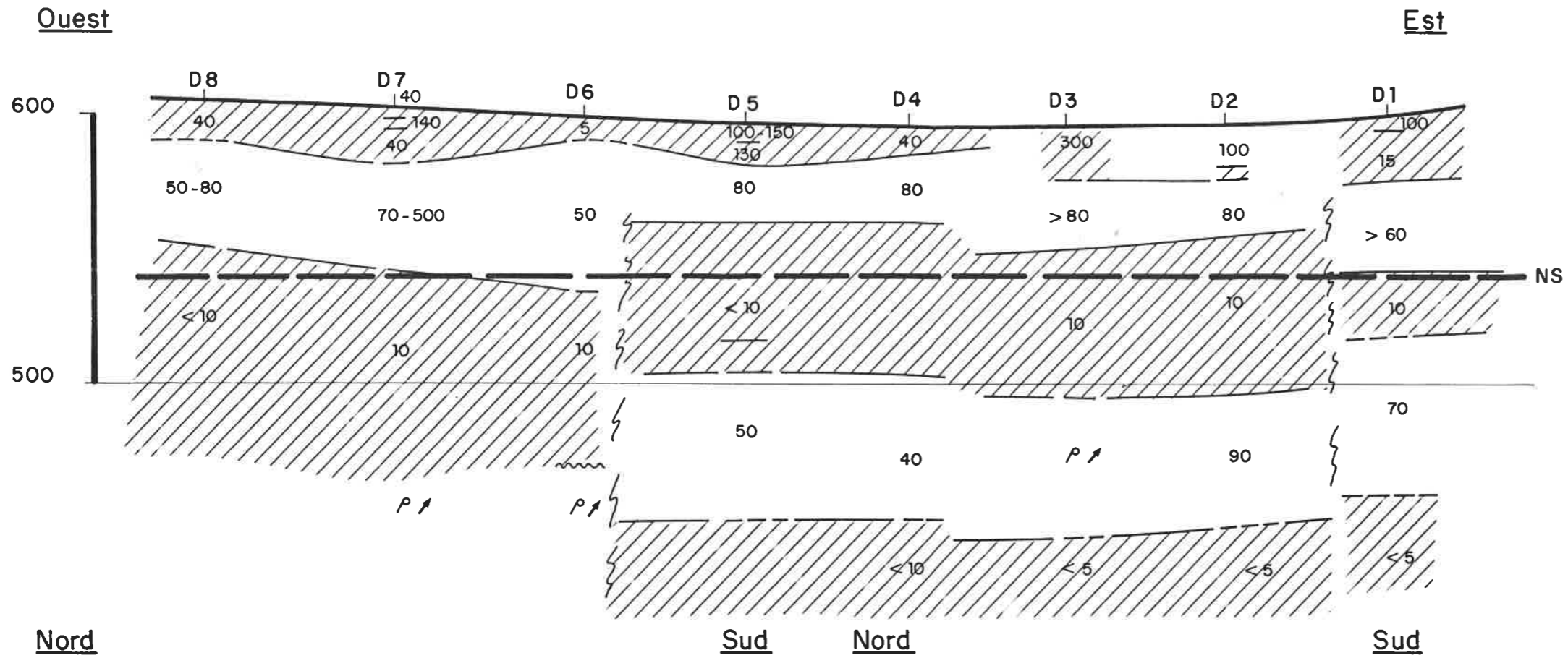
Sud - Est



CPGF3066-03 c

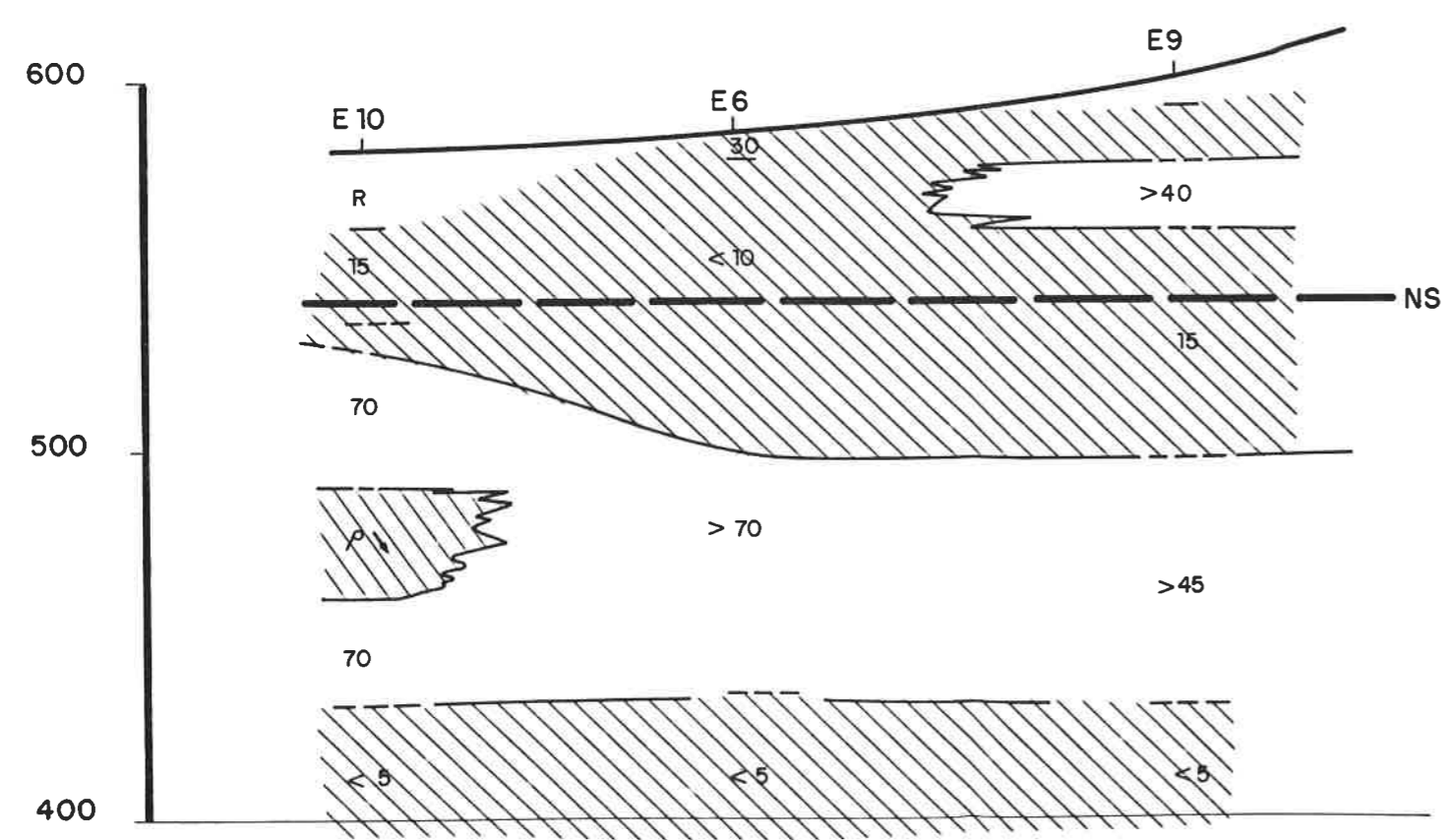
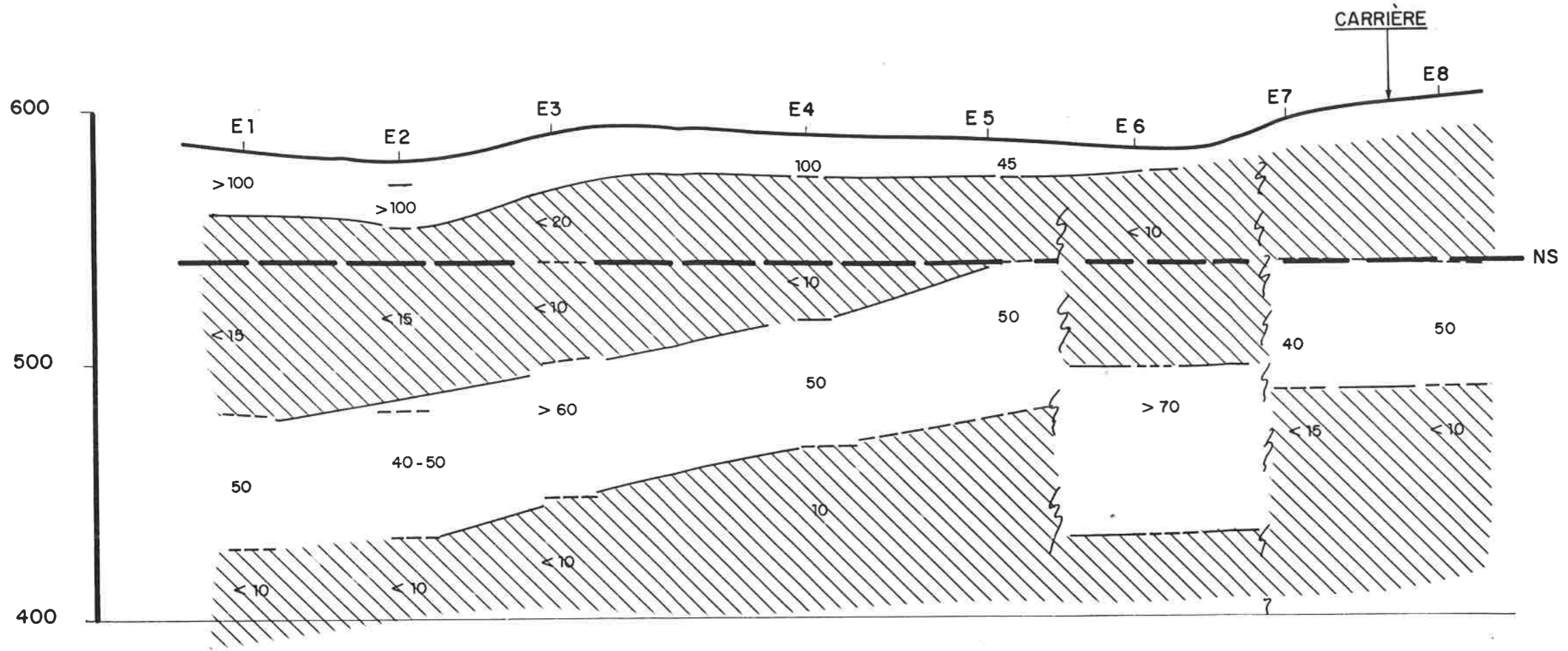
République de Djibouti
 OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI
 ETUDE GEOPHYSIQUE
 DE LA REGION DE MOULOUUD
 COUPES D'INTERPRETATION
 DES SONDAGES ELECTRIQUES
 ZONE C

Echelles h = 1/10 000
 v = 1/10 000
 Les résistivités sont en ohms. m.



CPGF3066-03 d

République de Djibouti
OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI
 —
ETUDE GEOPHYSIQUE
DE LA REGION DE MOULoud
 —
COUPES D'INTERPRETATION
DES SONDAGES ELECTRIQUES
ZONE D
 —
 Echelles h=1/10 000
 v=1/1000
 Les résistivités sont en ohms.m.



CPGF3066-03

République de Djibouti
OFFICE NATIONAL DES EAUX DE DJIBOUTI
 —
ETUDE GEOPHYSIQUE
DE LA REGION DE MOULLOUD
 —
COUPES D'INTERPRETATION
DES SONDAGES ELECTRIQUES
ZONE E

—
 Echelles h=1/10 000
 v=1/1000
 Les résistivités sont en ohms. m.

IV.3 - Conclusions partielles

Les mesures électriques ont mis en évidence la présence de trois niveaux intercalaires dans des niveaux conducteurs. Ces niveaux résistants sont attribuables, pour le niveau superficiel, à des alluvions, et pour les deux niveaux suivants, soit à des basaltes au sens large, soit à des sables ou conglomérats.

Compte tenu des niveaux statiques observés dans le secteur (cote 540 environ), les deux premiers niveaux résistants sont généralement dénoyés et ne peuvent constituer de ce fait un aquifère.

Seul le résistant profond présente un intérêt. A l'exception de la zone C, ce niveau a été reconnu plus ou moins partiellement dans chaque zone. Mais nous retiendrons plus particulièrement les zones D et E. Celles-ci présentent en effet une extension latérale de l'horizon résistant profond. En outre, elles semblent avoir été affectées par une importante activité tectonique, d'où une fracturation particulièrement favorable du point de vue hydrogéologique.

oOo

V. - CONCLUSIONS

L'étude géophysique réalisée entre MOULOUUD et DOUDOUB BALOLE en vue d'améliorer les ressources en eau potable d'ALI SABIEH, a permis de dégager les secteurs favorables à des reconnaissances par forage. Il s'agit des secteurs D et E et des points D2 et E6, et éventuellement du point B7 dans le secteur B.

La profondeur de ces forages devrait être de l'ordre de 150 m environ. Ils devront en tout état de cause atteindre la base des assises résistantes. Le but de ces reconnaissances est de tester les niveaux compris entre 70 et 90 m pouvant correspondre, soit à des niveaux sablo-graveleux, soit à des basaltes fracturés.

D'un point de vue hydrogéologique, compte tenu de la faible pluviométrie, les conditions d'alimentation de cet aquifère devront faire l'objet d'une étude détaillée afin d'éviter une surexploitation de la nappe.

J.M. BATTAREL

Chef du Département Hydrogéologie



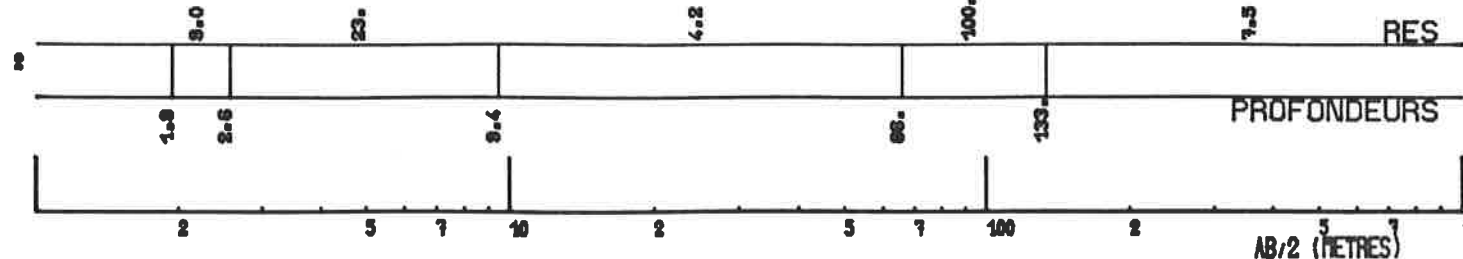
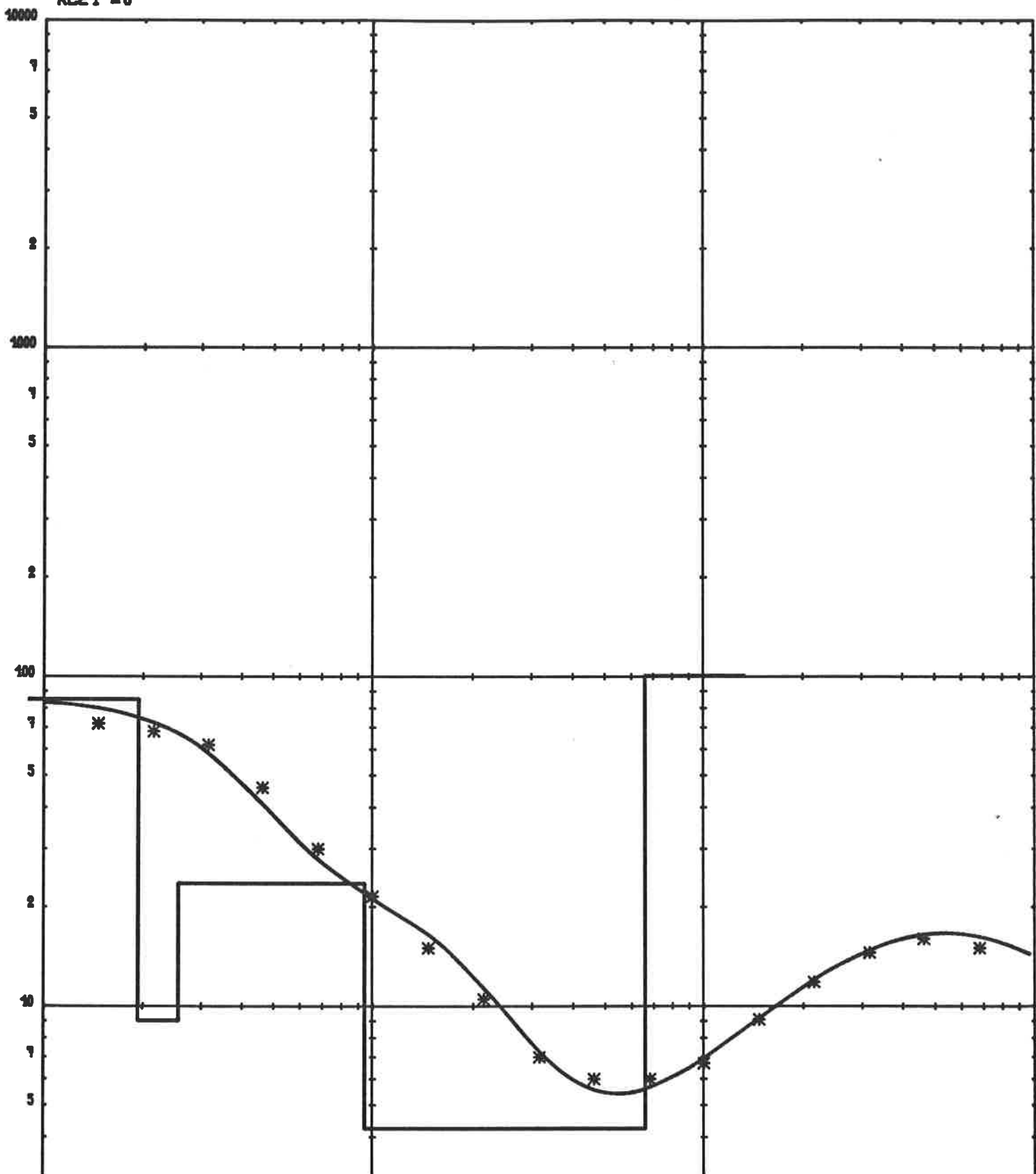
F. LENCLUD

Ingénieur Hydrogéologue



KLE1 - 6

RESISTIVITES OHM.M



RES

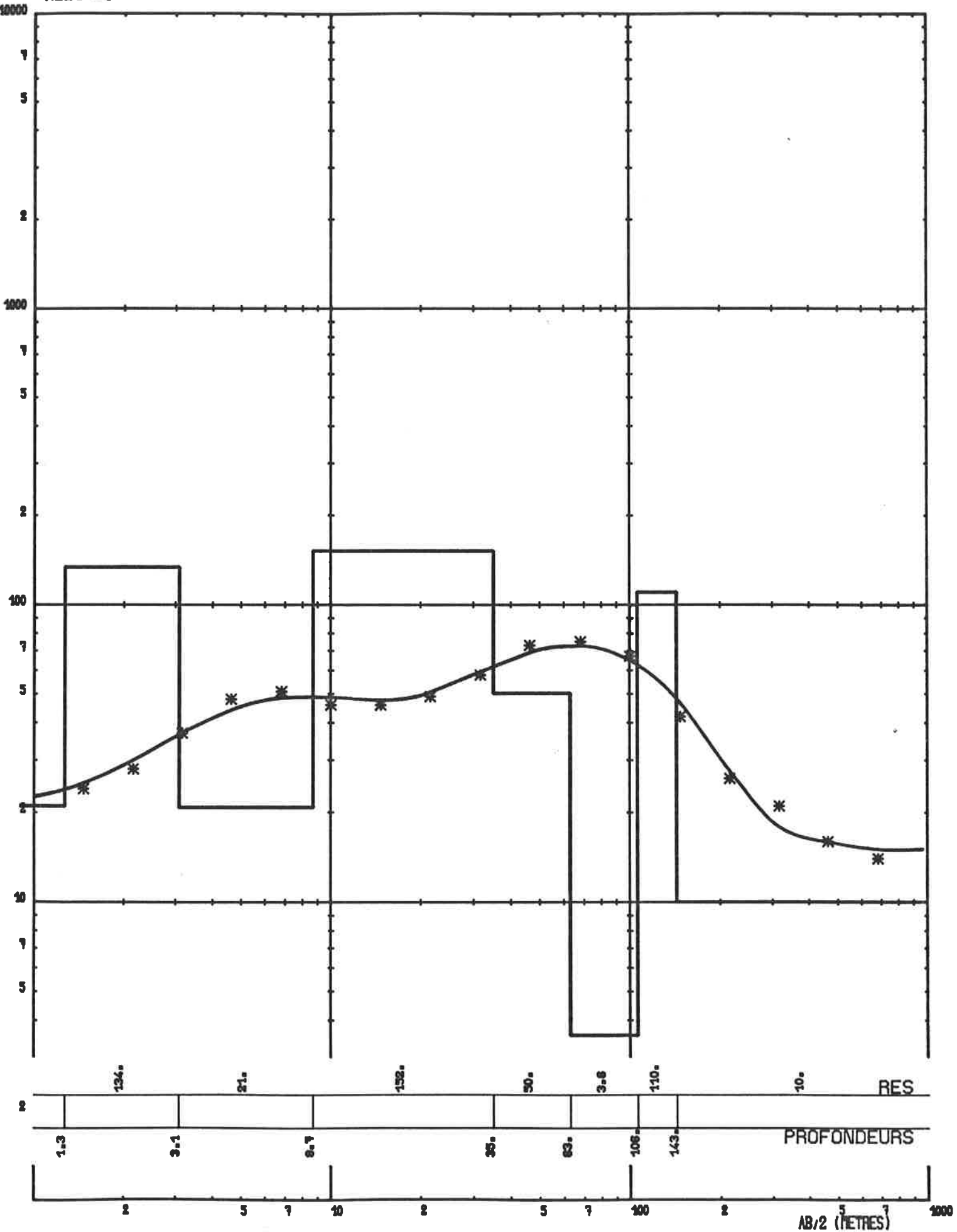
PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



KLE1 -6

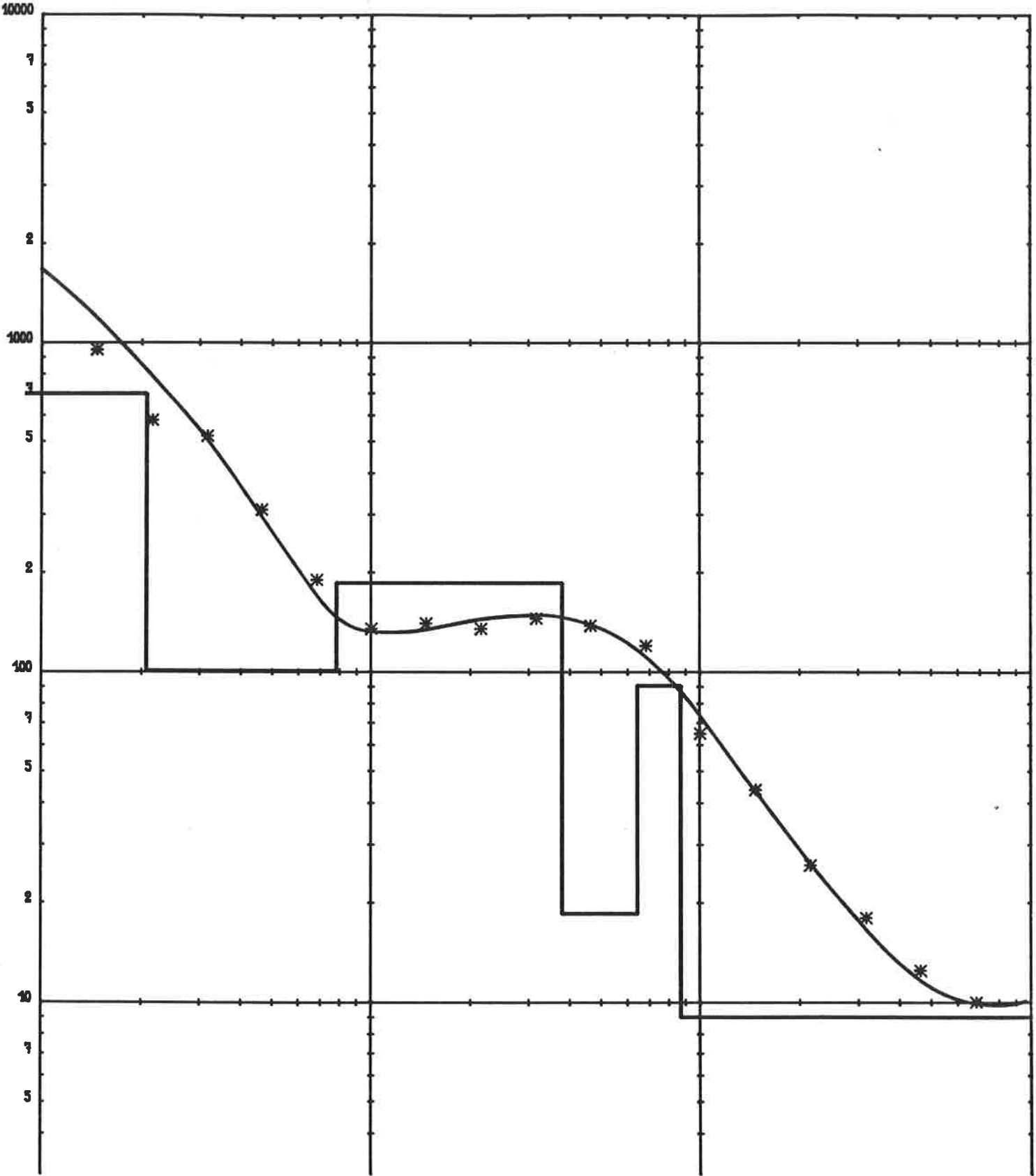
RESISTIVITES OHM.M





KLE1 = 6

RESISTIVITES OHM.M



1000. 100. 10. 1. 0.1
1000. 100. 10. 1. 0.1
RES

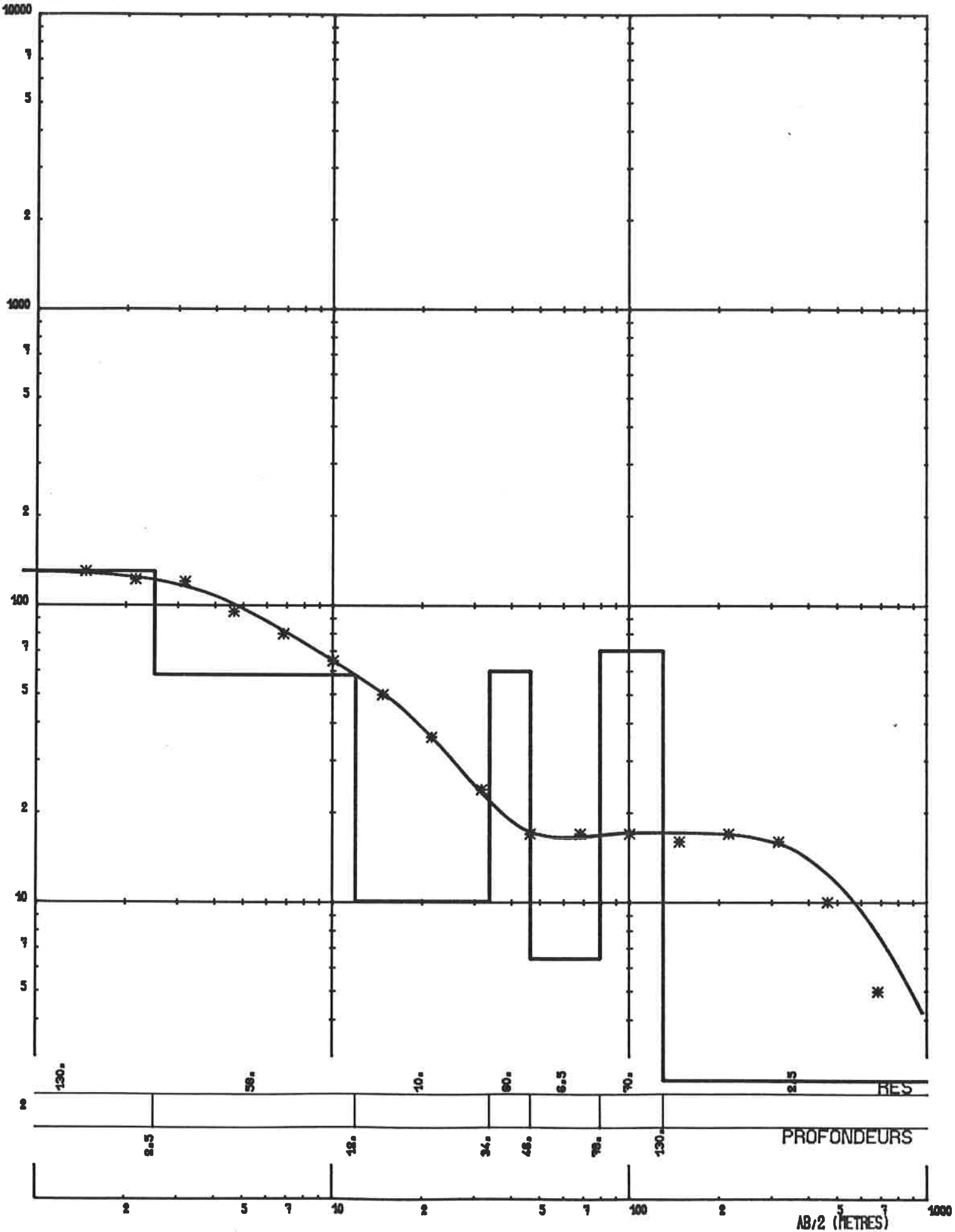
PROFONDEURS

2 5 10 20 50 100 200 500 1000
AB/2 (METRES)



KLE1 = 6

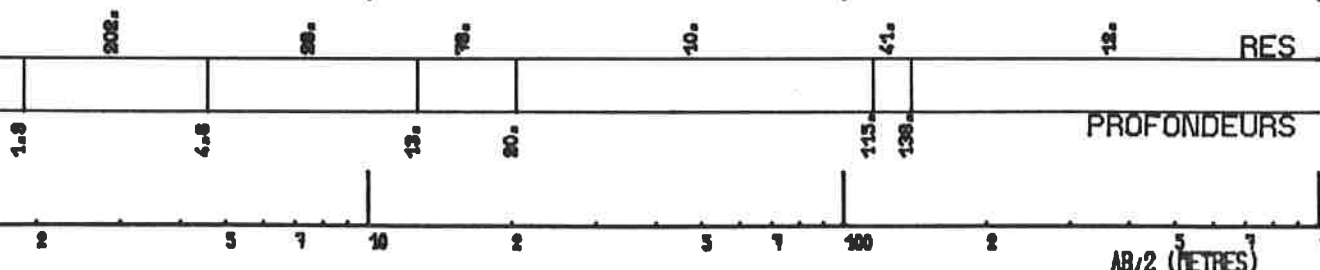
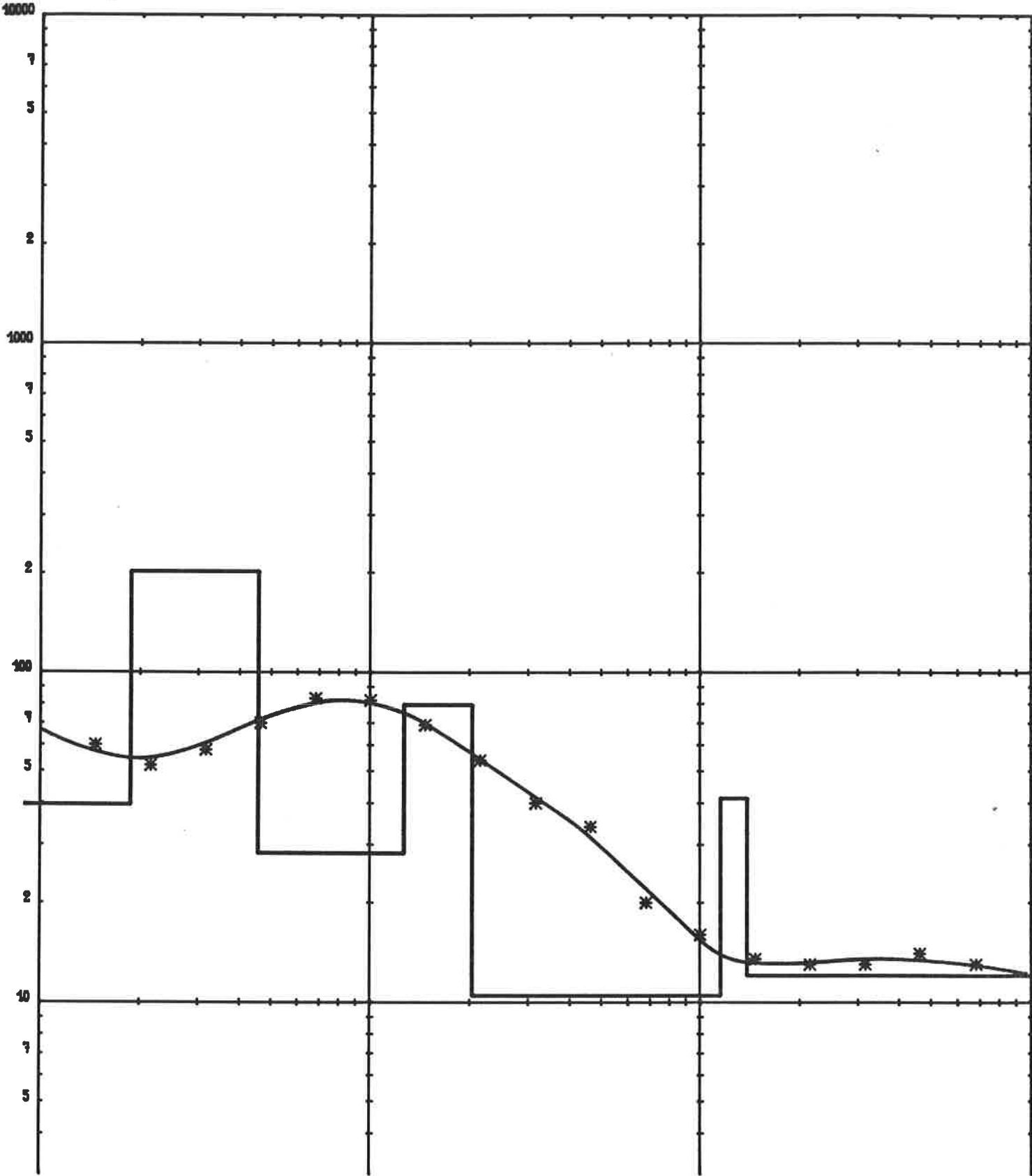
RESISTIVITES OHM.M





KLE1 = 6

RESISTIVITES QUM-M



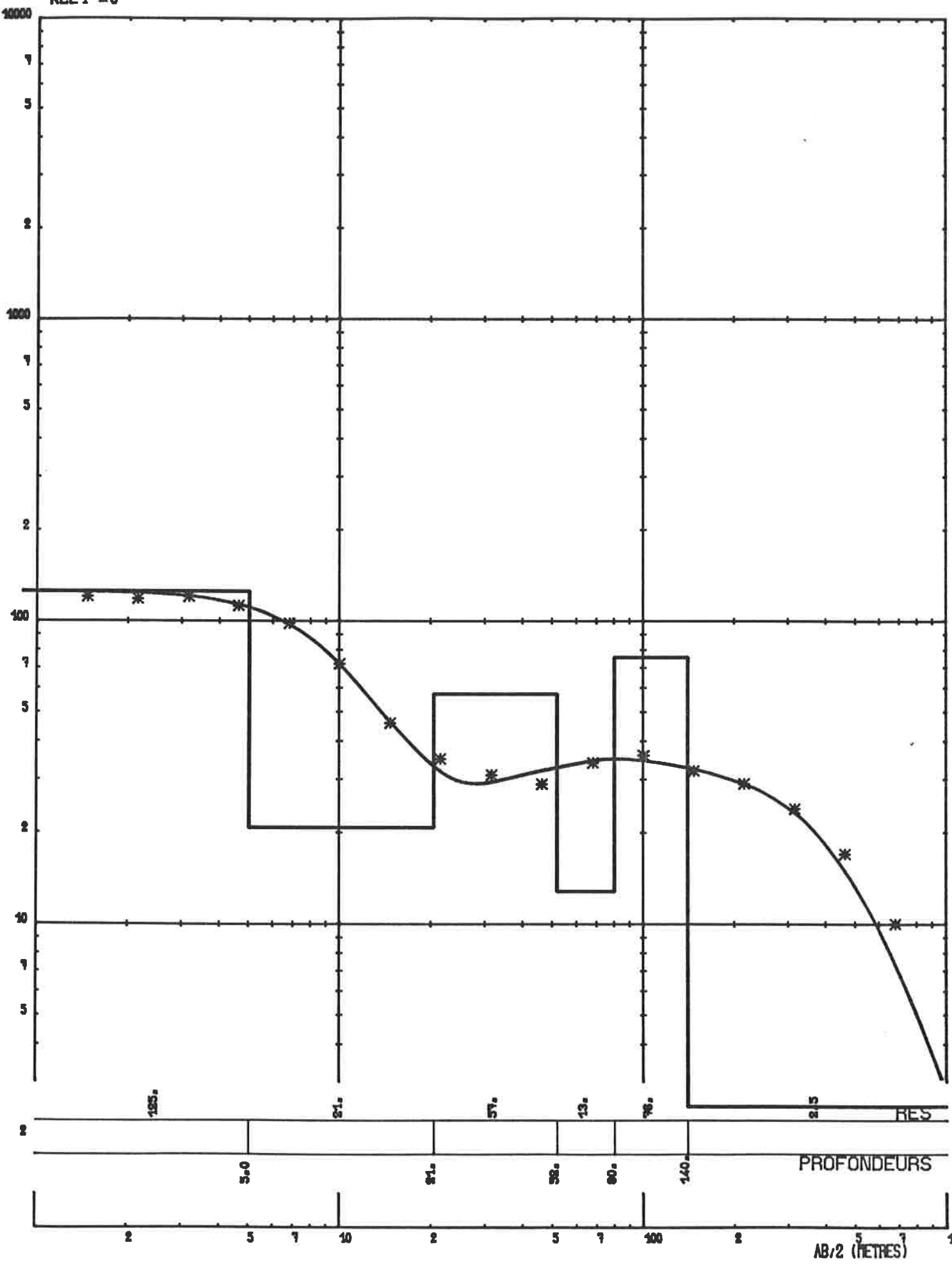
AB/2 (METRES)



COURBE IDENTIFIEE _____

KLE1 = 6

RESISTIVITES OHM.M

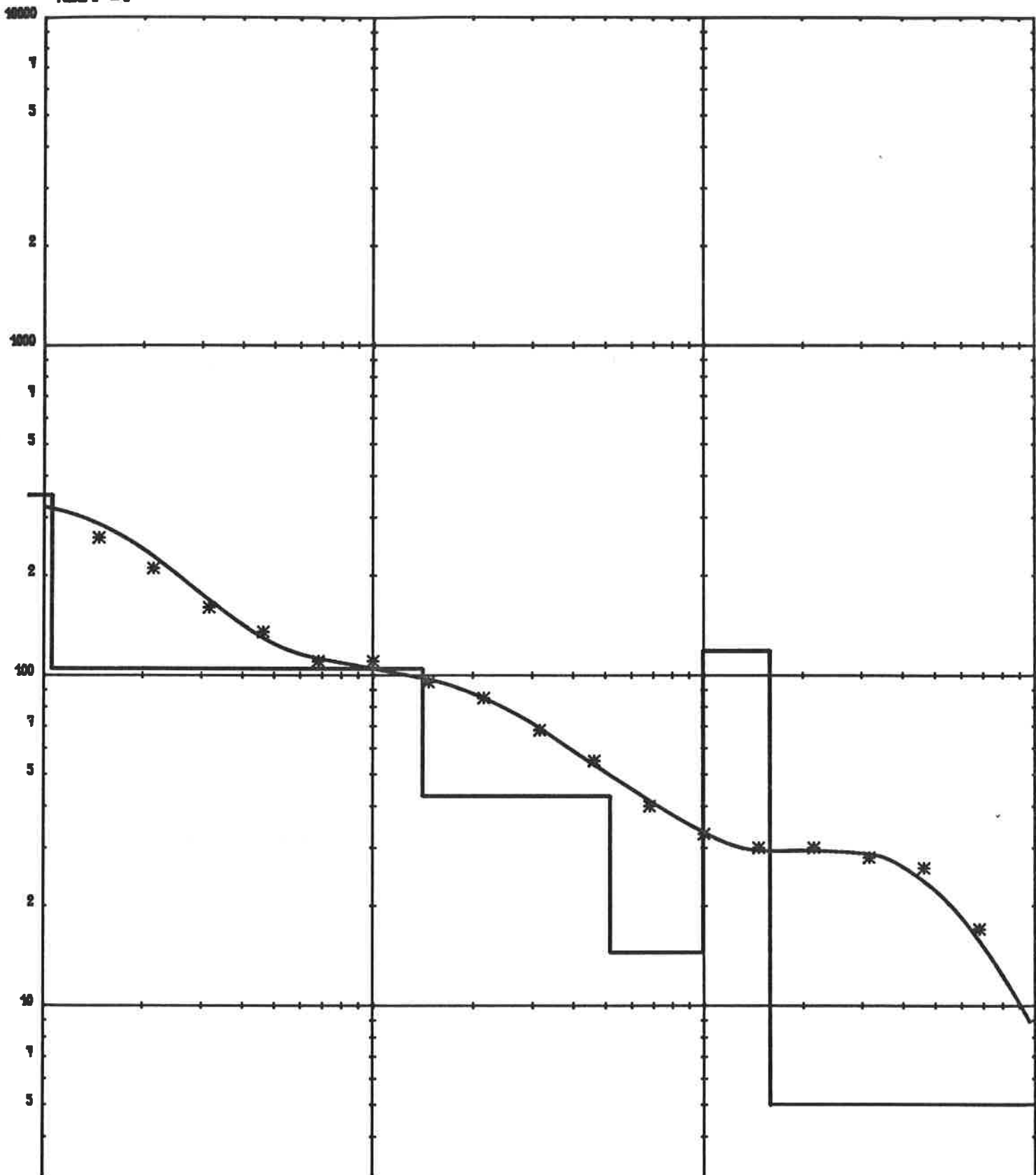




COURBE IDENTIFIEE _____

KLE1 = 6

RESISTANCES QM-M



104. 43. 14. 118. 5.0 RES

1.1 14. 32. 88. 158. PROFONDEURS

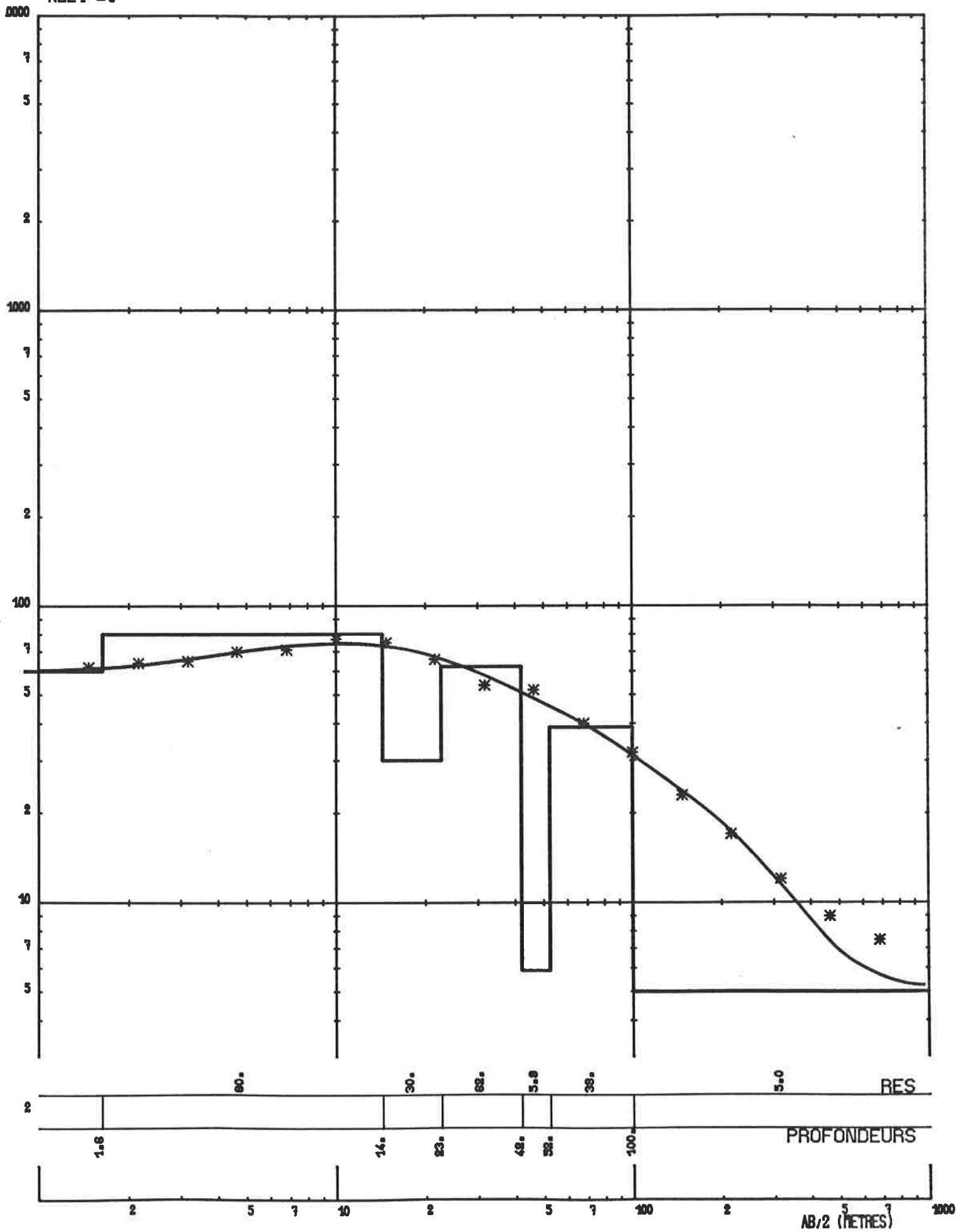
2 5 1 10 2 5 1 100 2 5 1 1000

AB/2 (METRES)



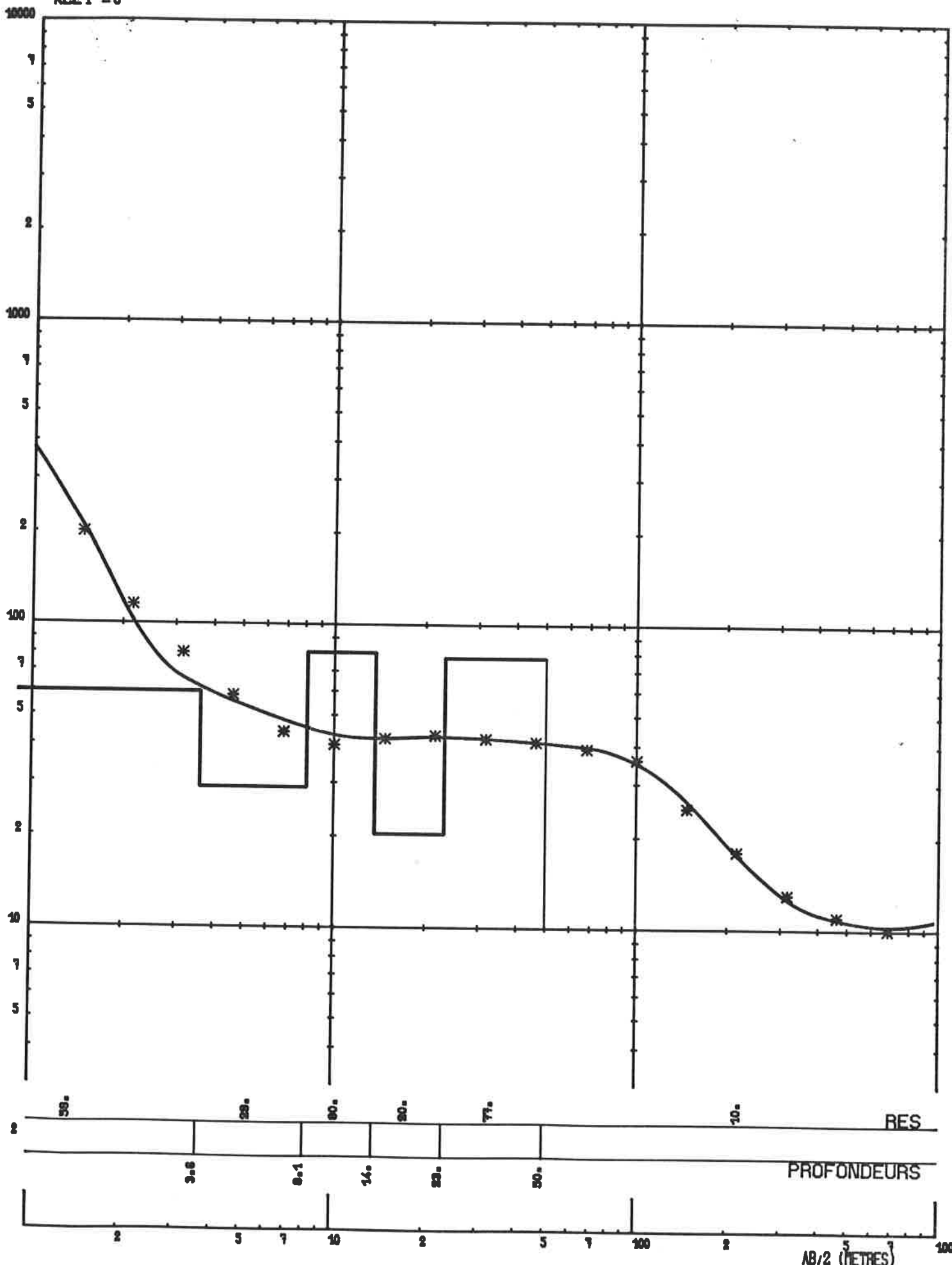
COURBE IDENTIFIEE _____

KLE1 = 6





KLE1 = 6

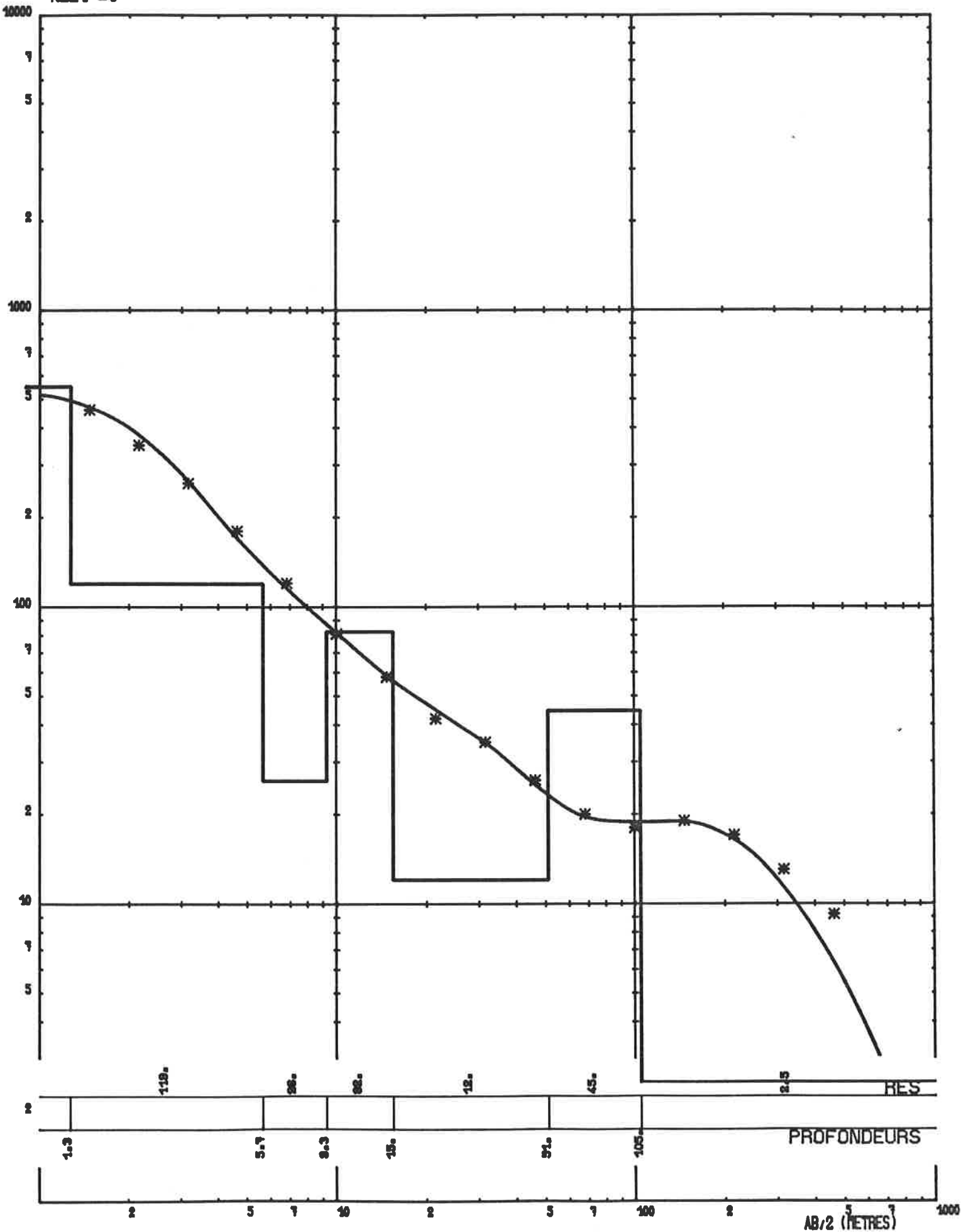


STIL 3 04



KLE1 = 6

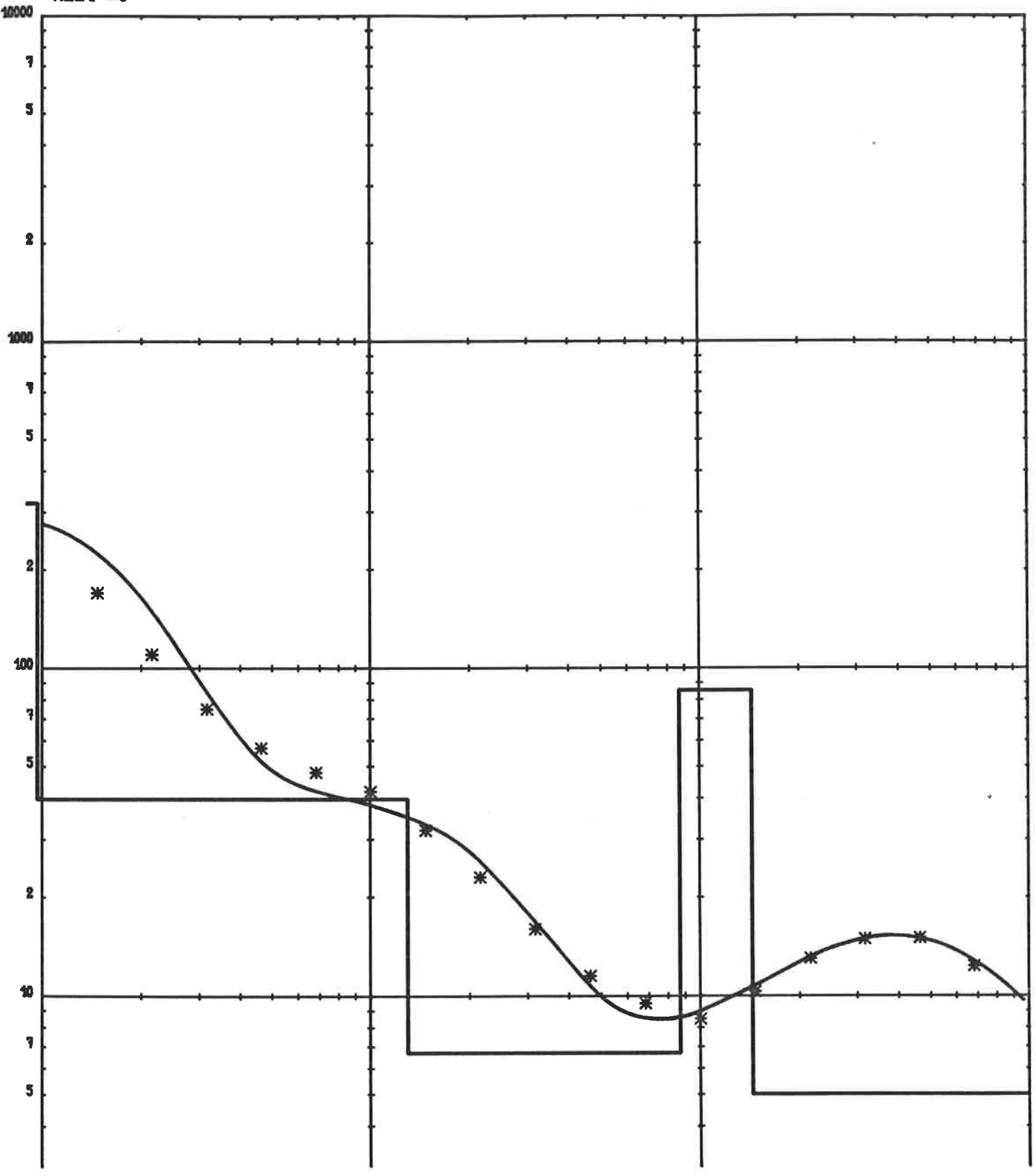
RESISTIVITES OHM.M





KLE1 = 6

RESISTIVITES OHM.M



40. 60. 80. 50. RES

1.0 10 100 1000
13. 67. 144. PROFONDEURS

AB/2 (METRES)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F. 1304

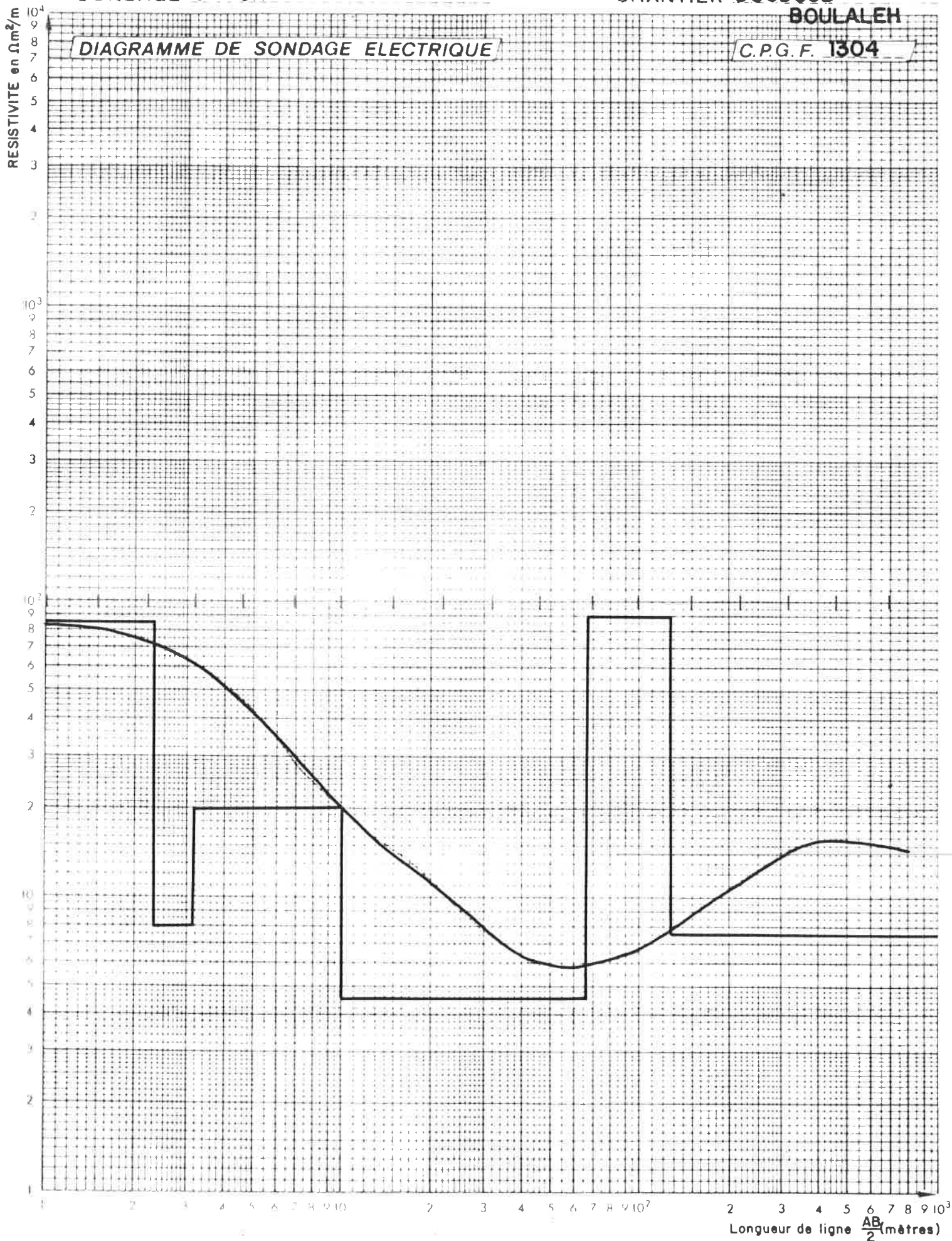


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

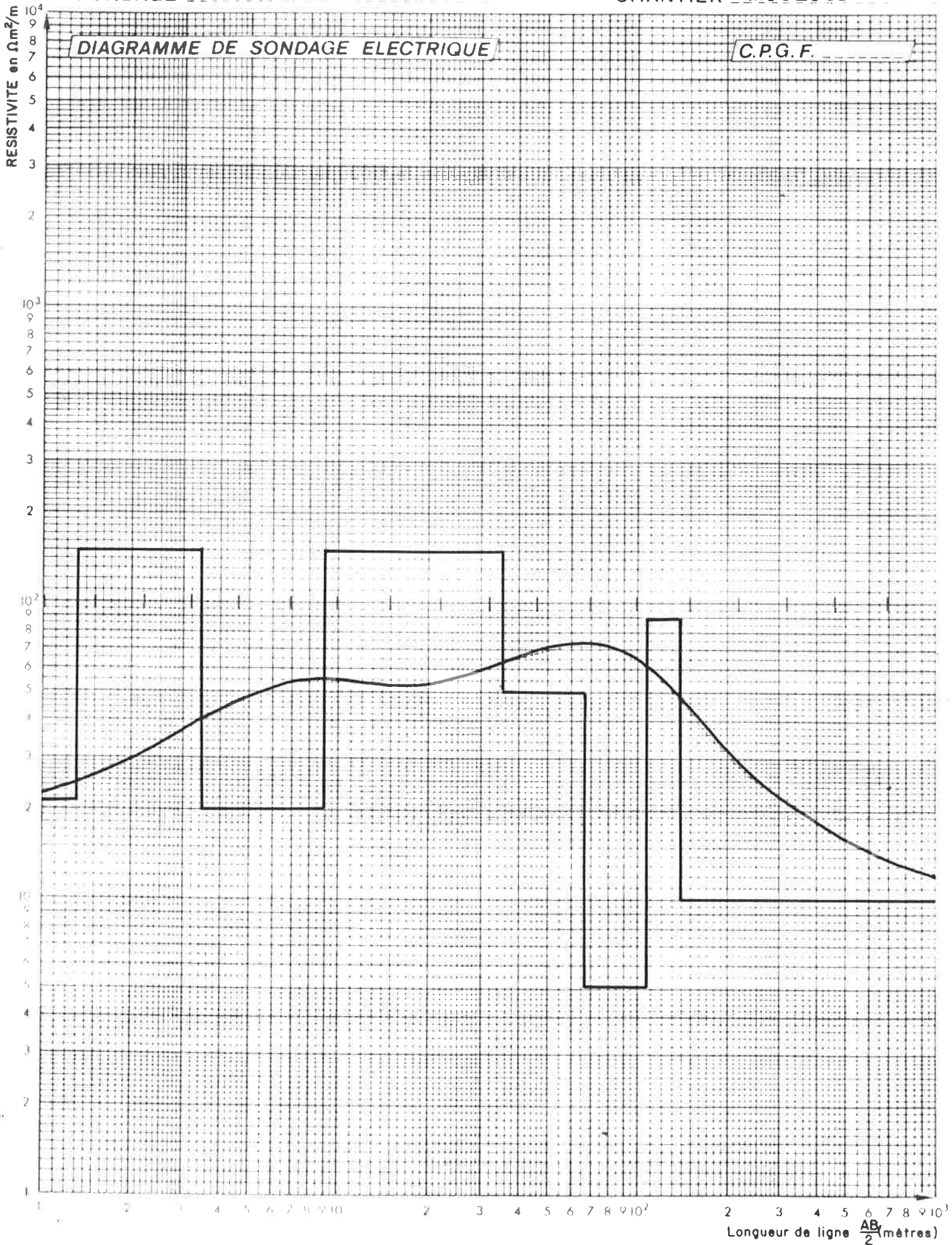
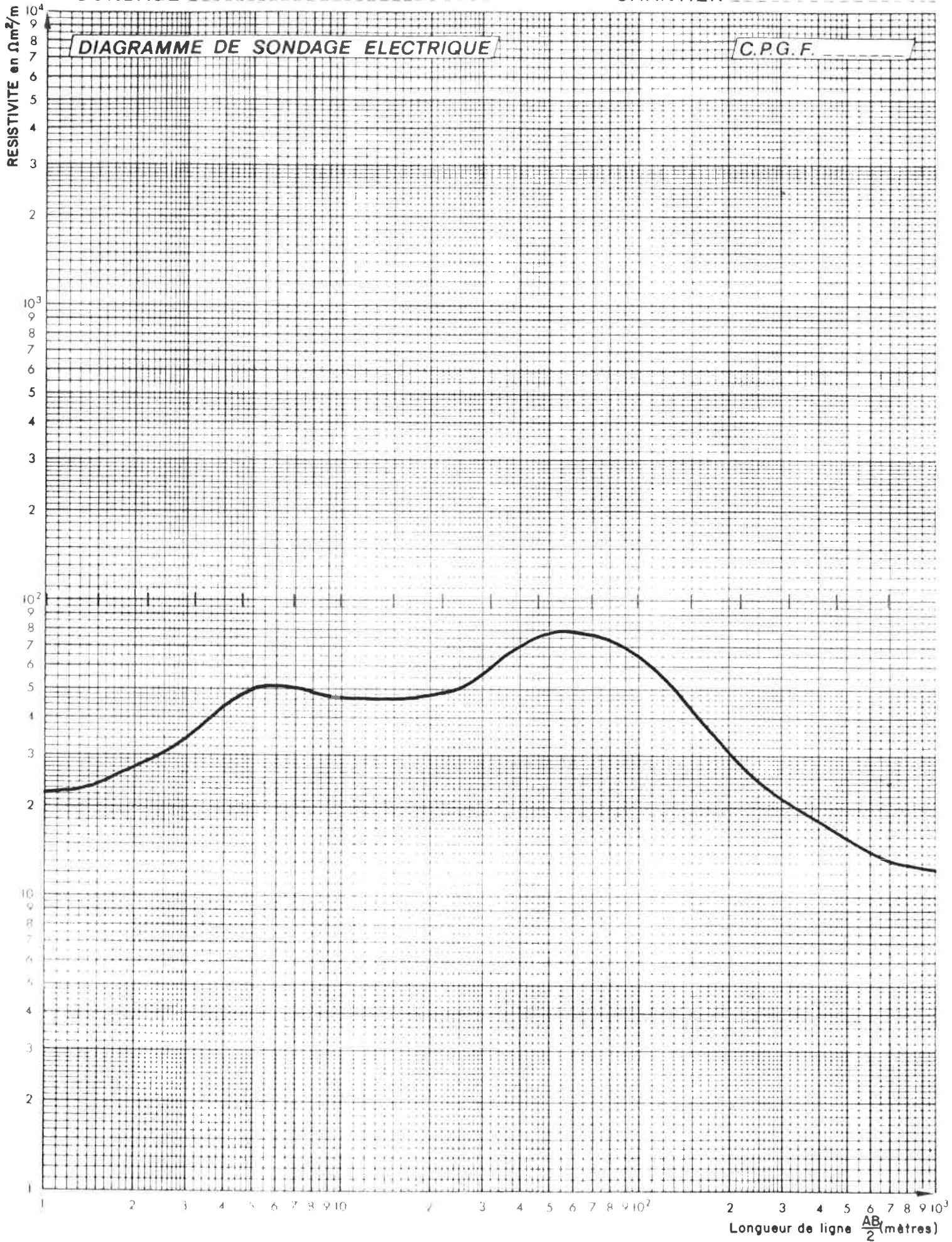


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



SONDAGE A2

CHANTIER MOULOU

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

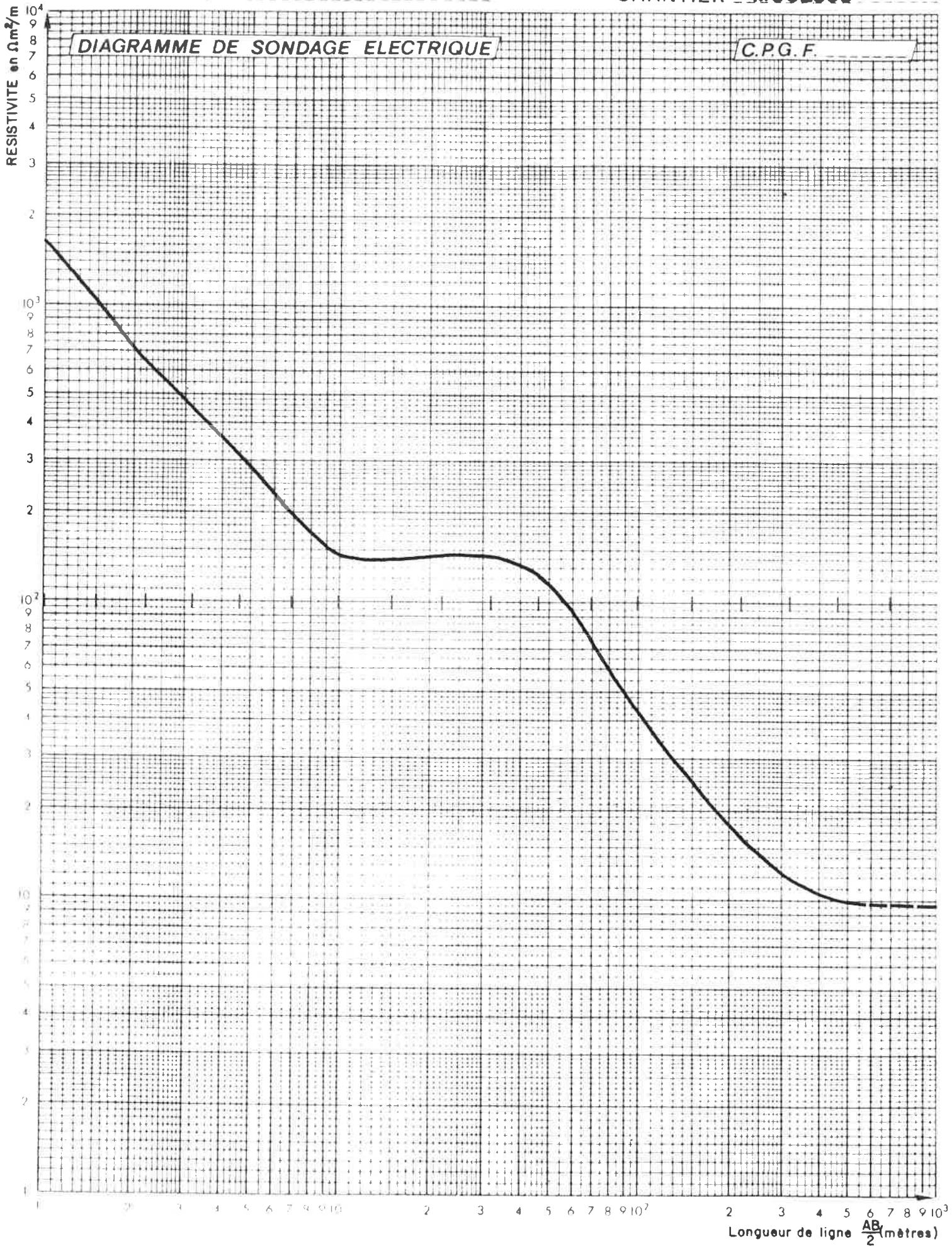


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

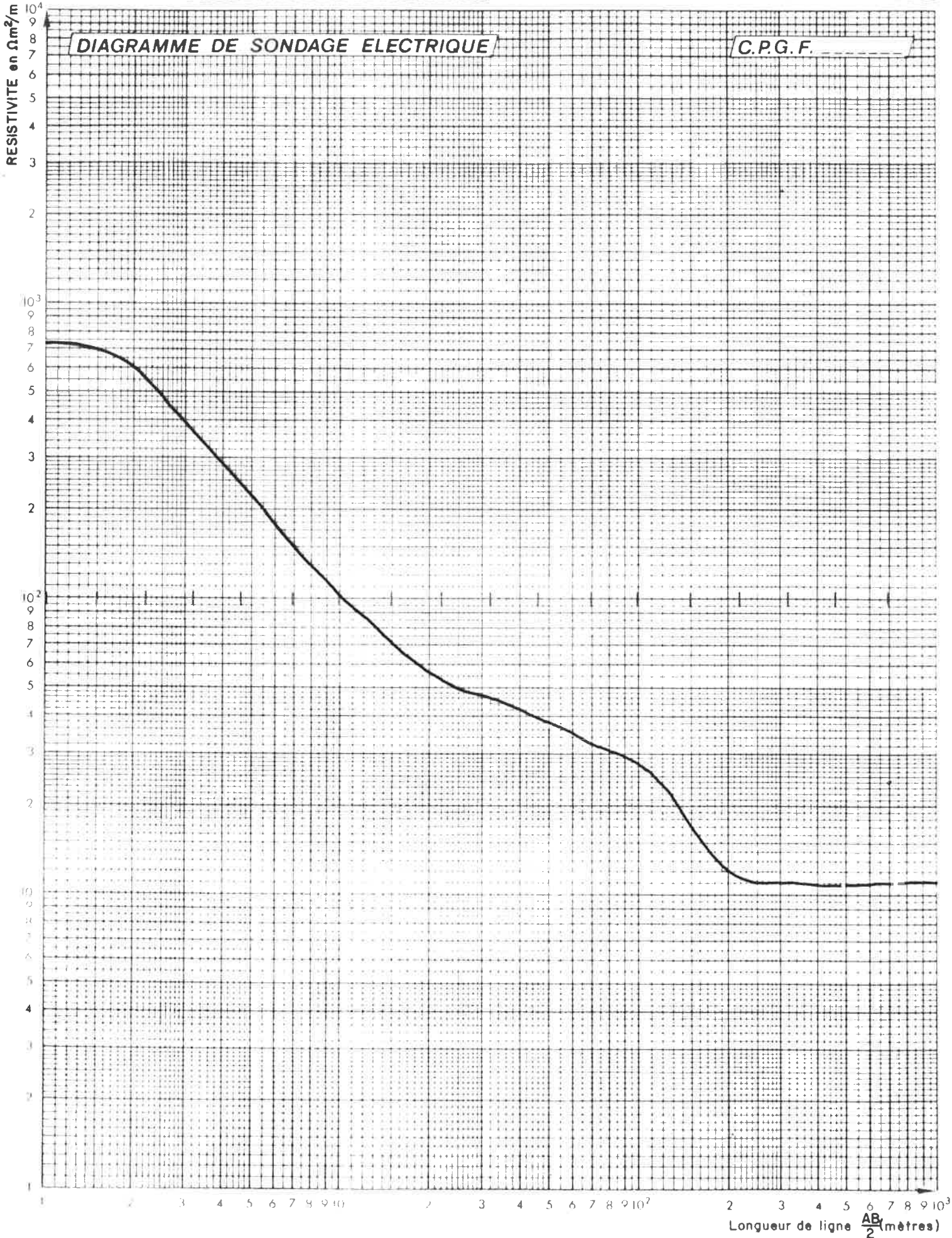
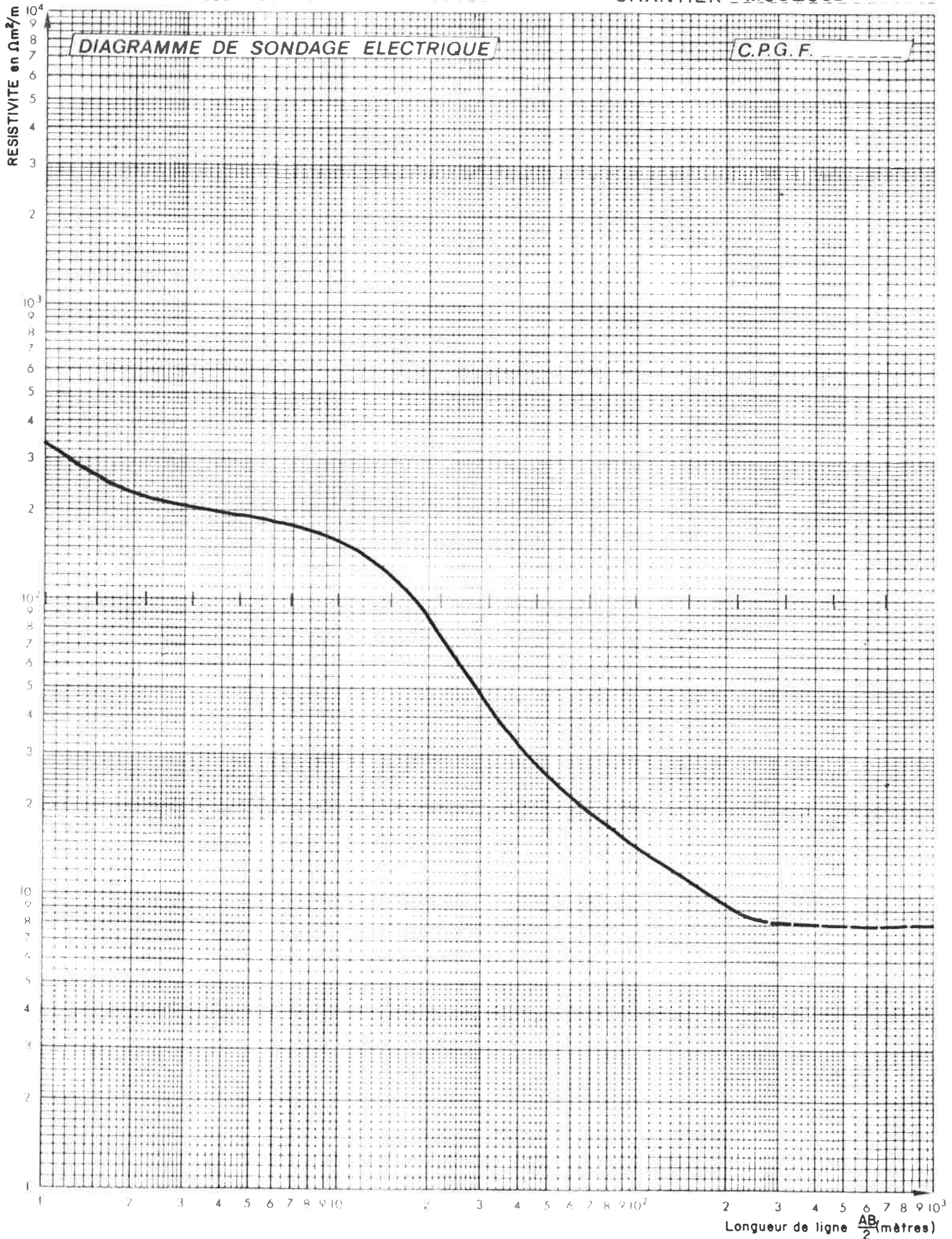


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



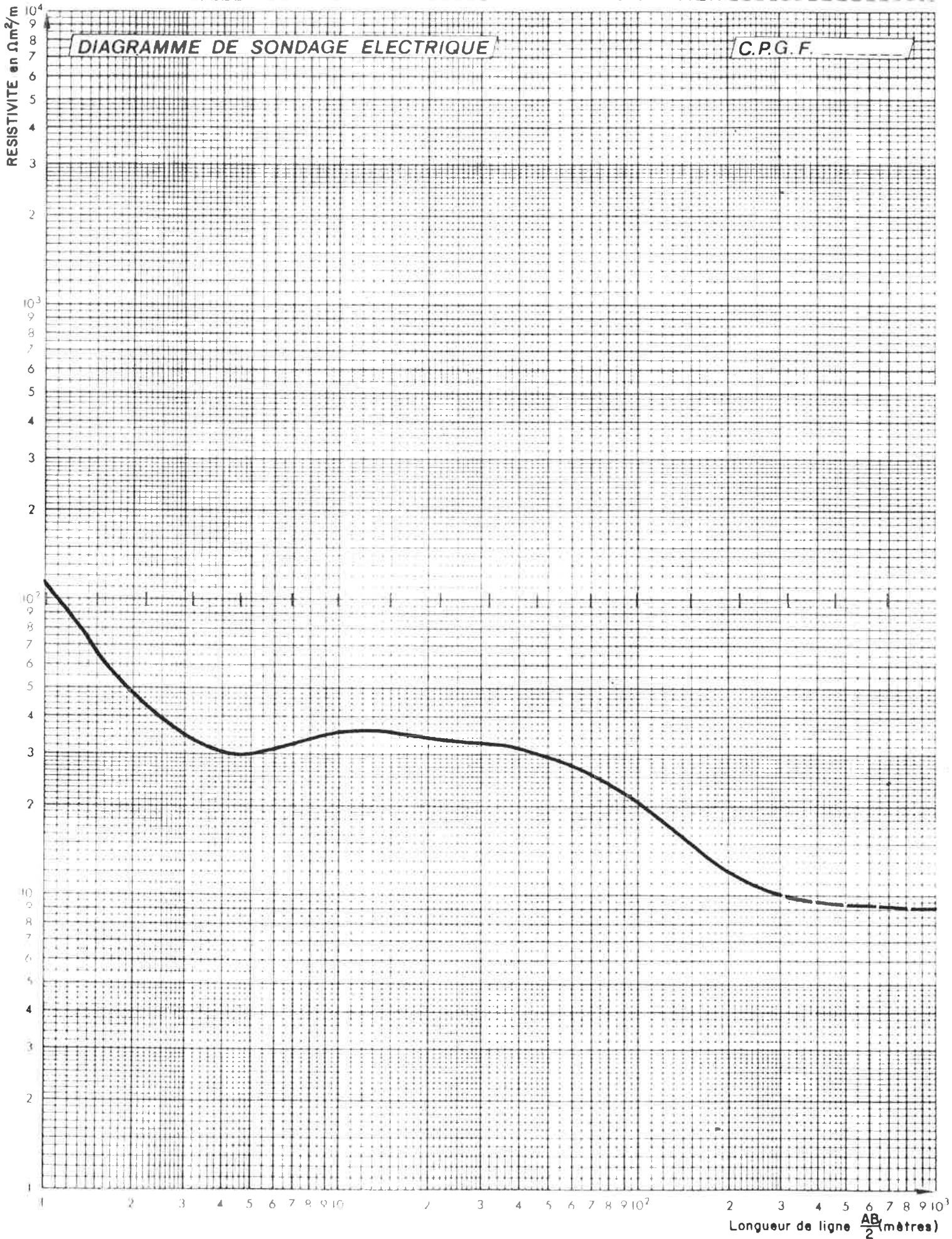
Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (metres)

SONDAGE A5

CHANTIER MOULOU

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



SONDAGE **A6**

CHANTIER **MOULOD**

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

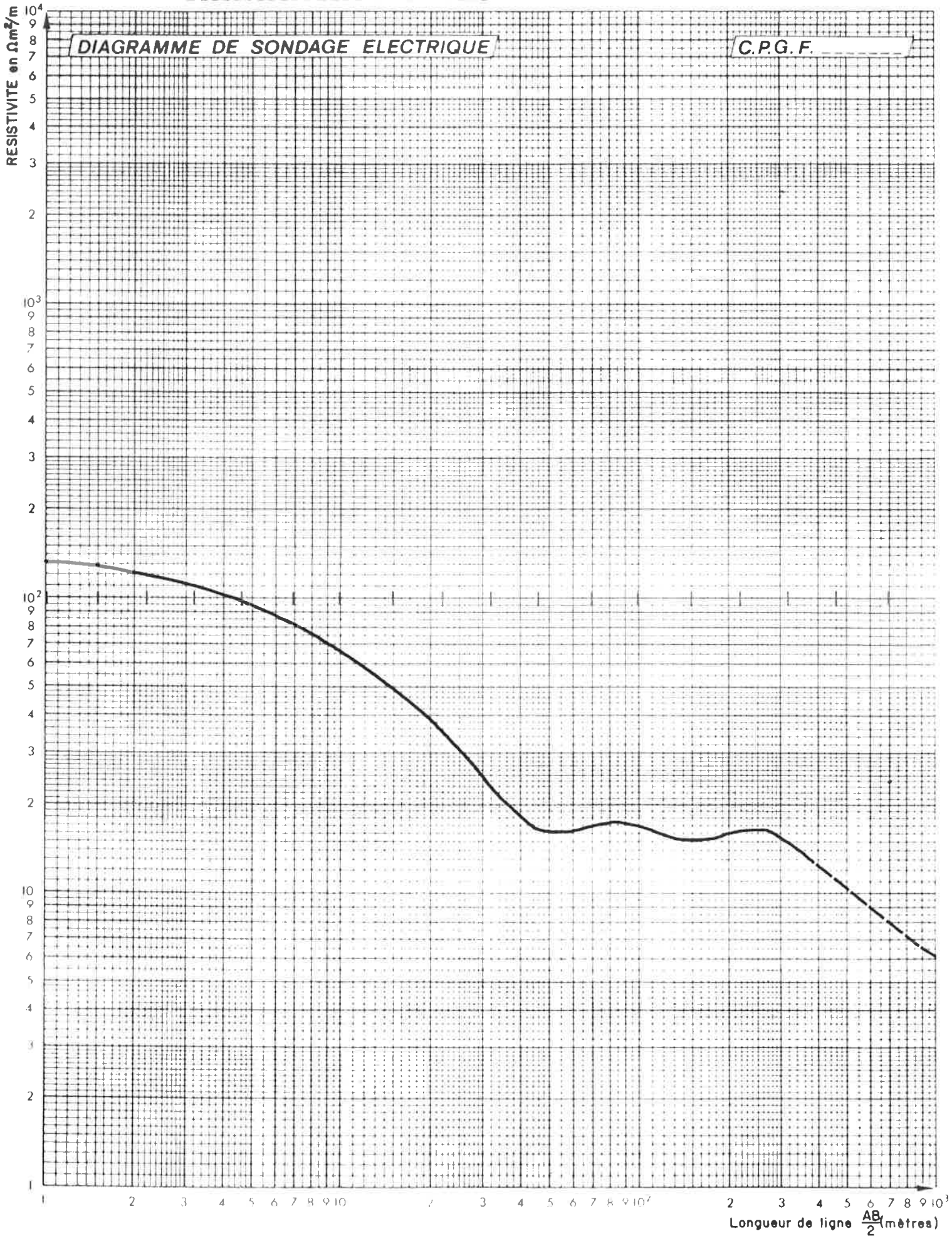


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

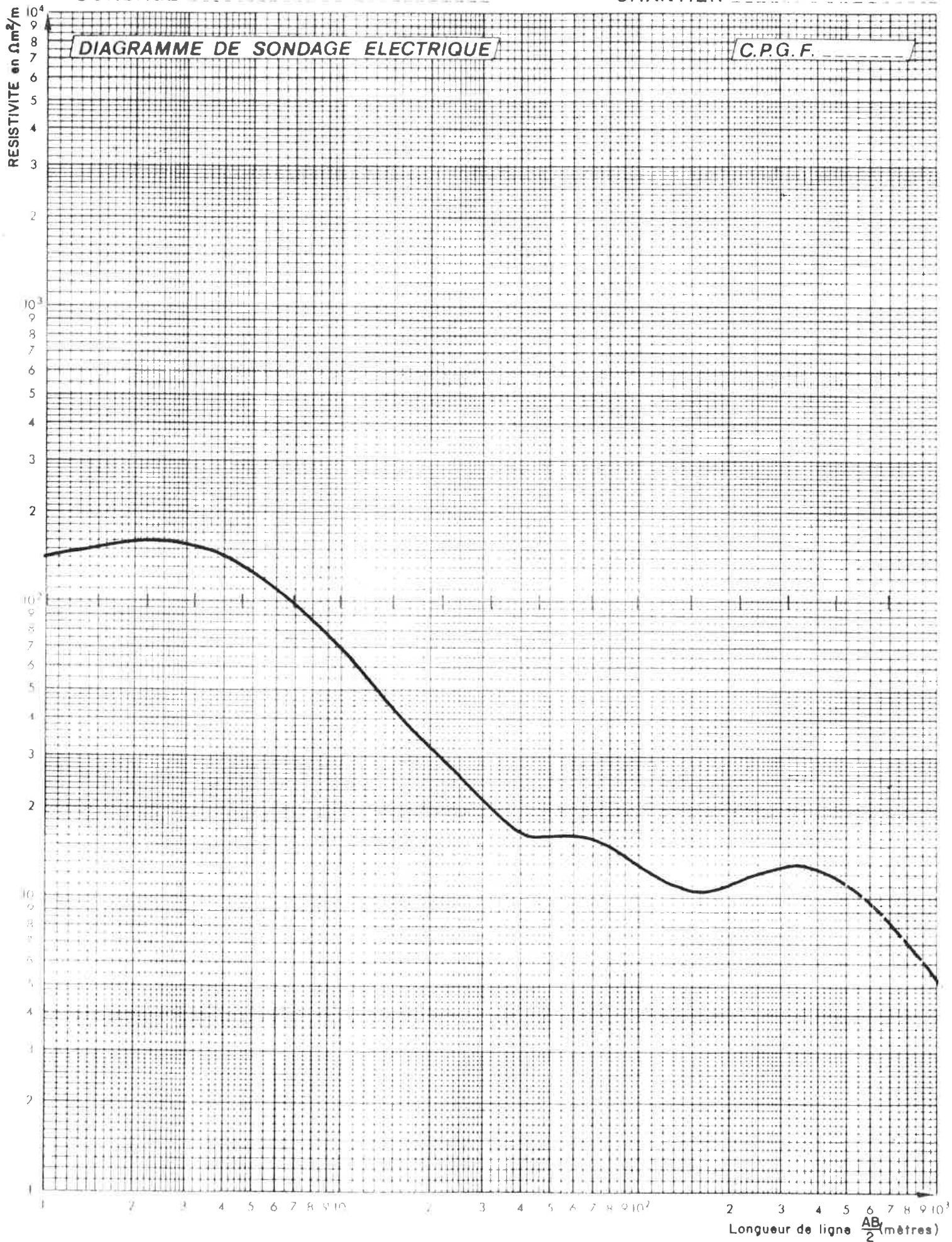


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

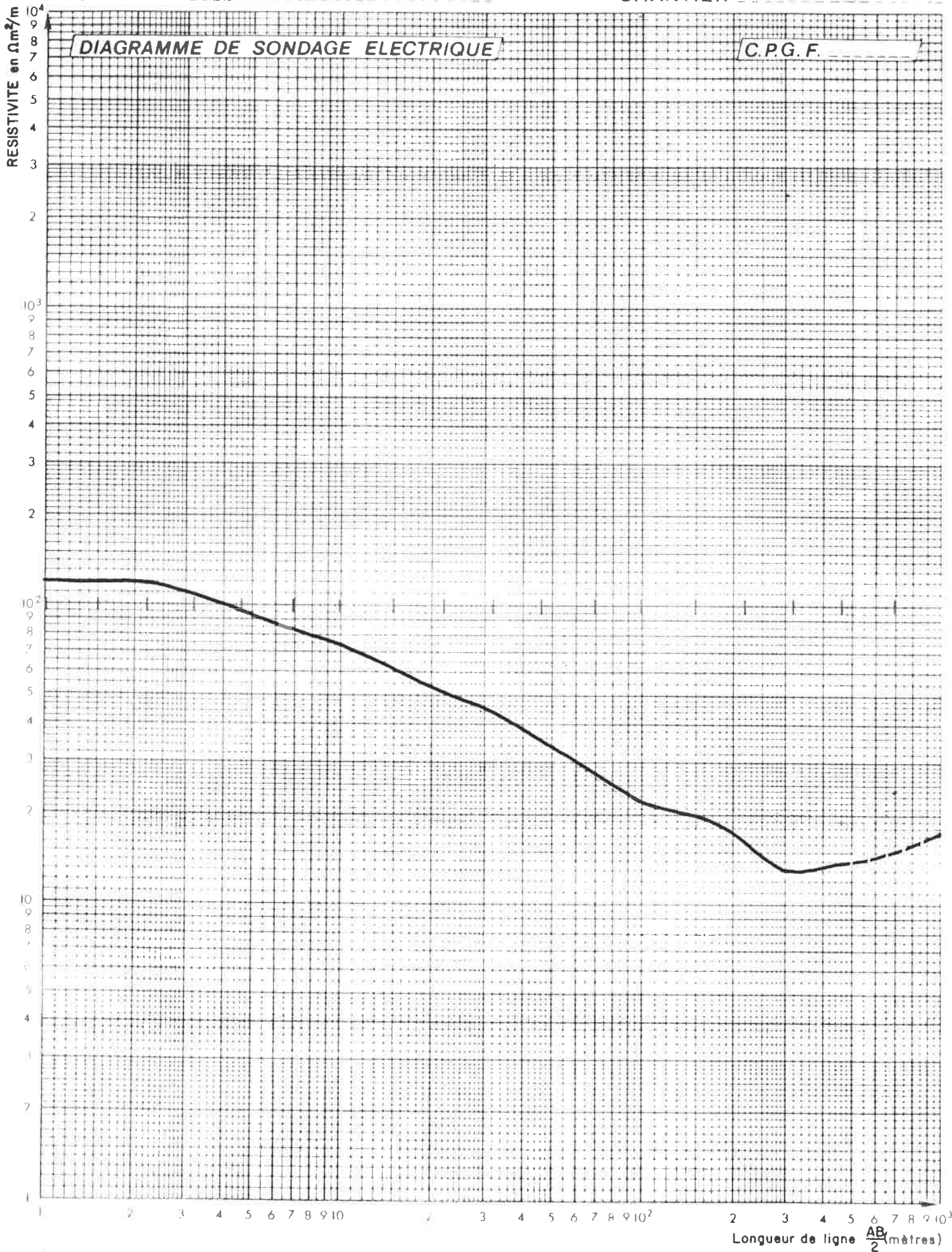


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

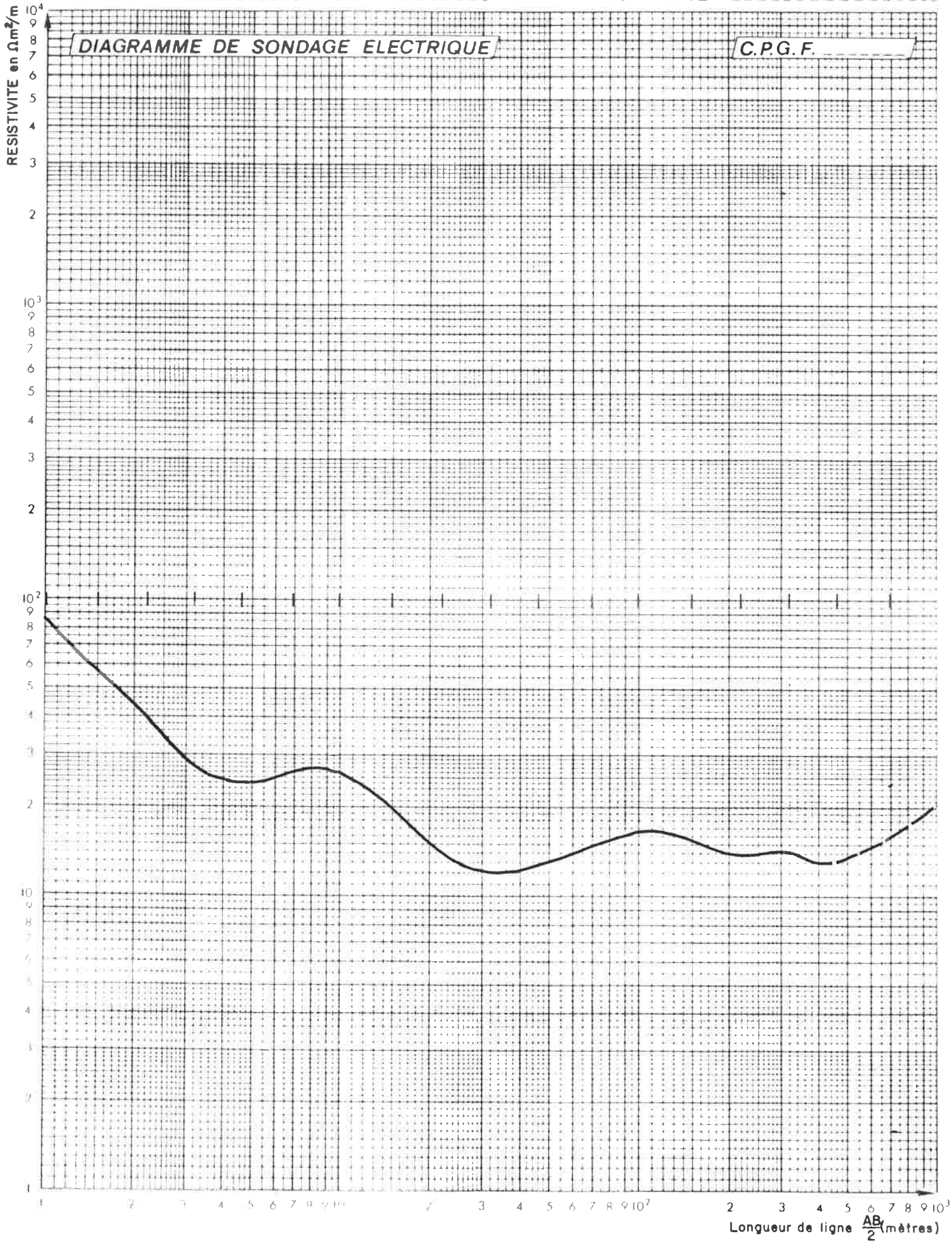
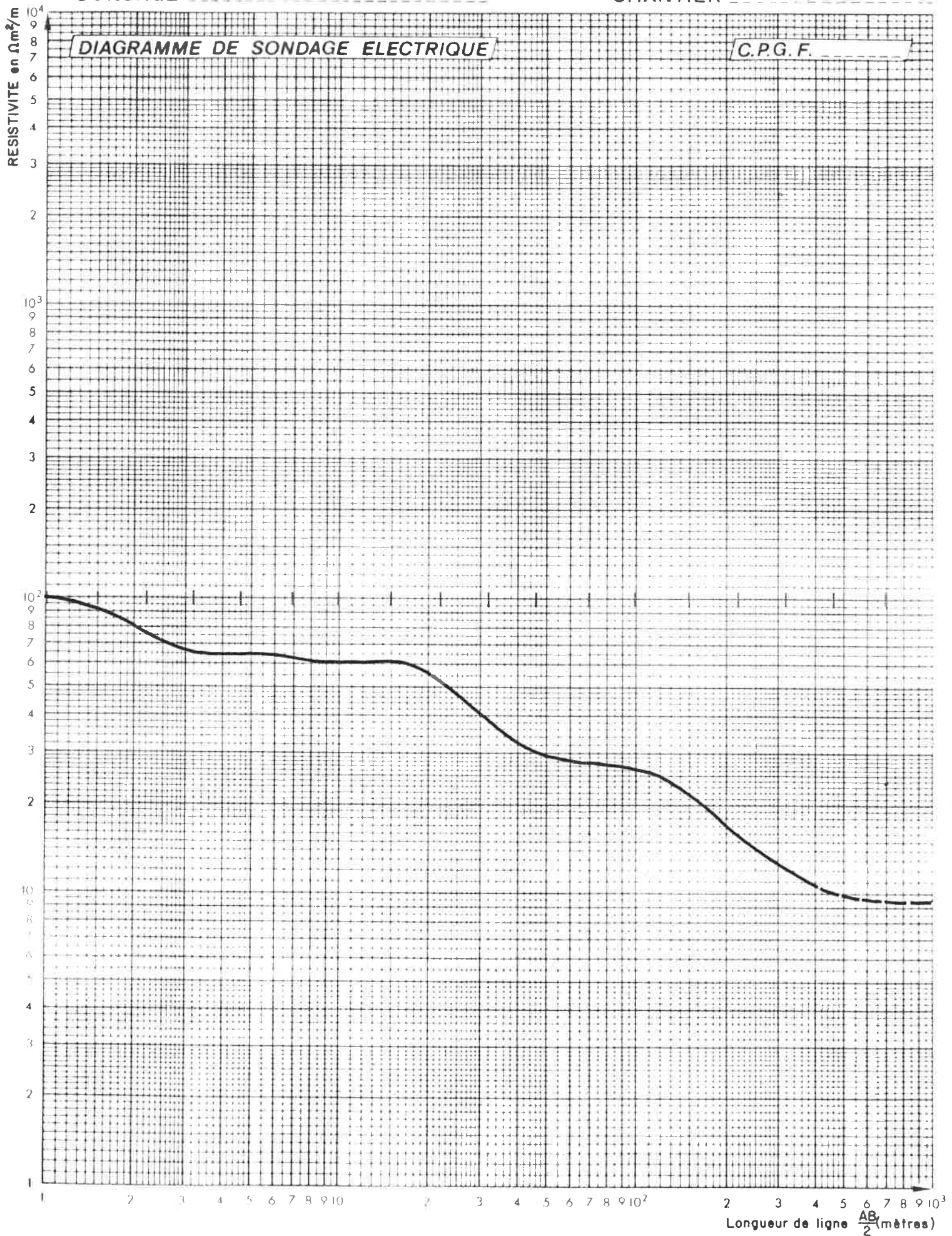


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



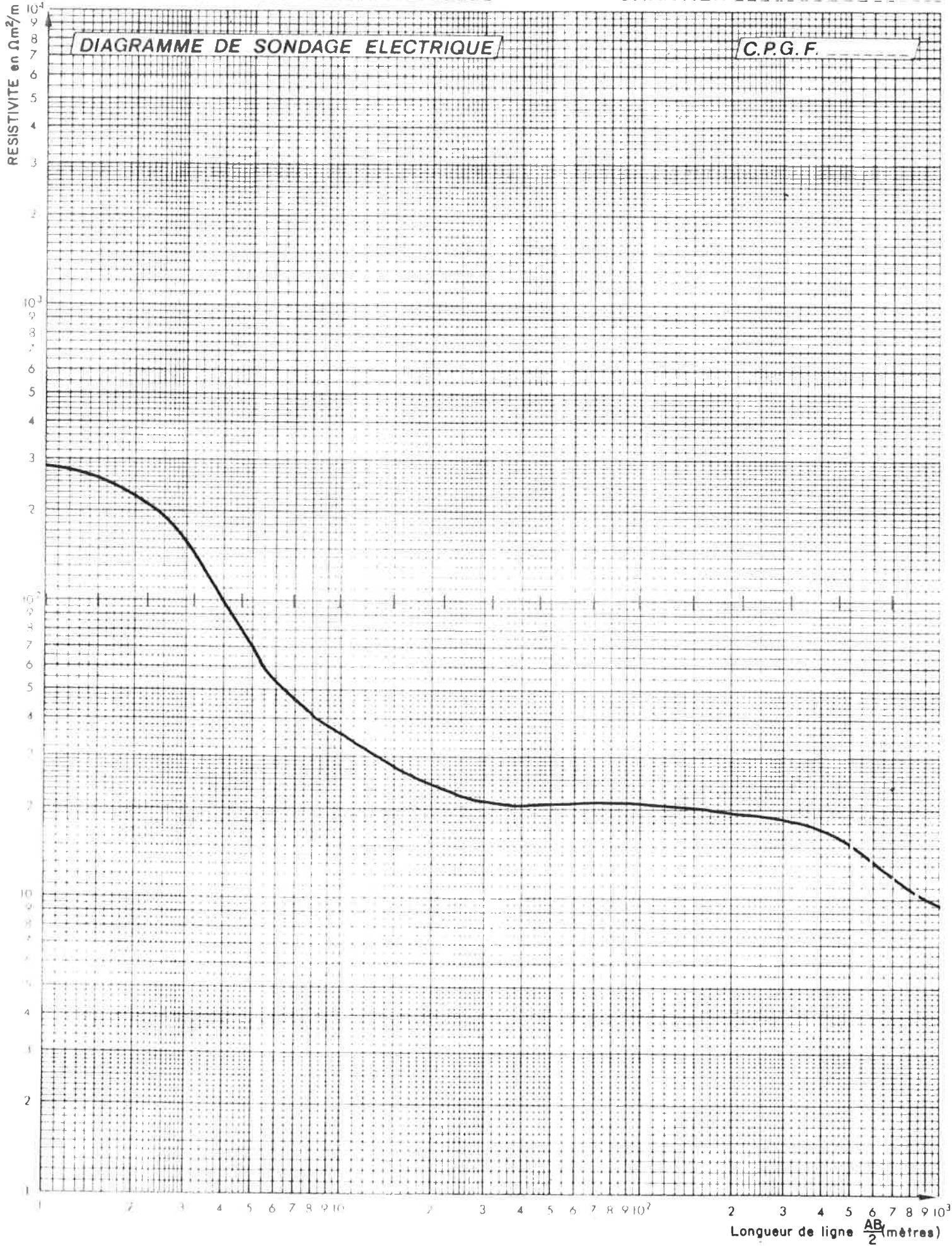


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

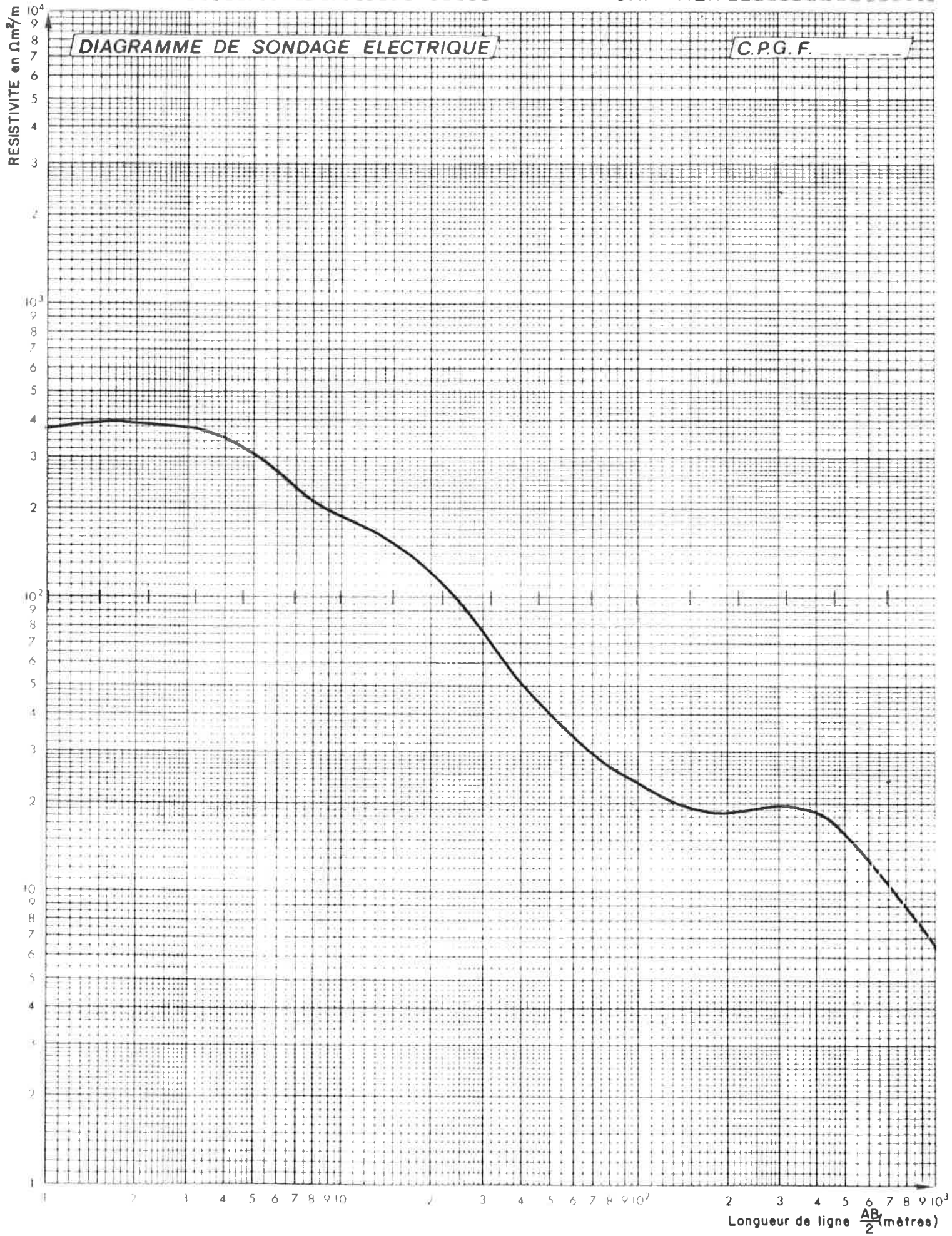
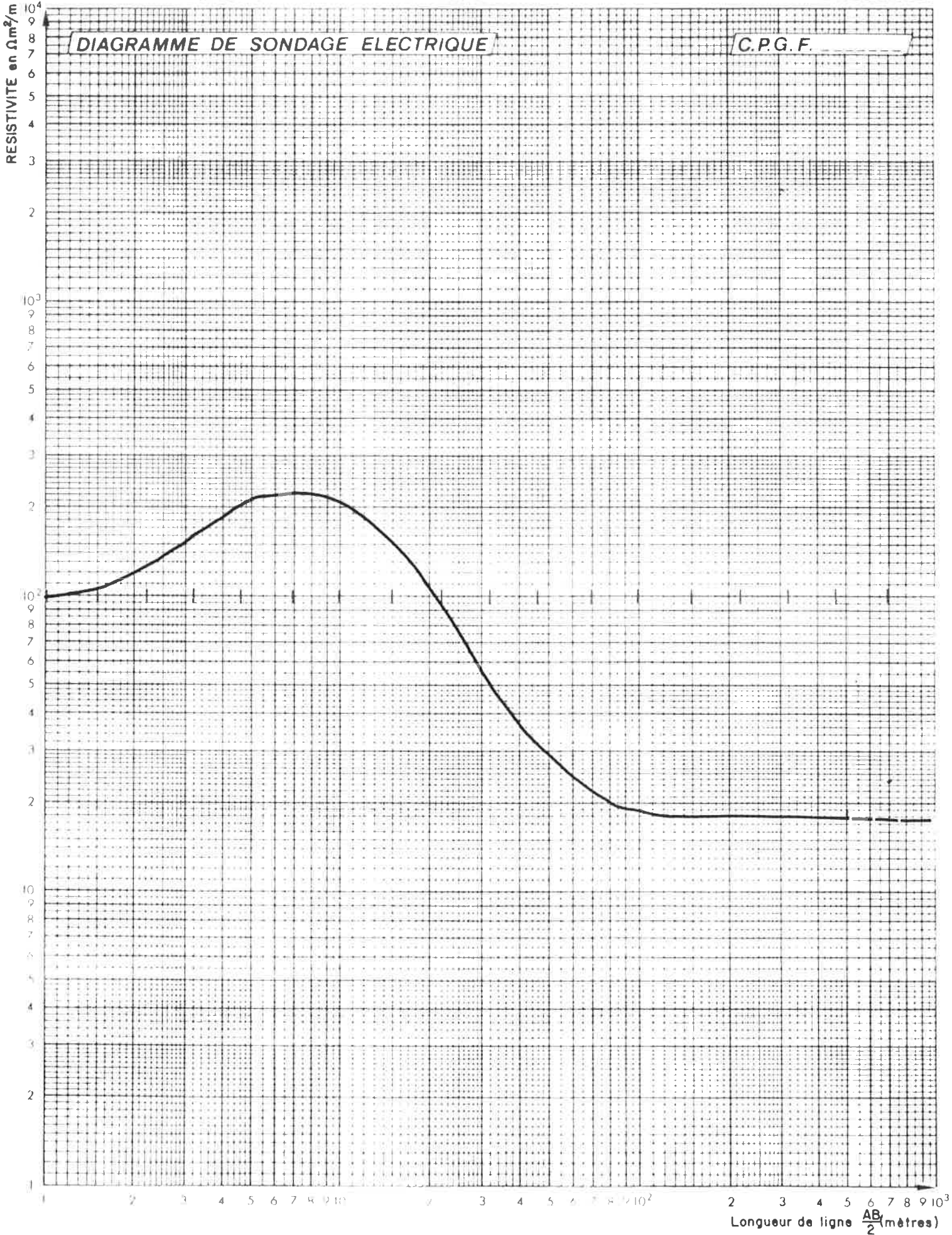


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



SONDAGE B6

CHANTIER MOULOUUD

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

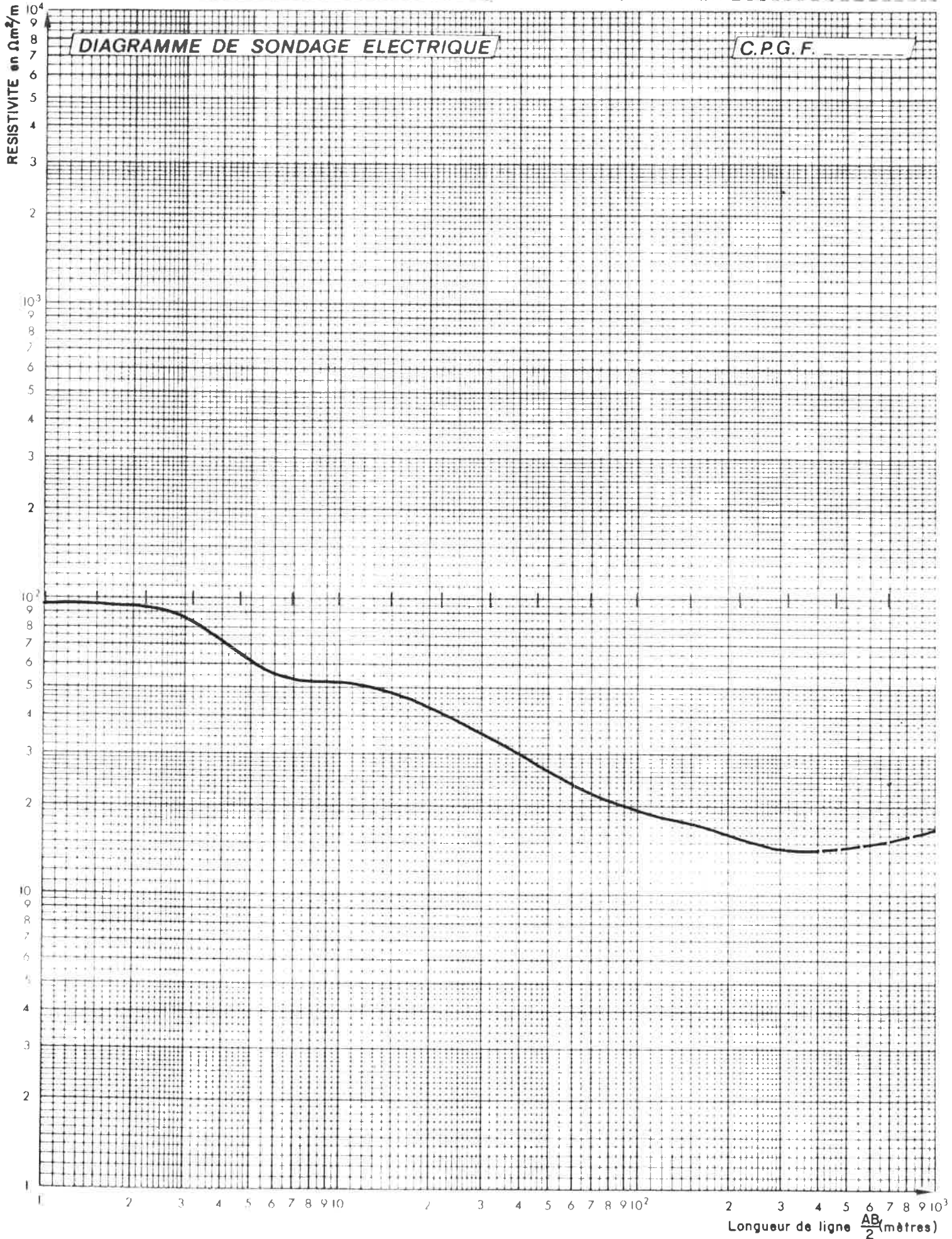


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

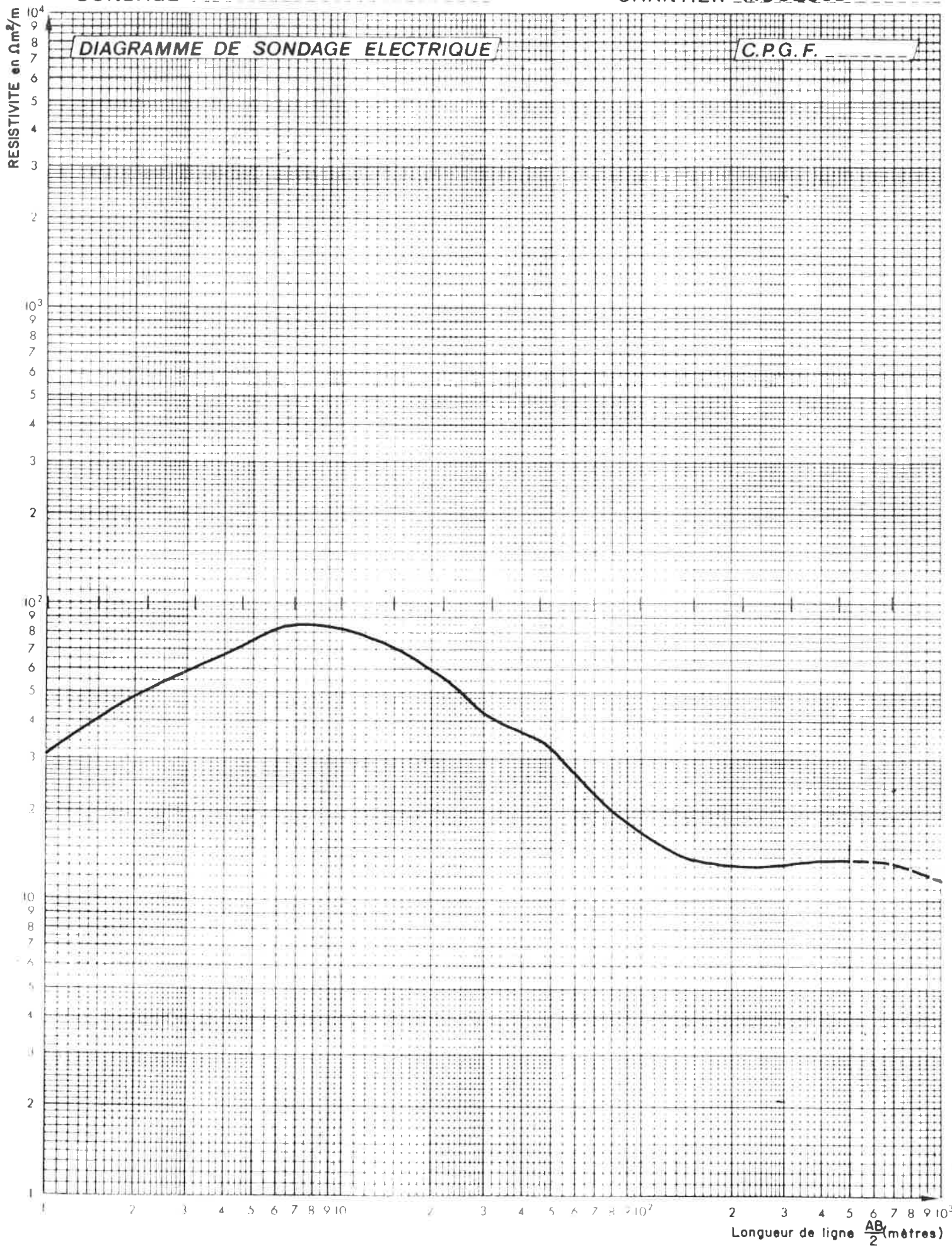
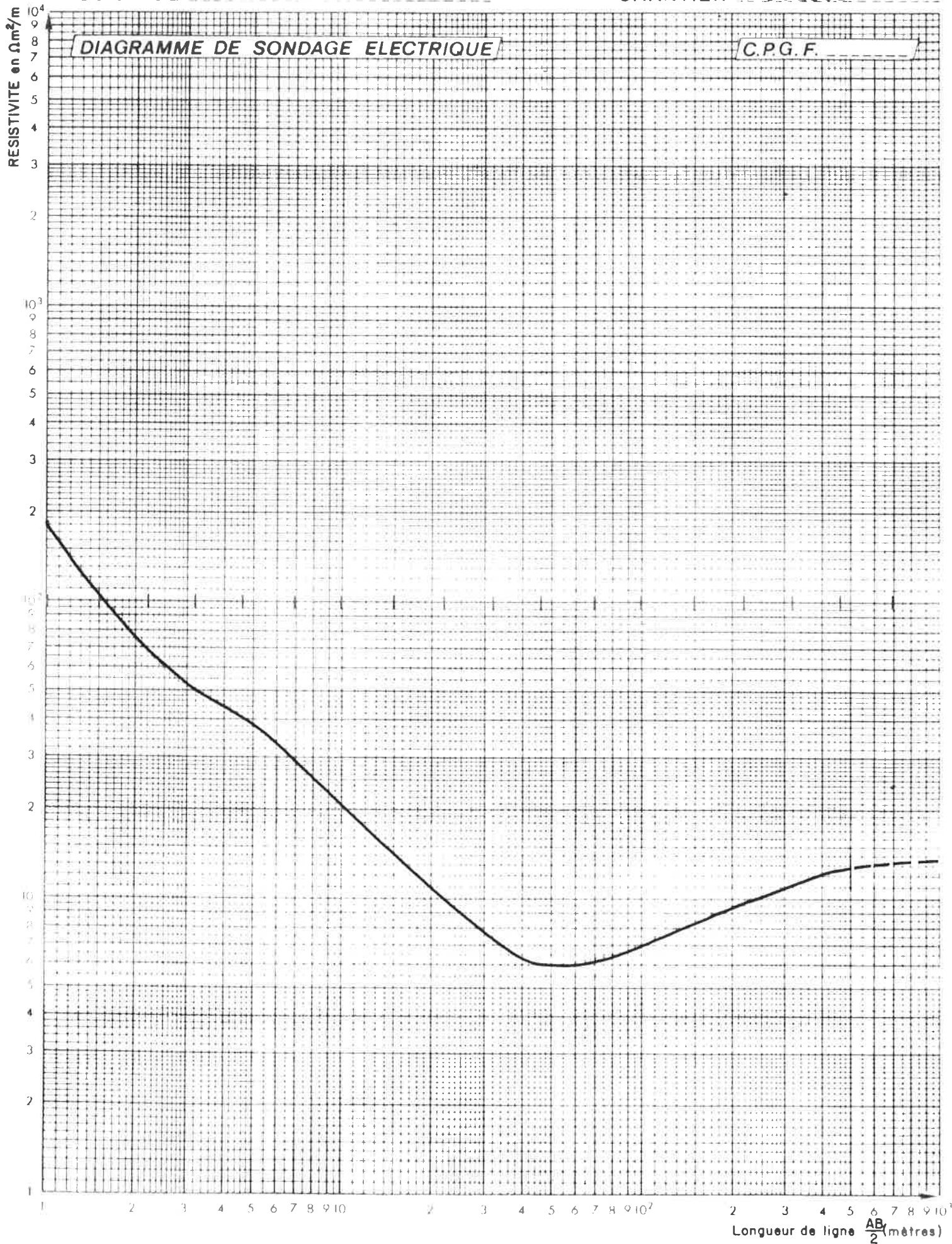


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



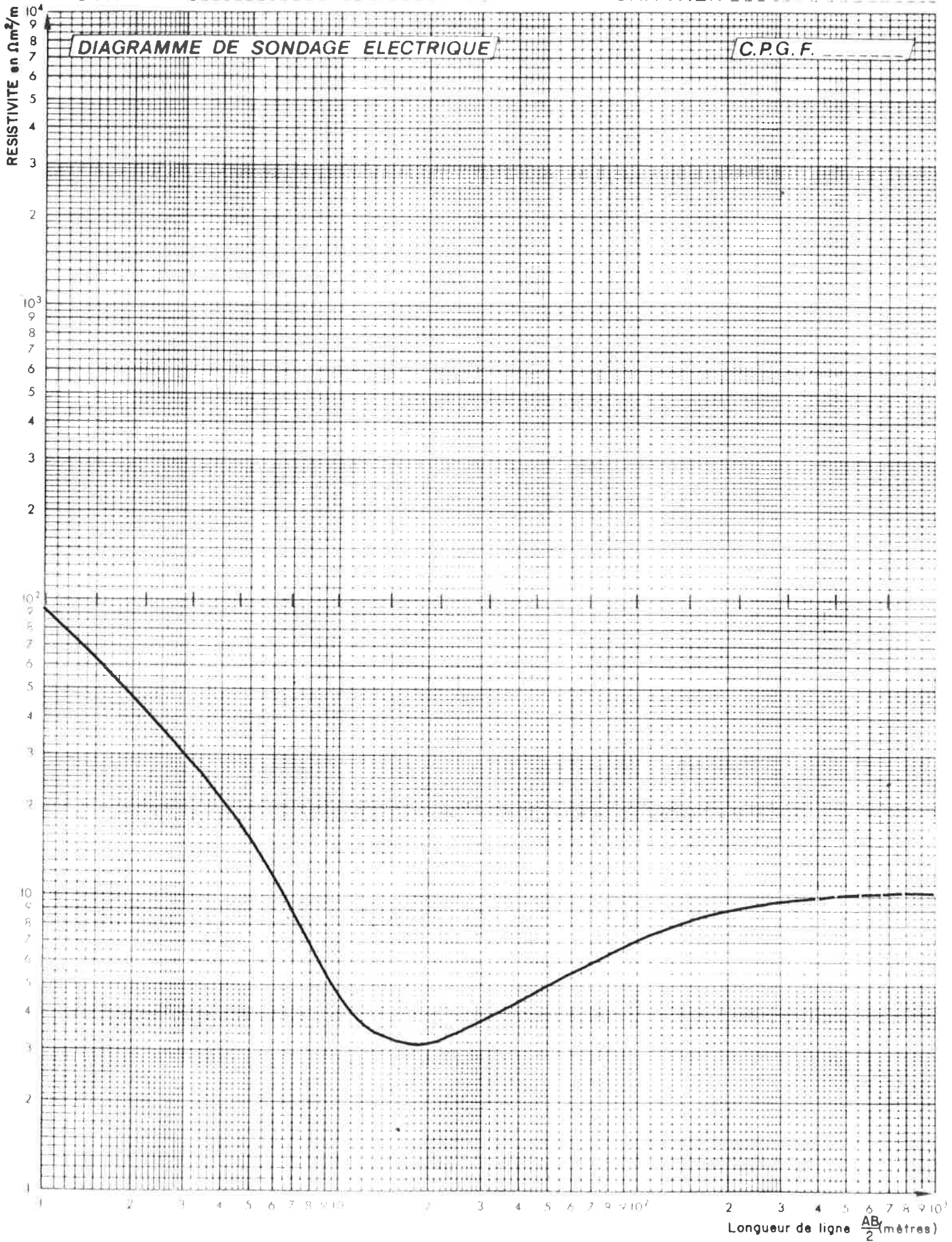
Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

SONDAGE C2

CHANTIER MOULoud

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

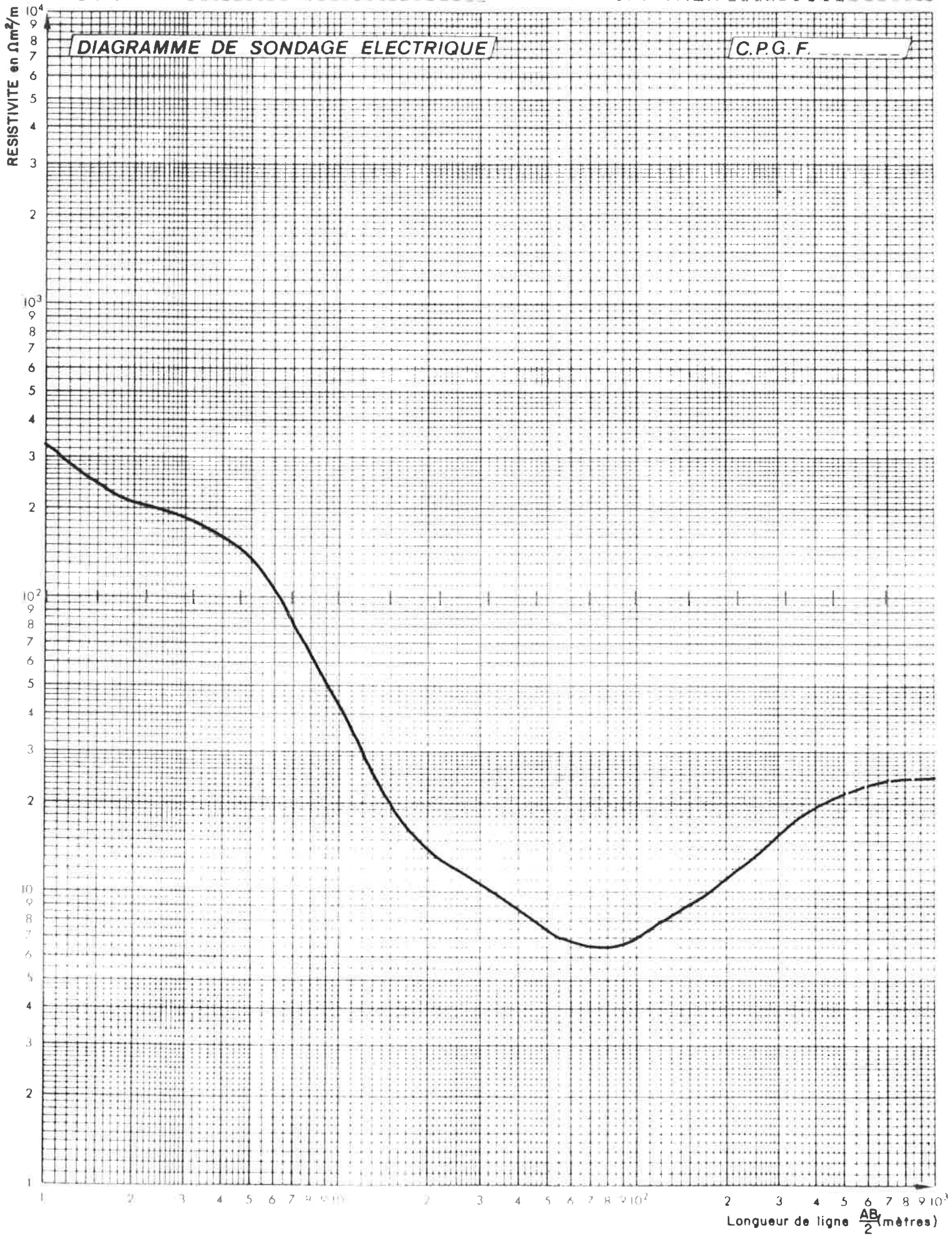


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

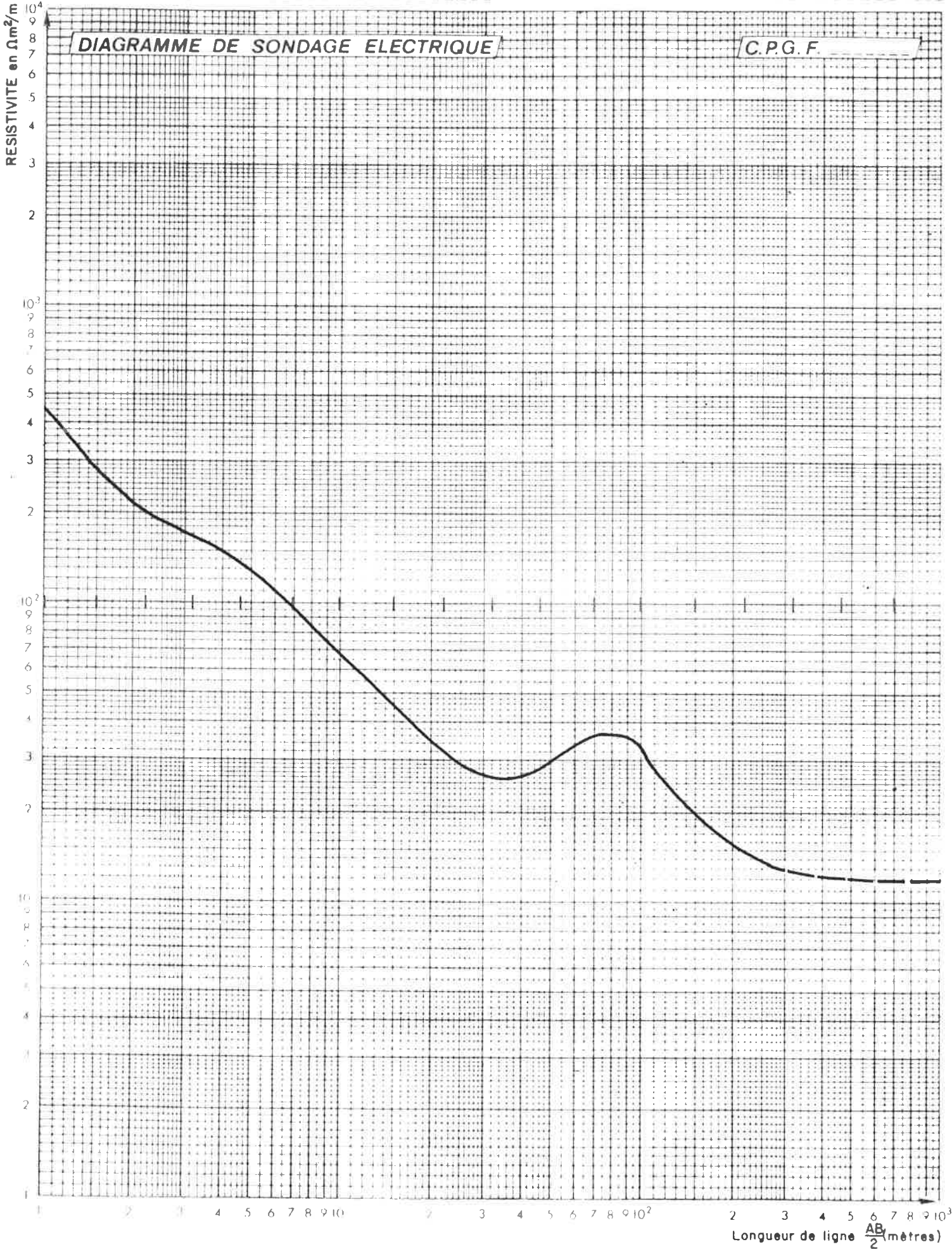
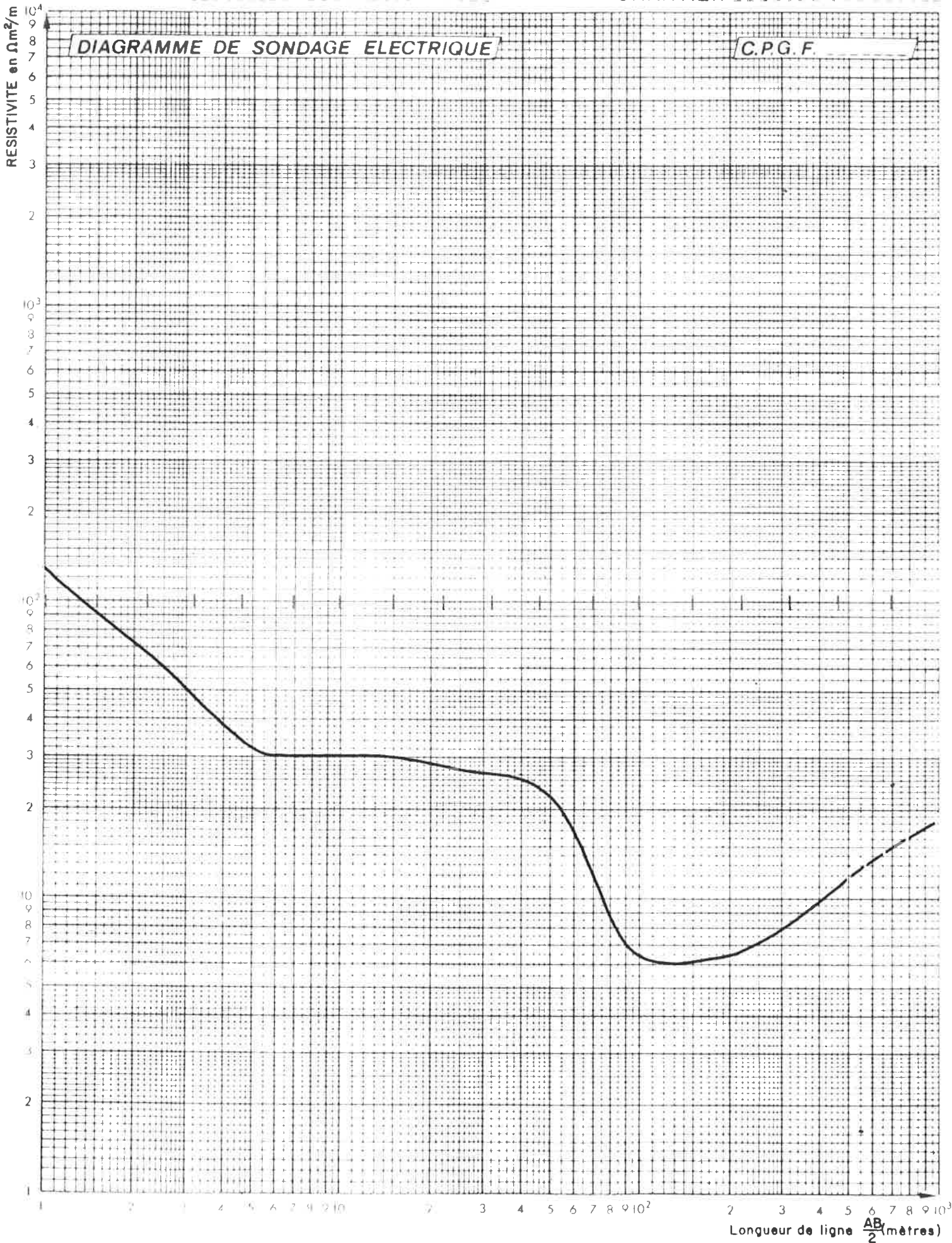


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

SONDAGE C6

CHANTIER MOULOU

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

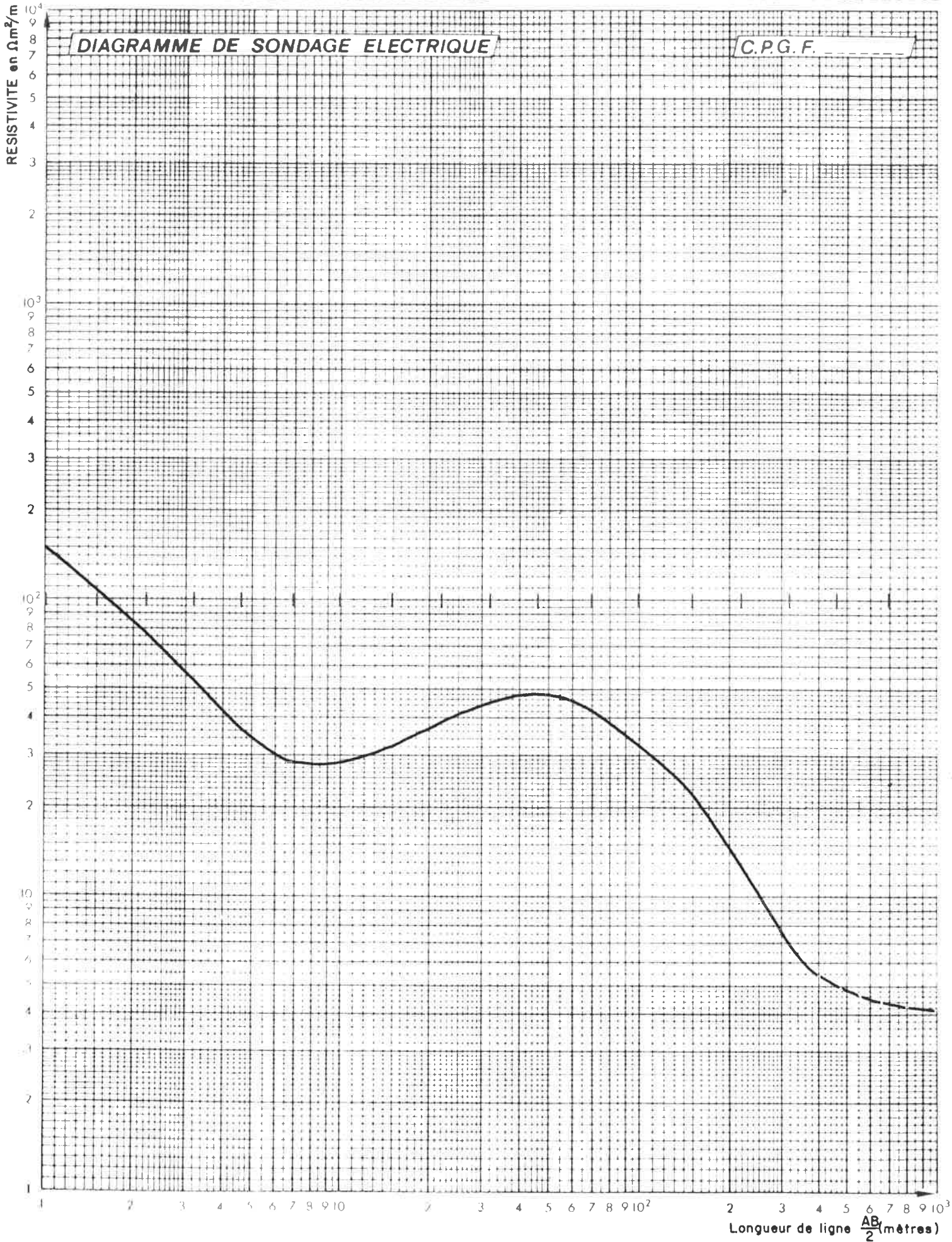
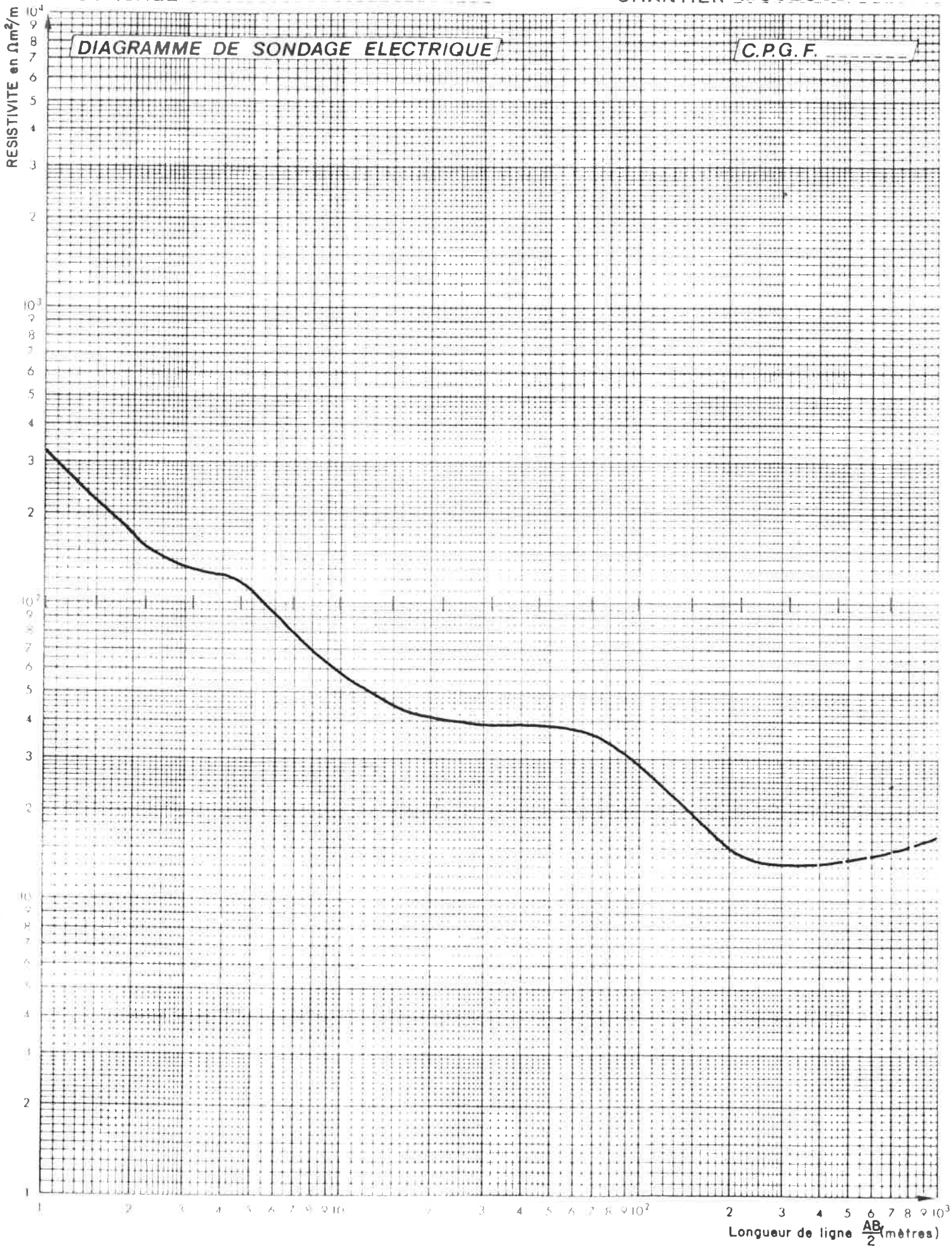


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

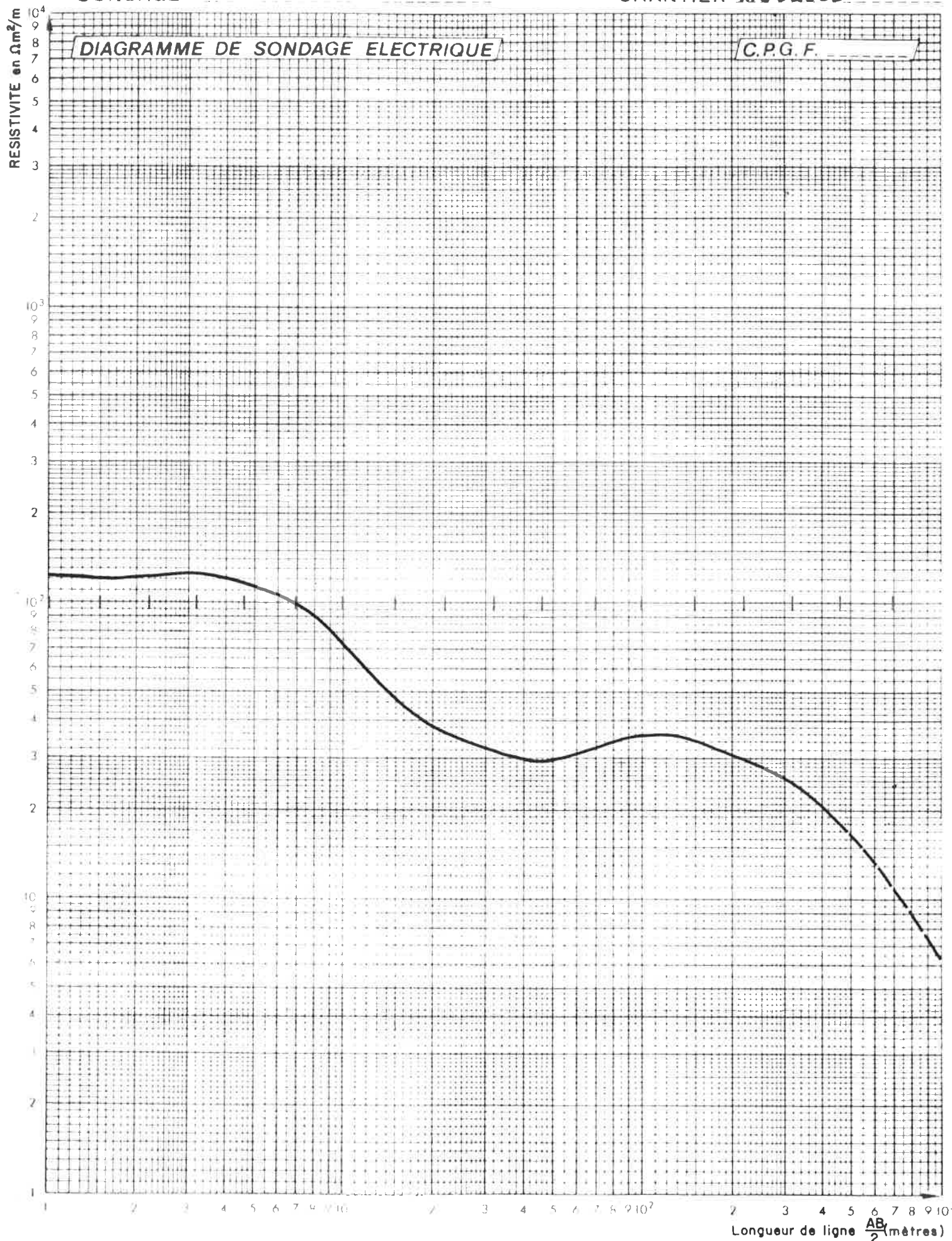
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

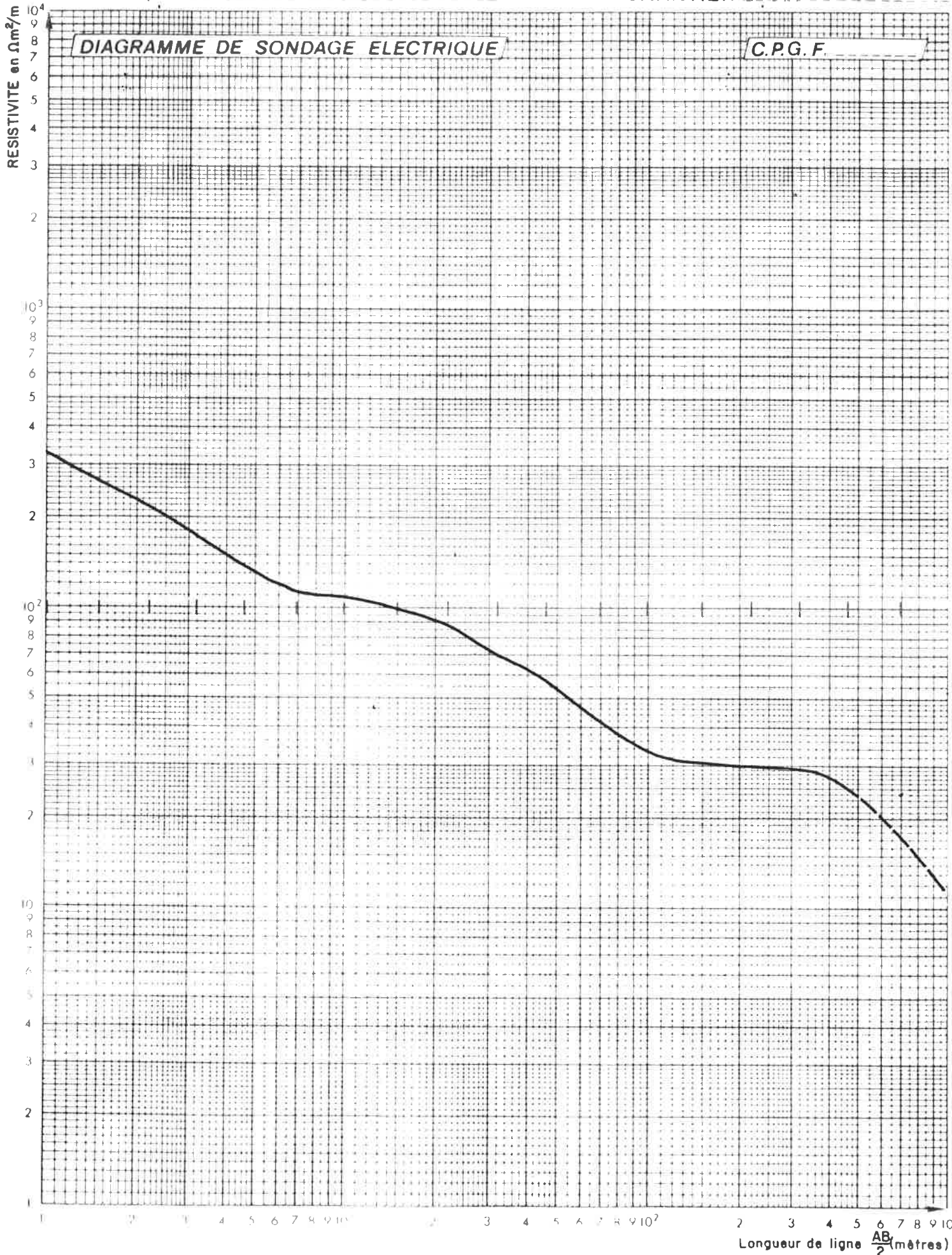
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

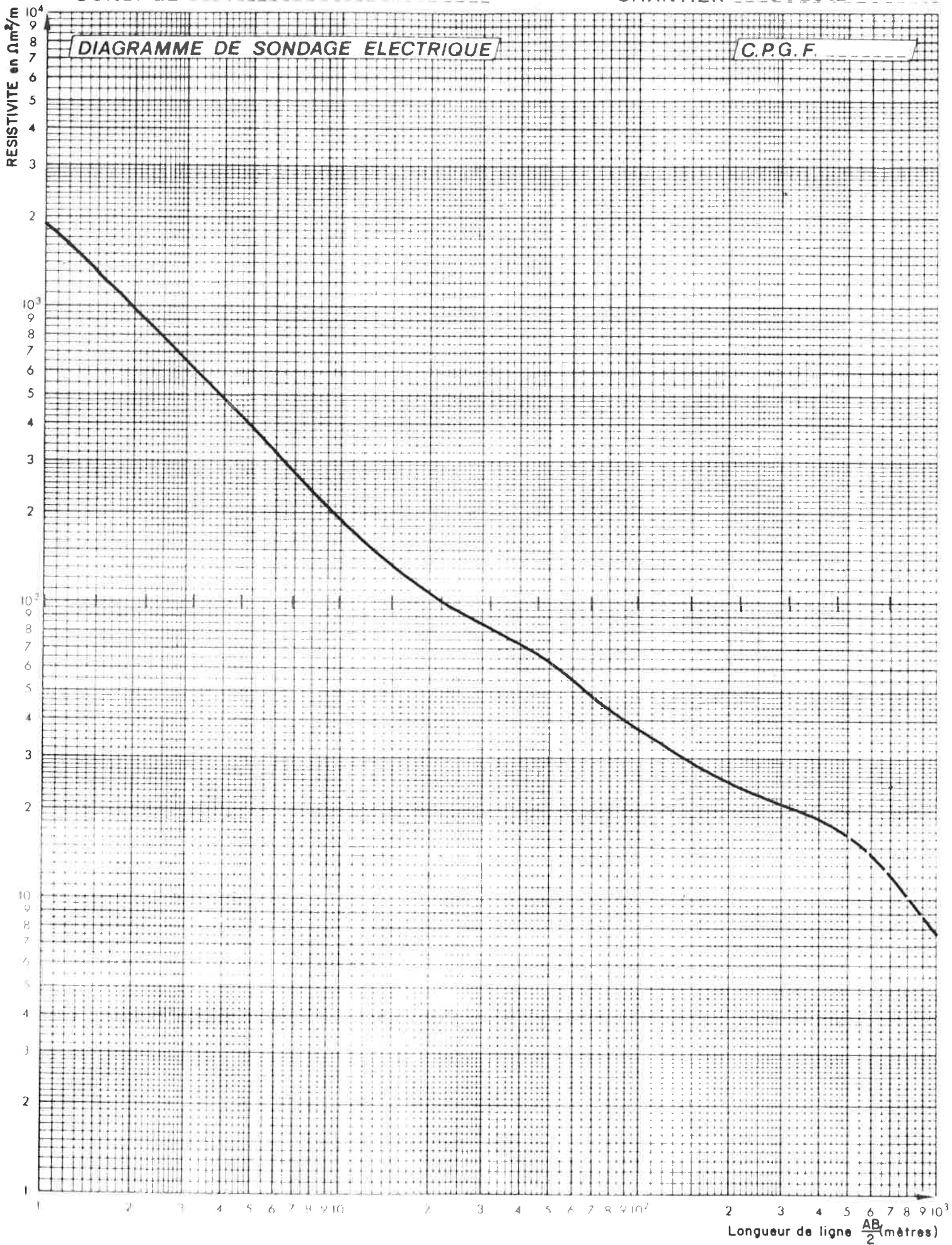


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

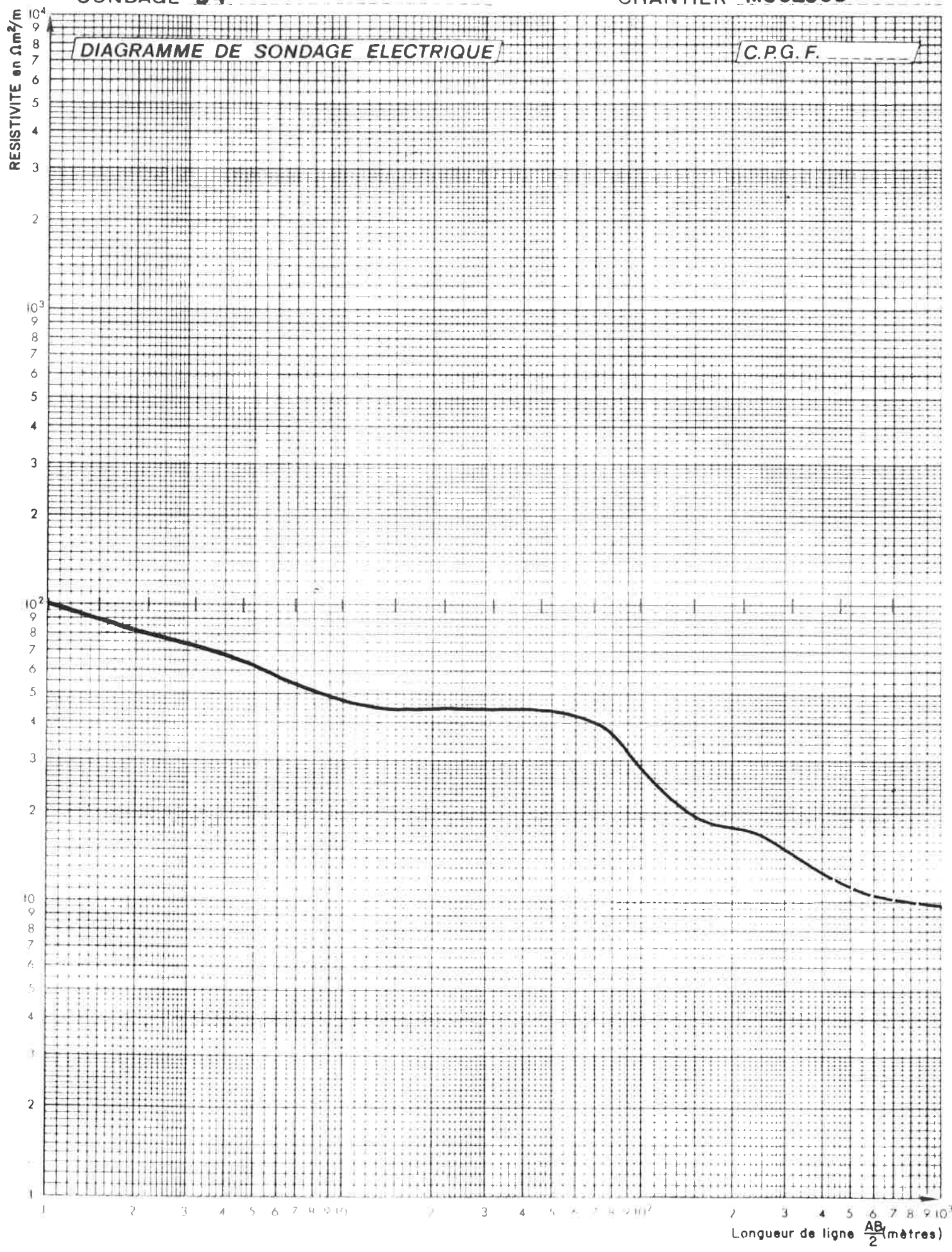
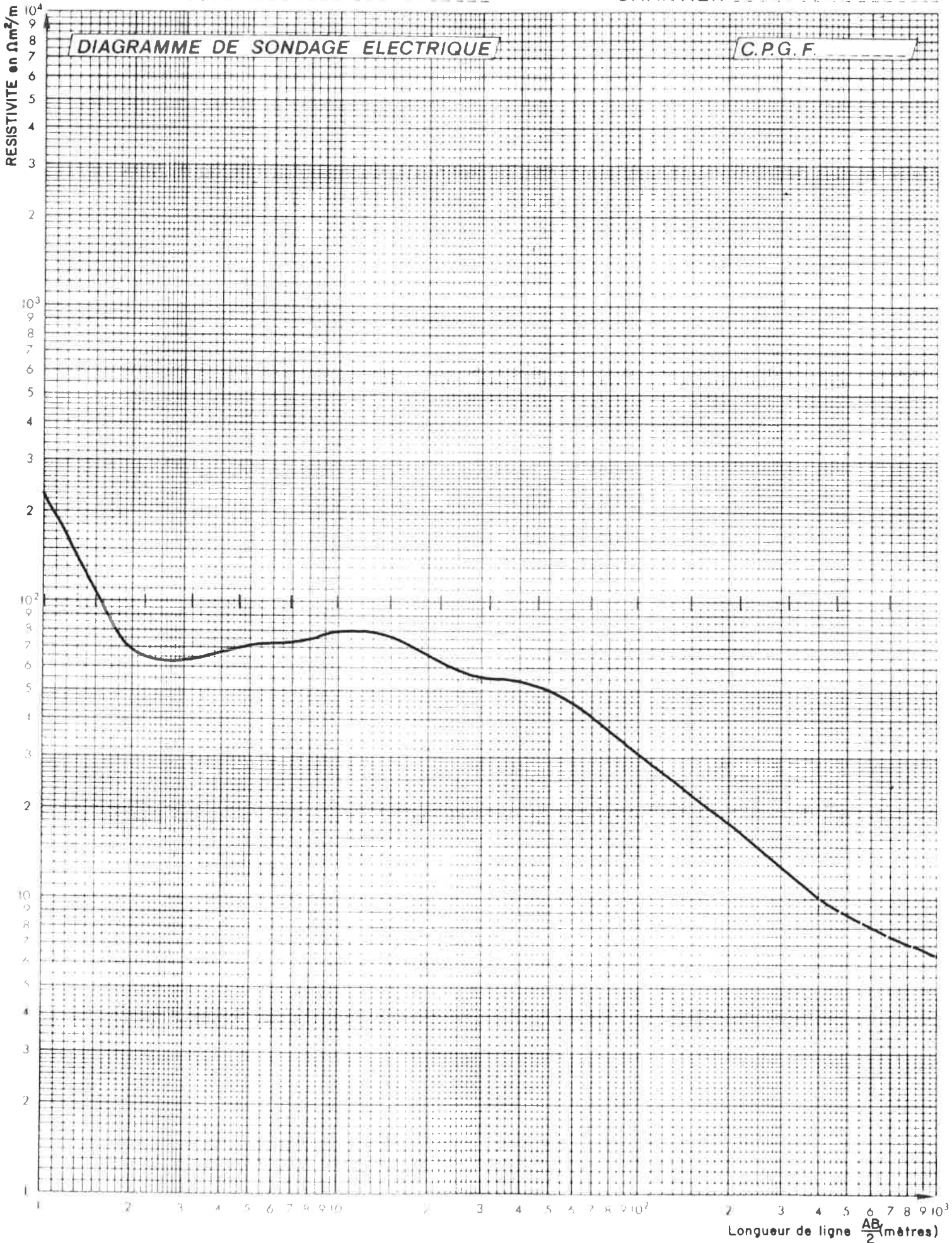


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

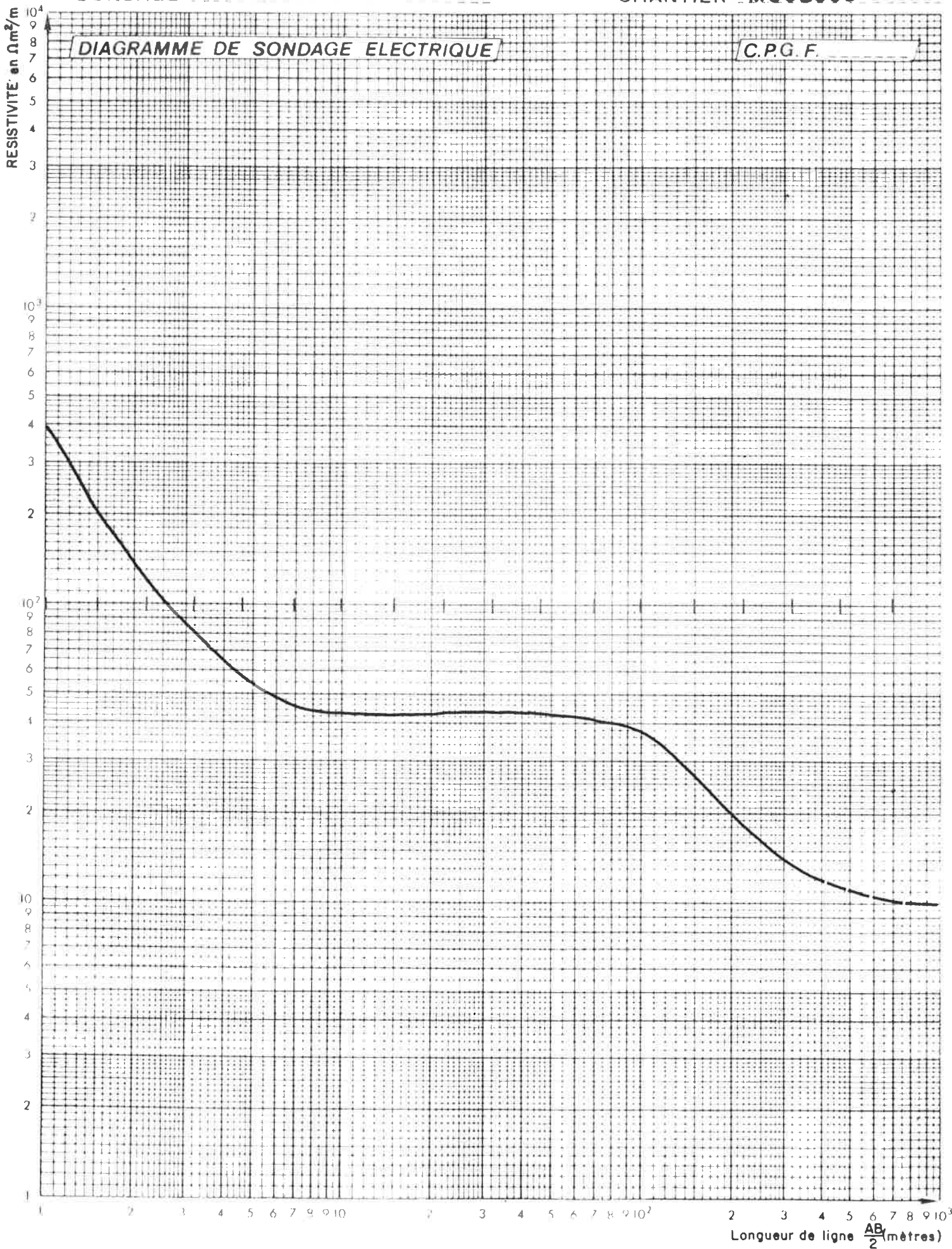


SONDAGE D6

CHANTIER MOULOU

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

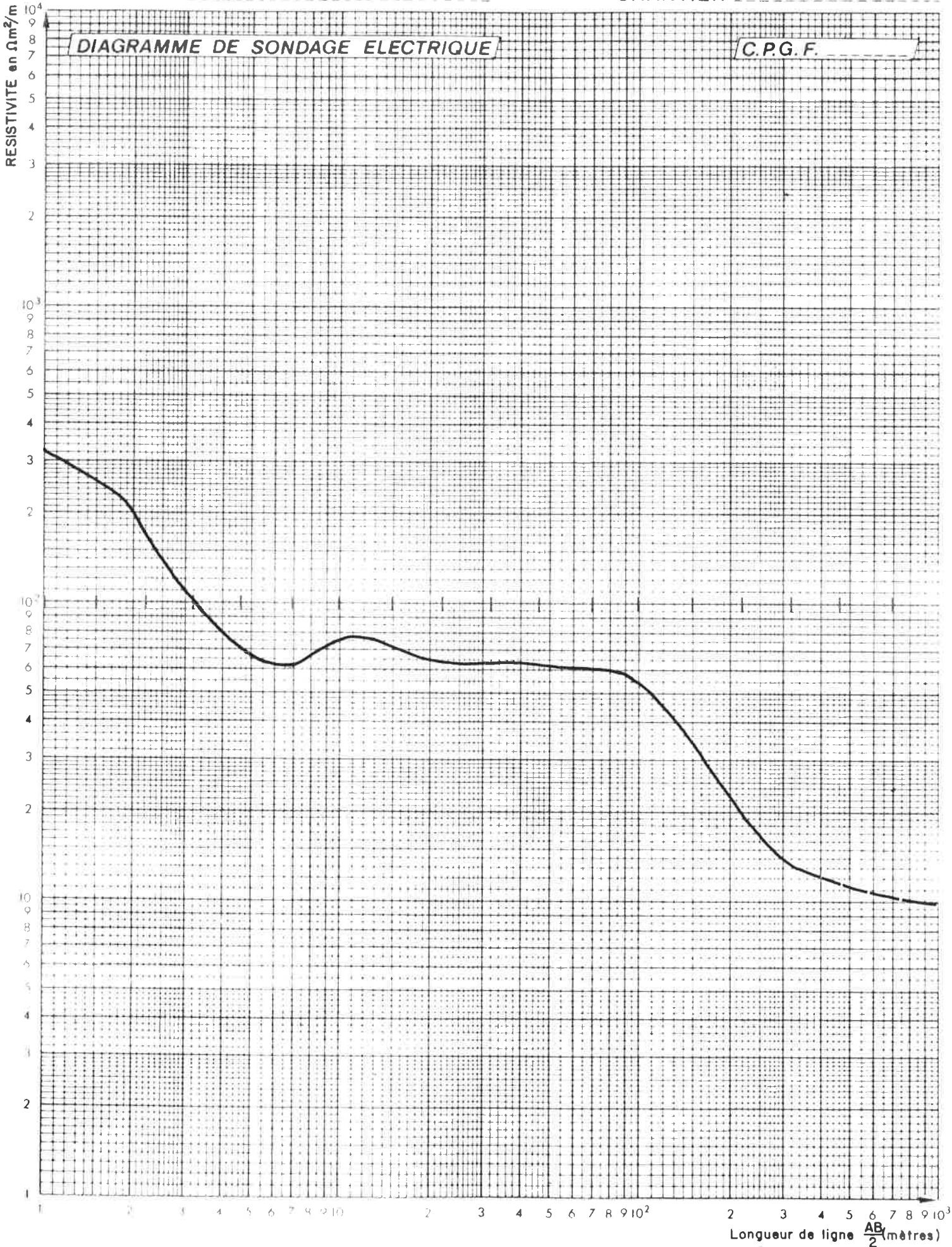
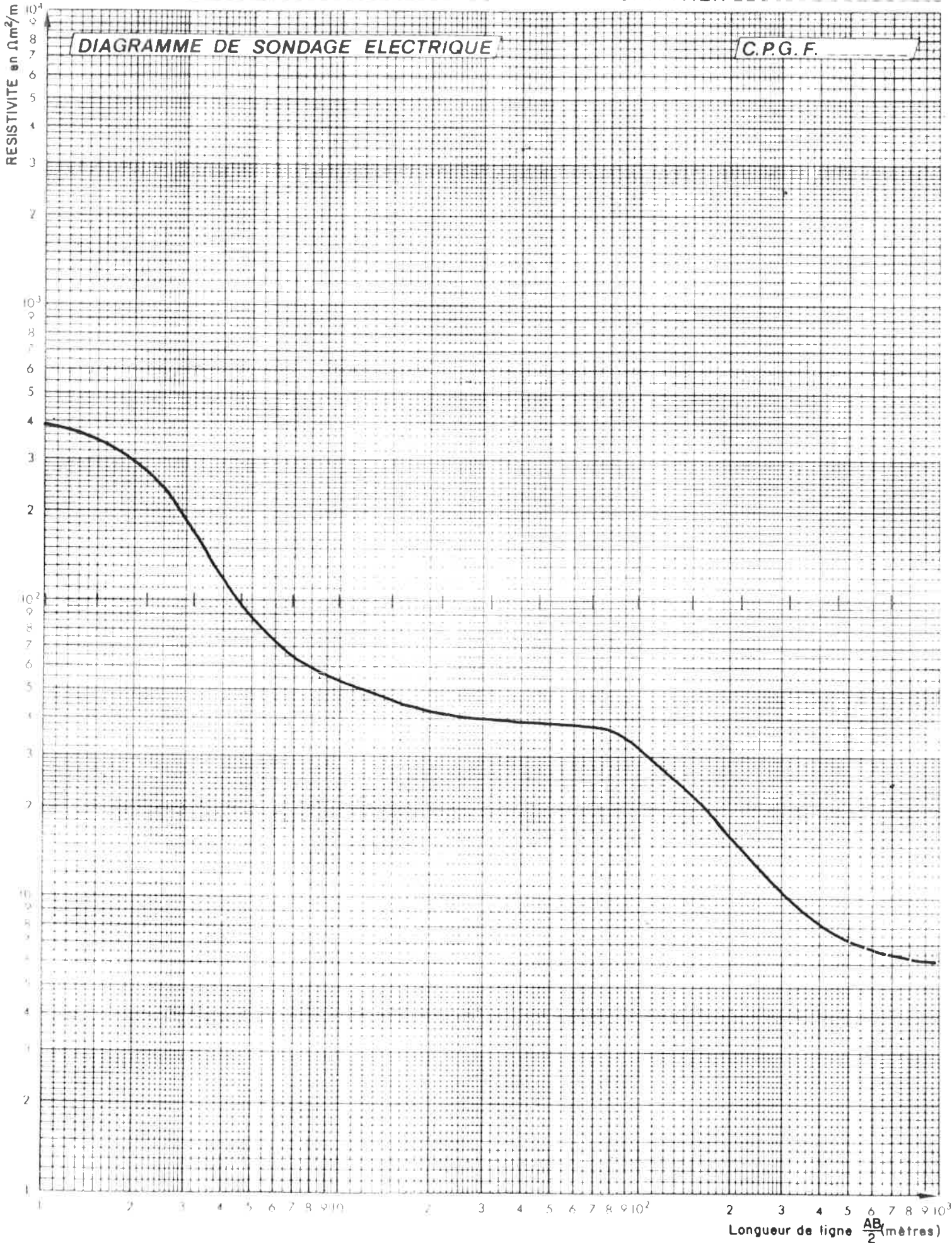


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

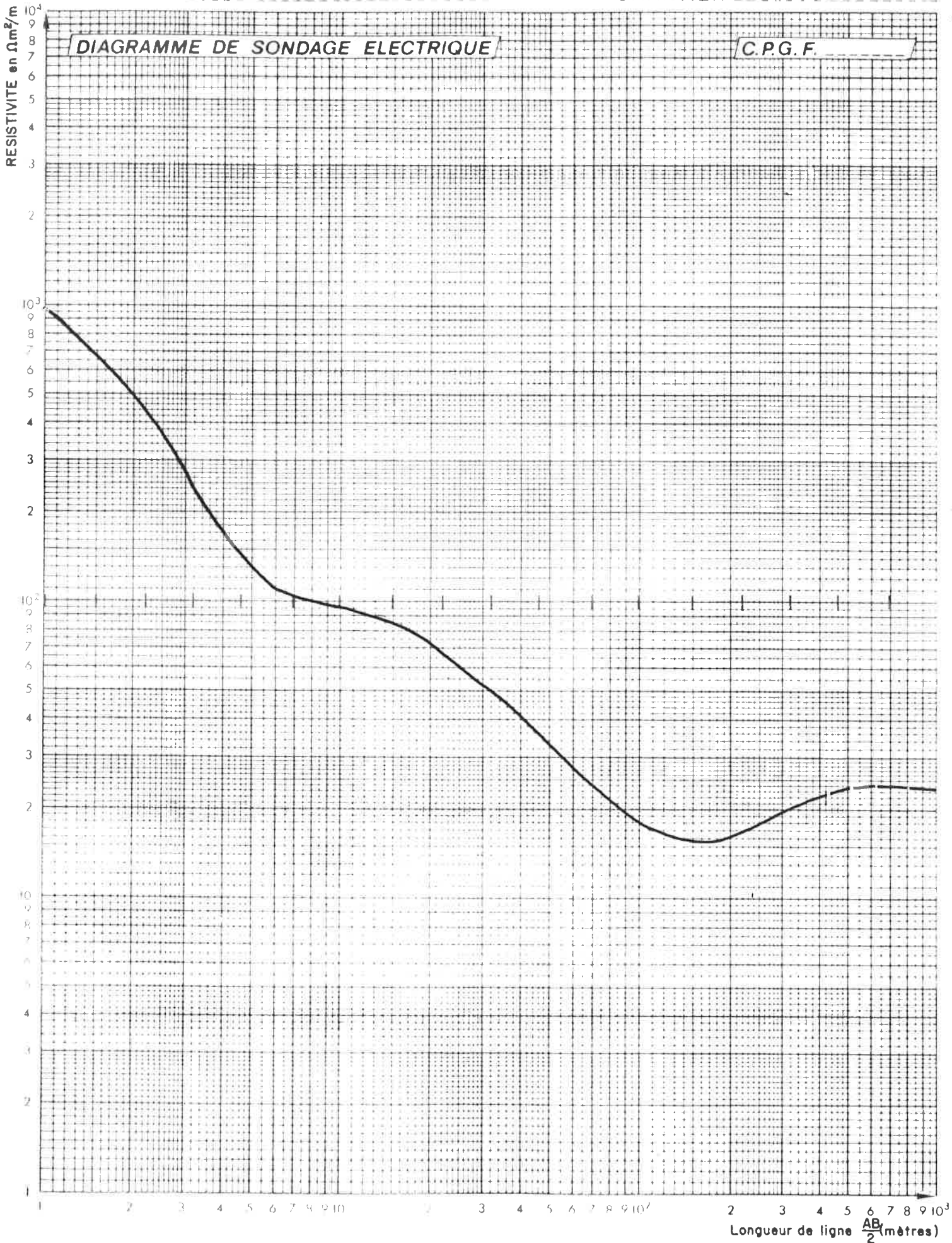
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

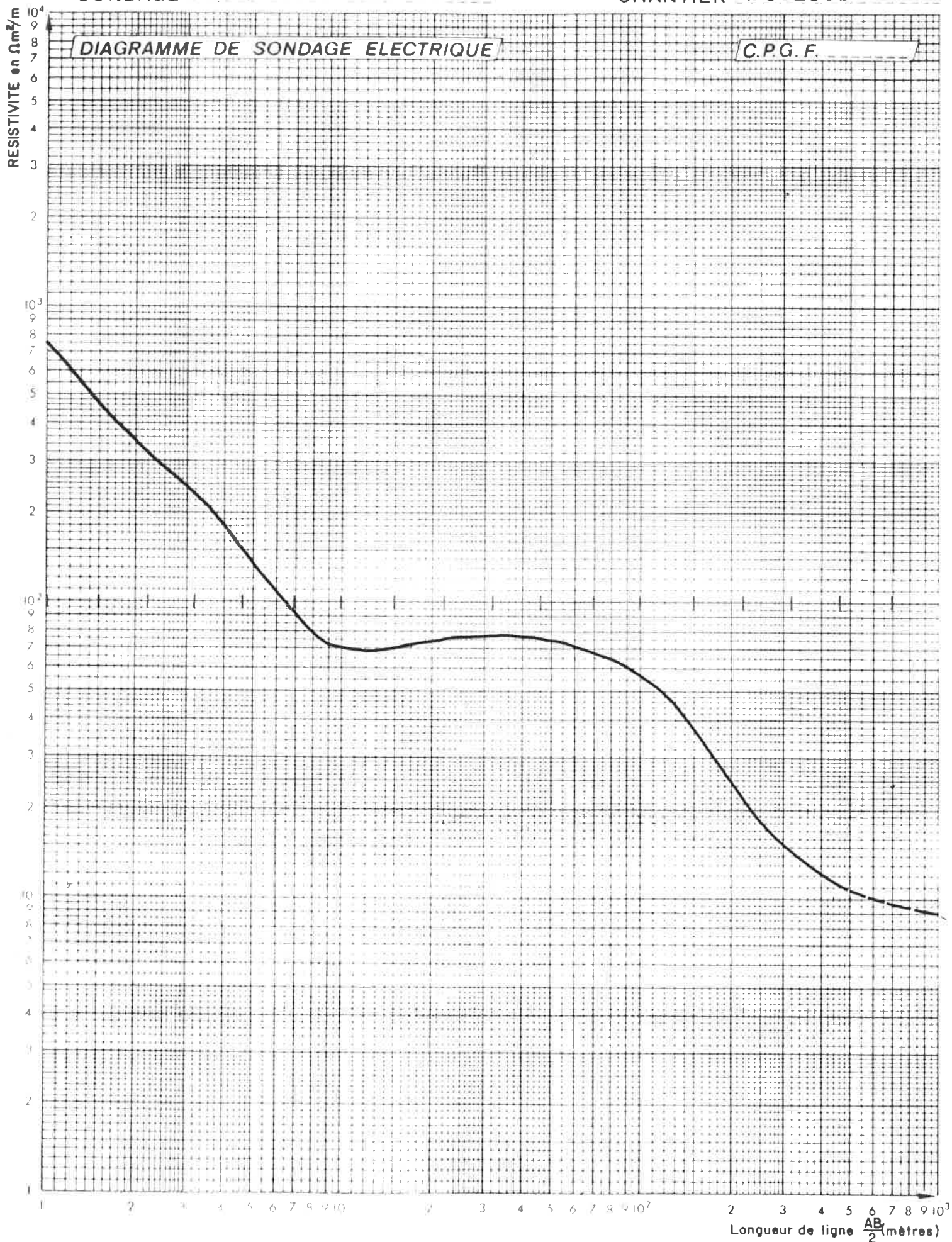
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

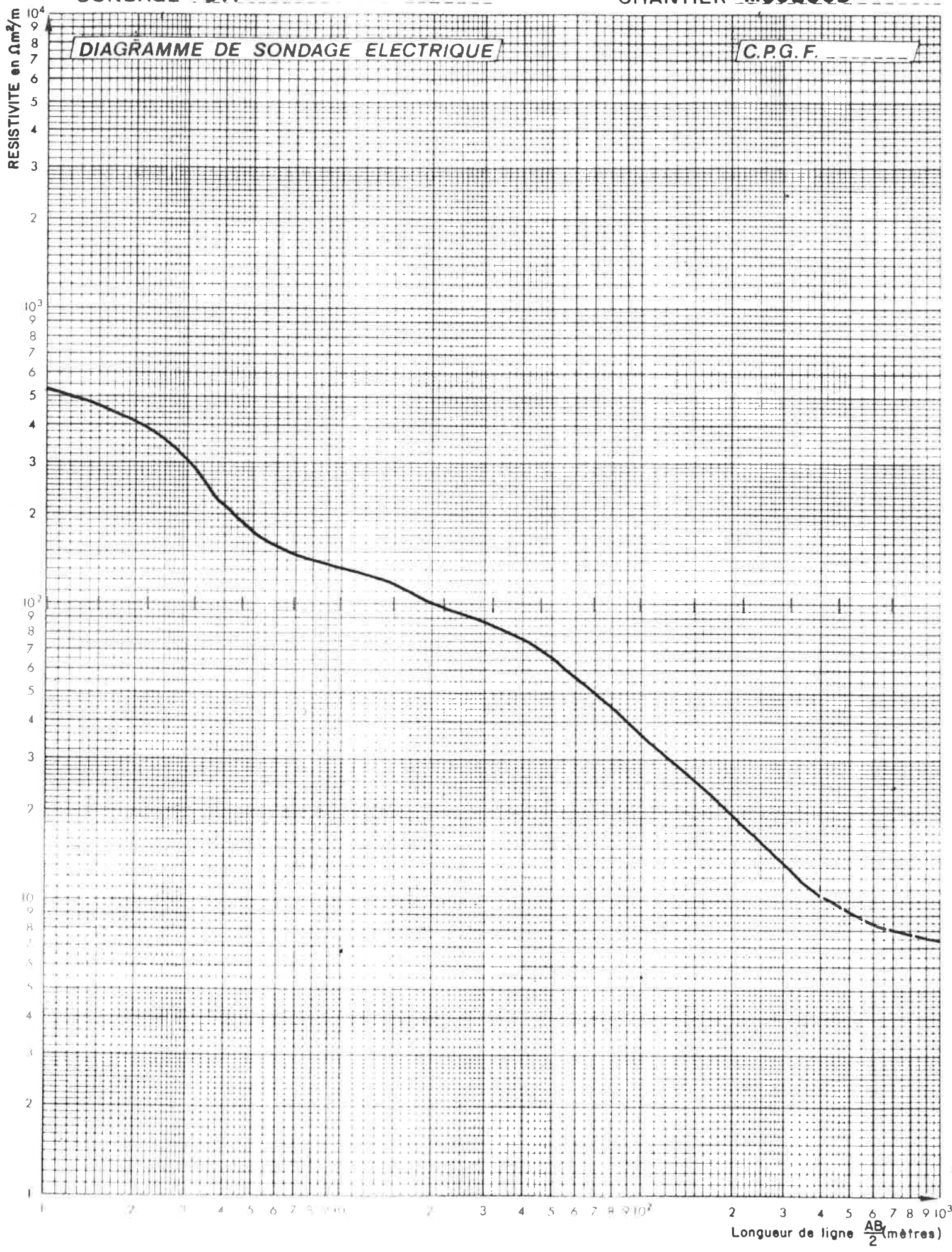
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



SONDAGE D12

CHANTIER MOULOU

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

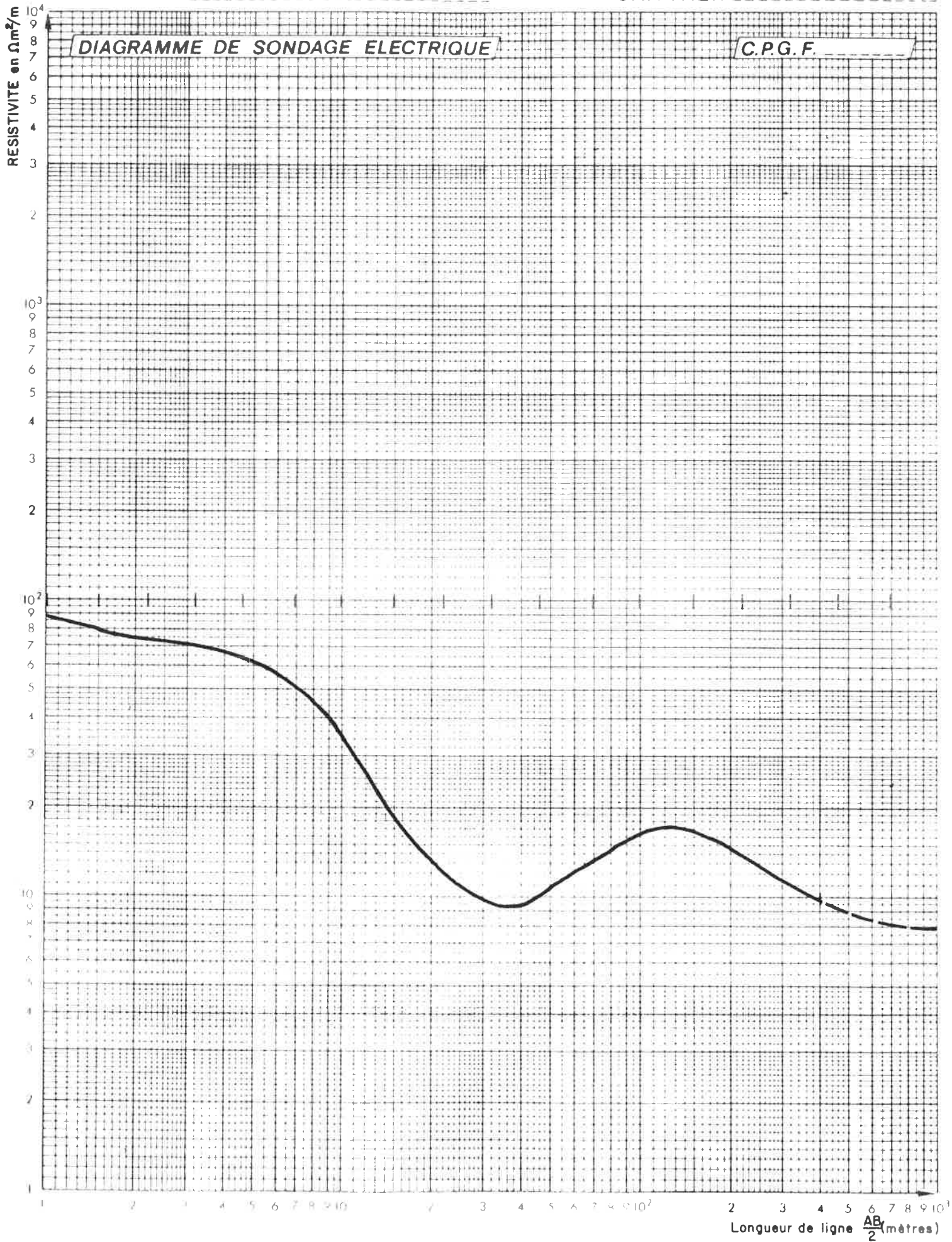


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

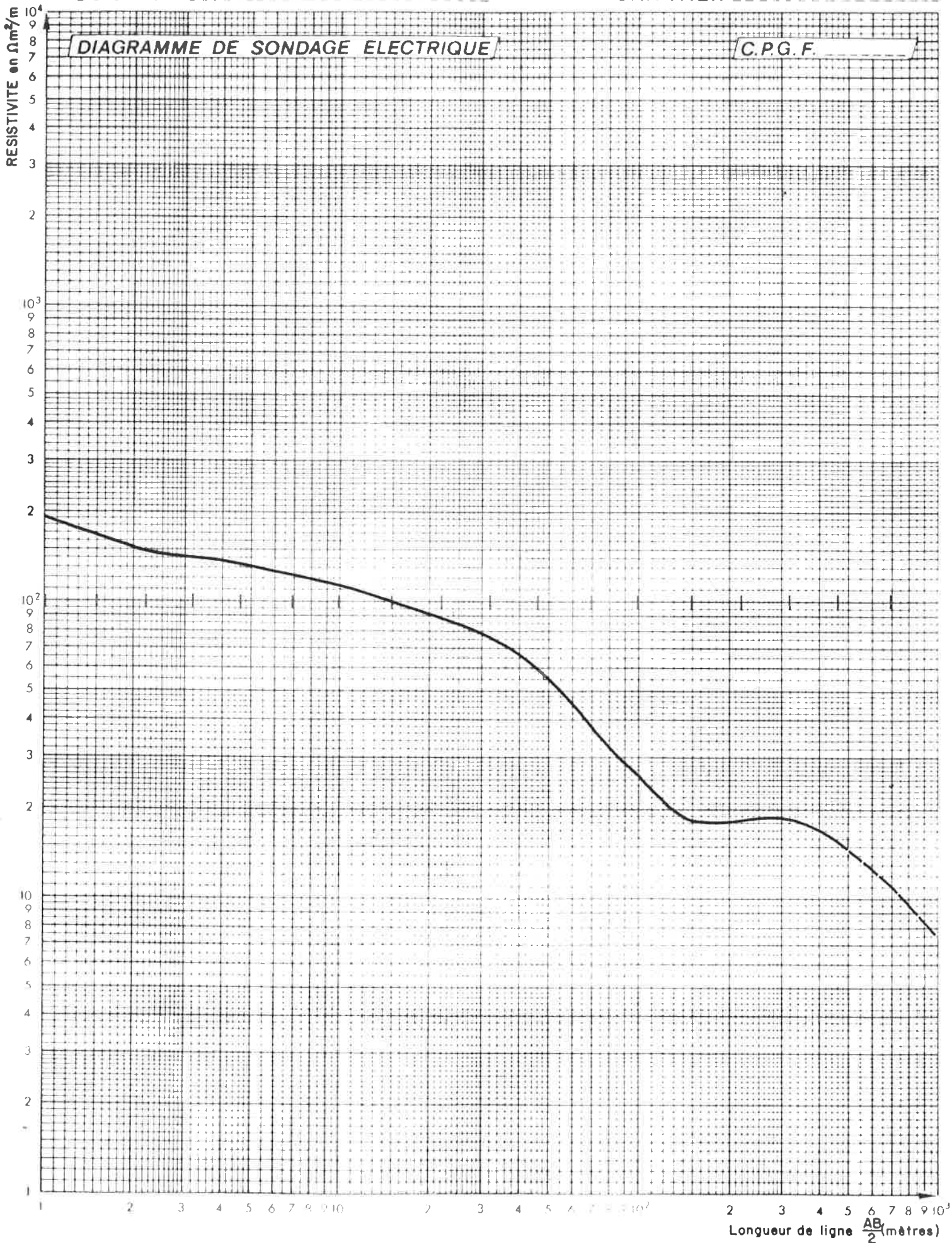
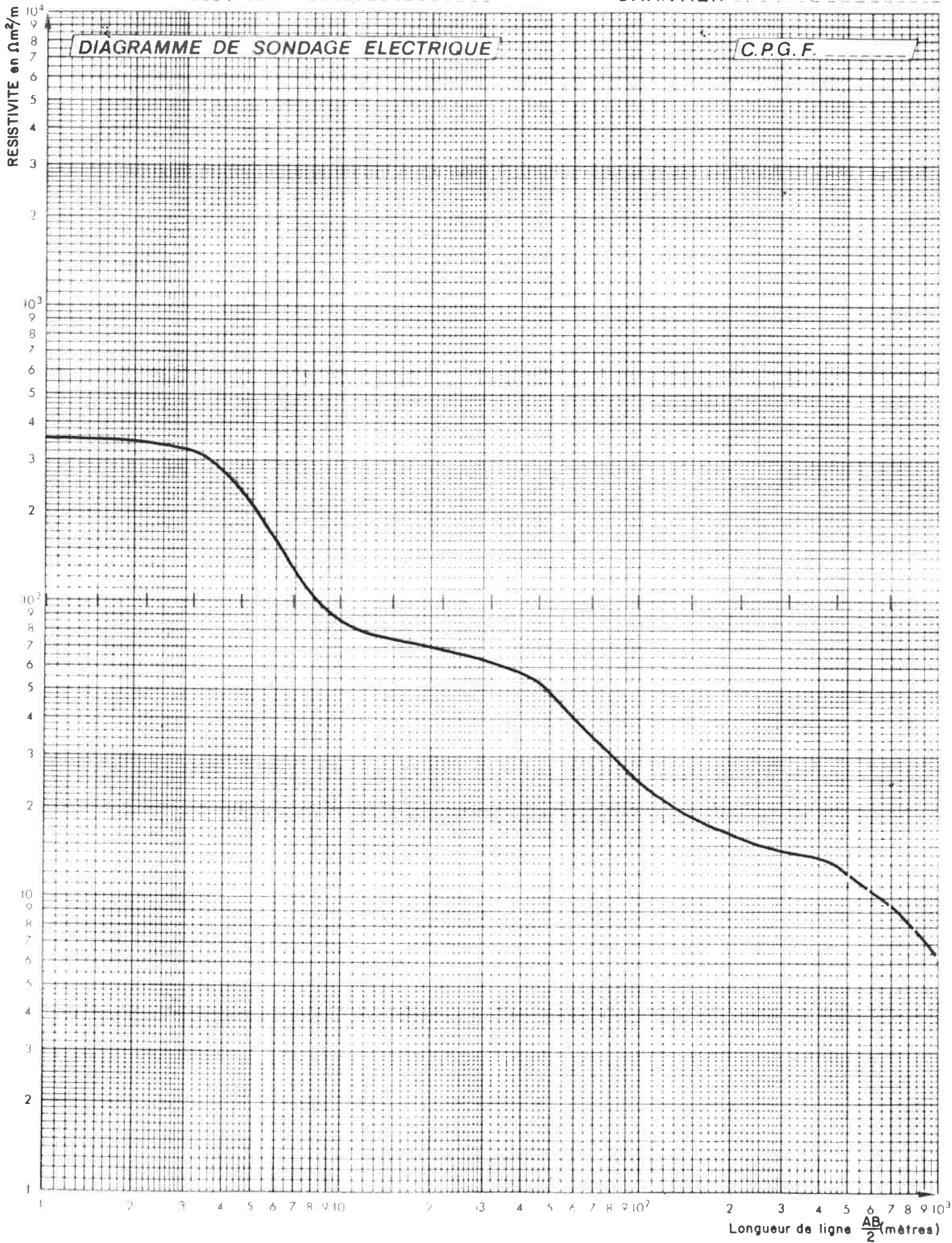


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

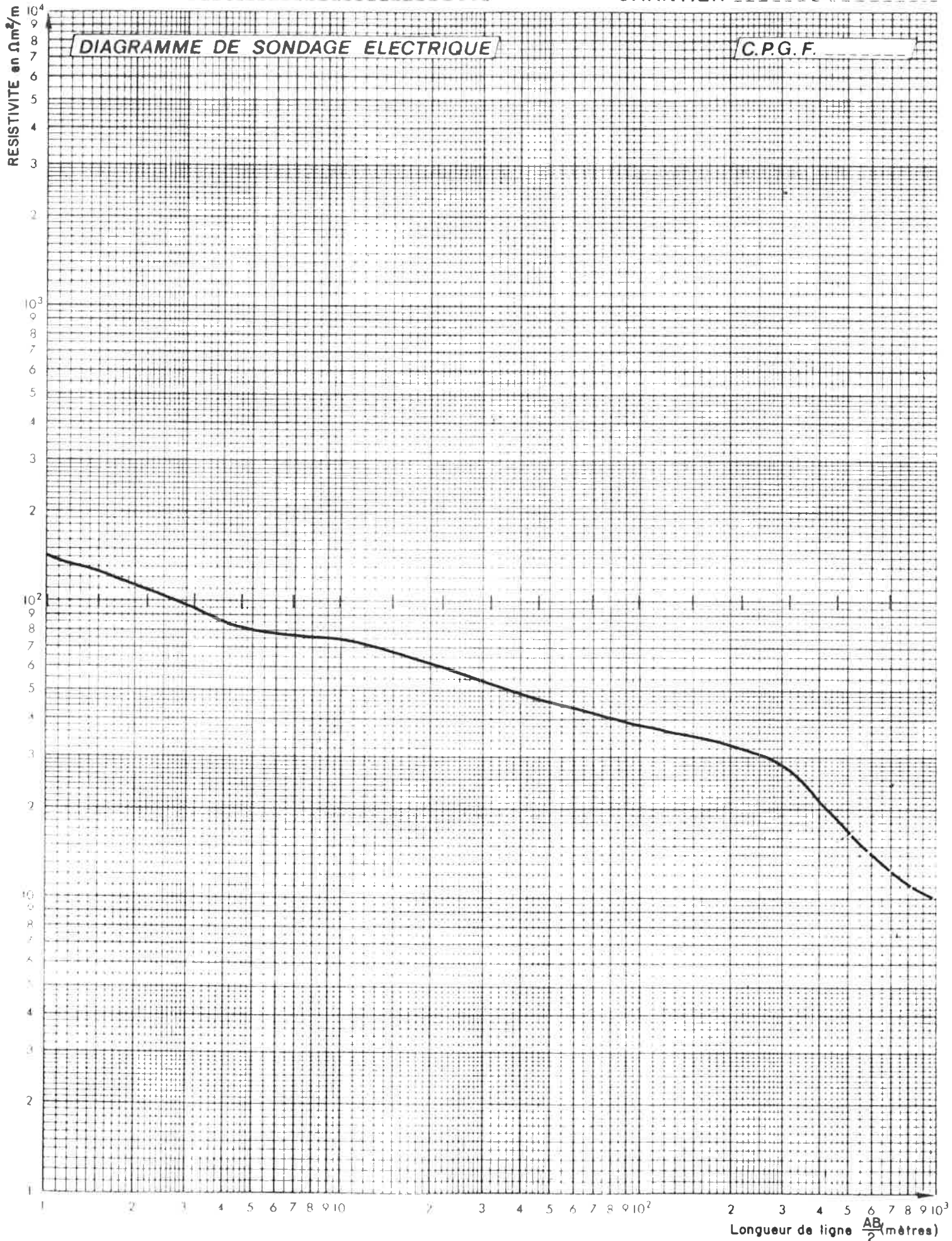
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

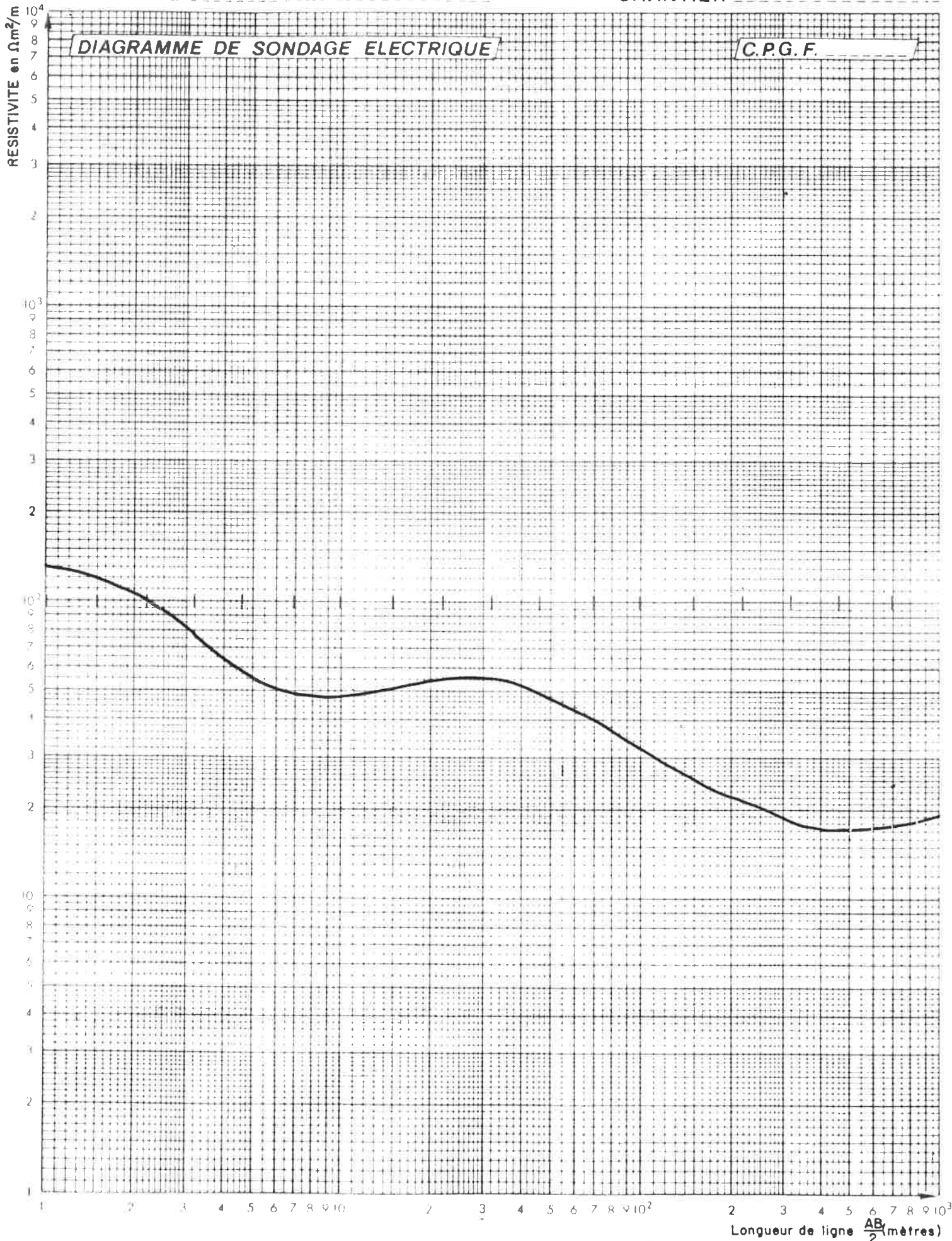
C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



Longueur de ligne $\frac{AB}{2}$ (mètres)

DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

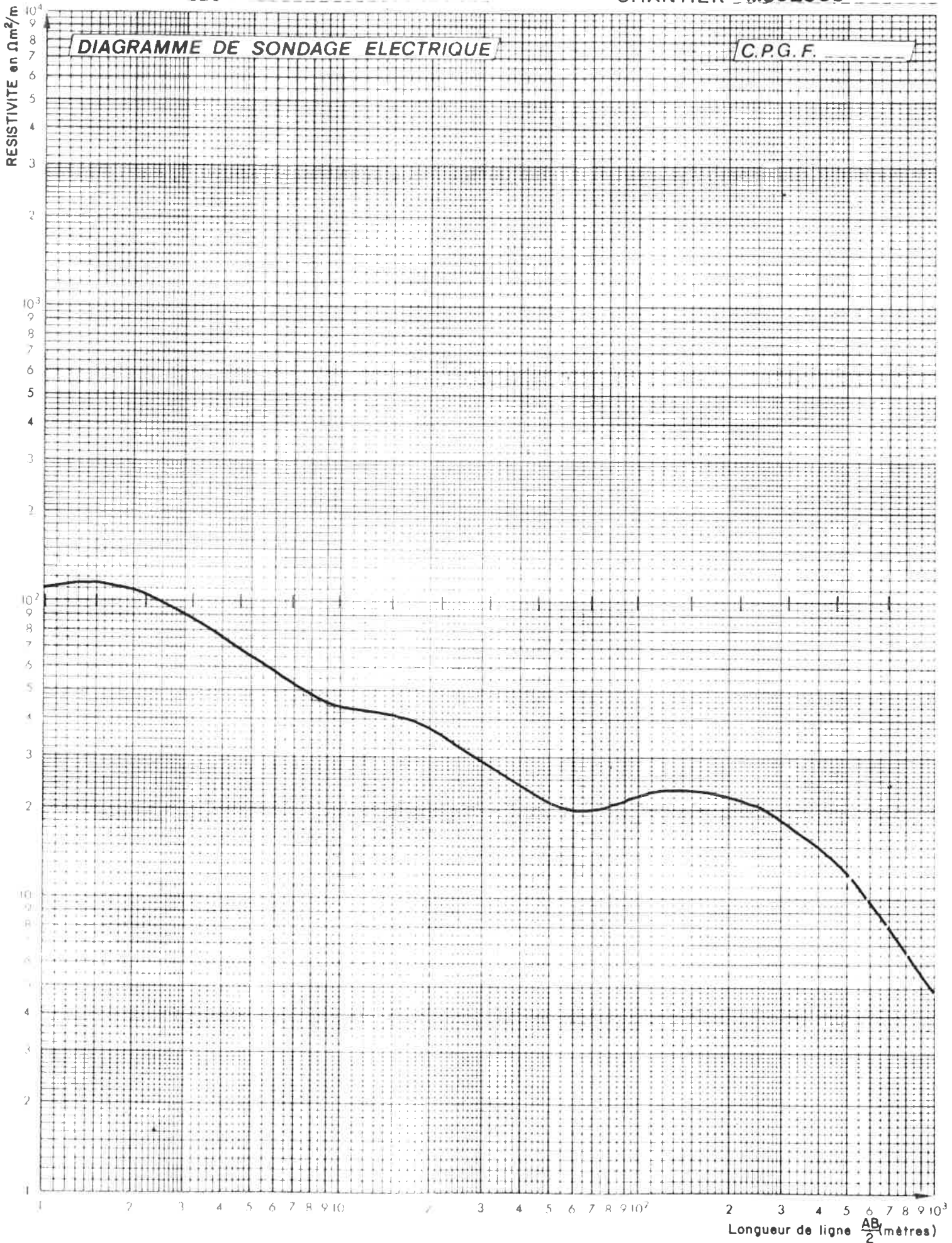


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

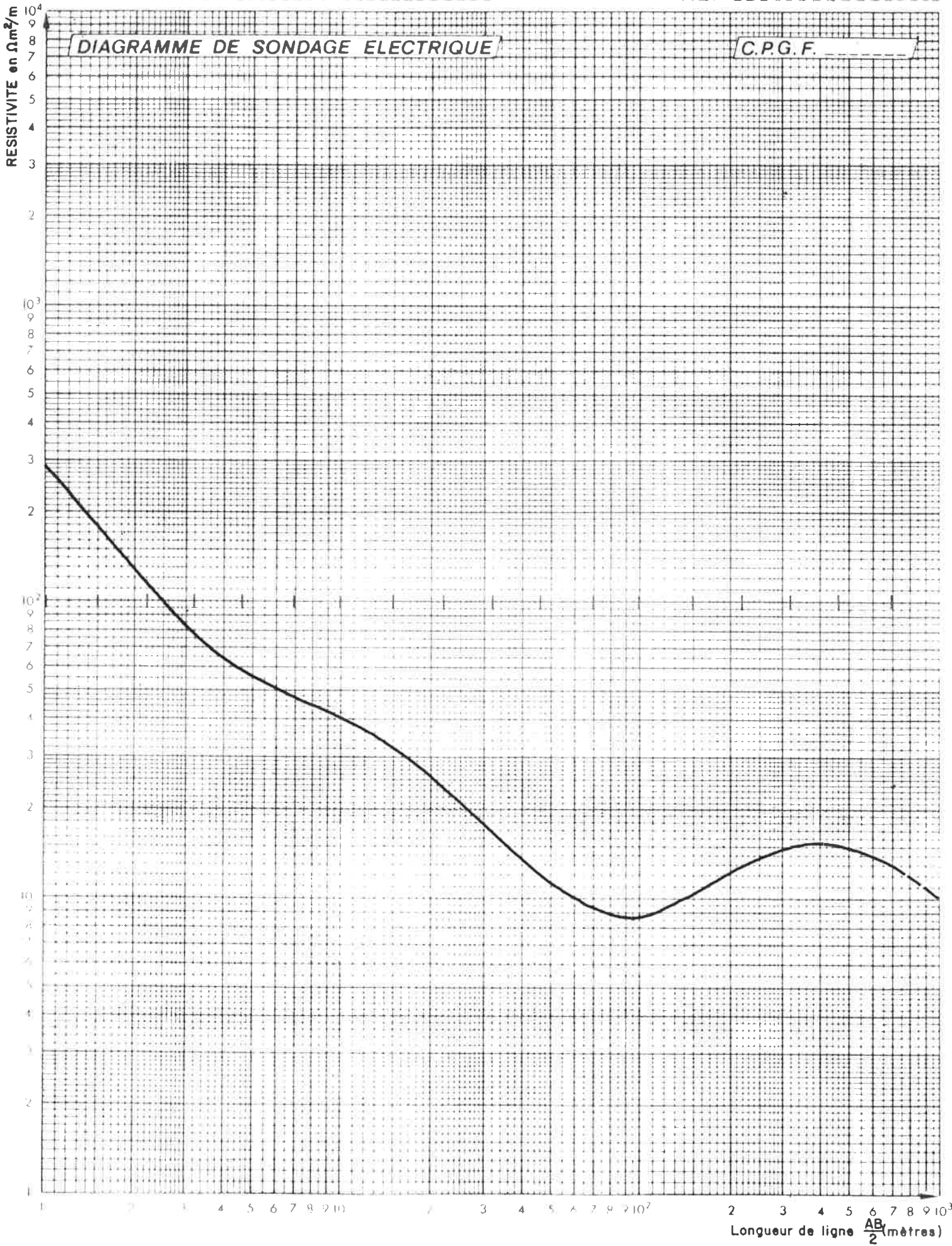


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

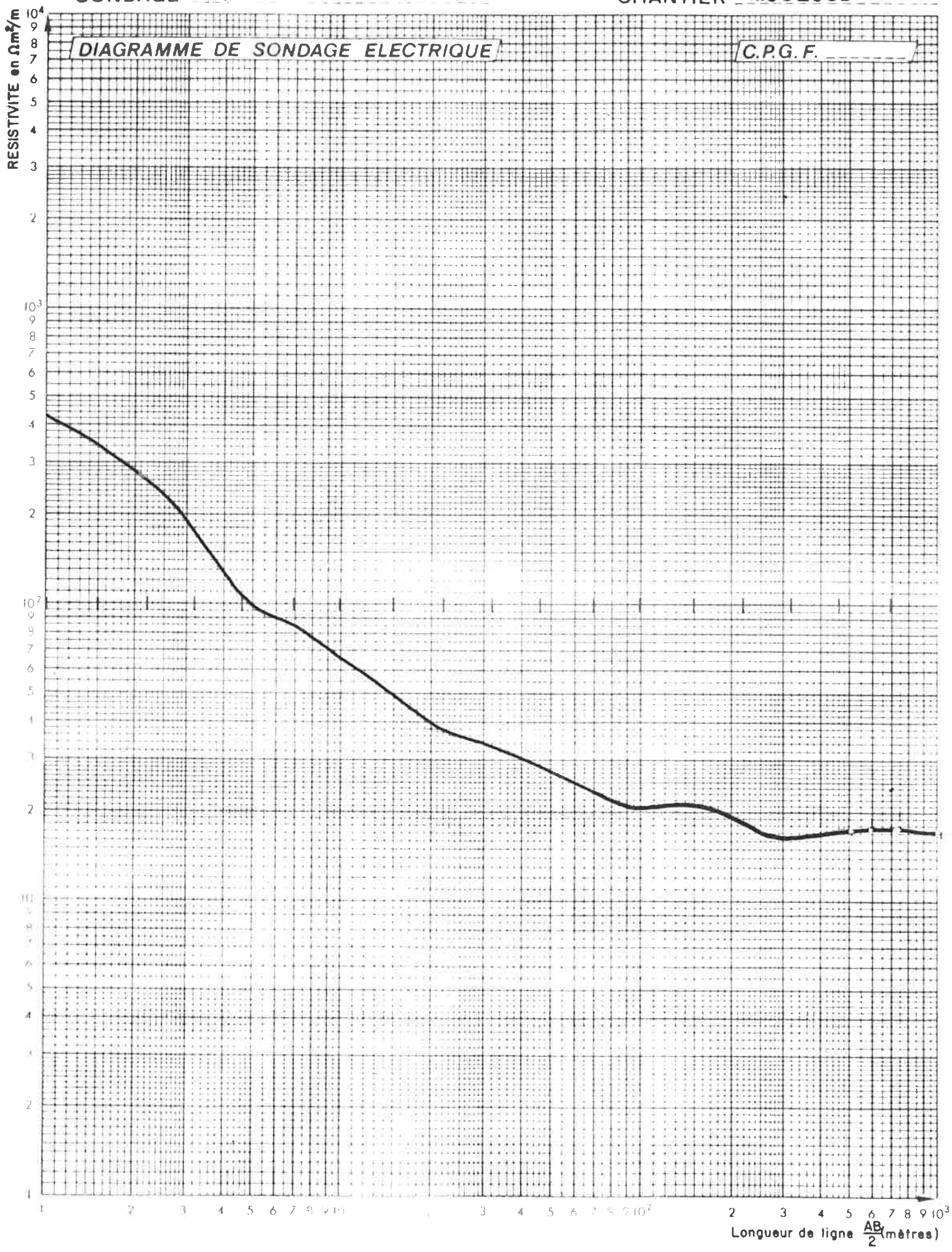


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

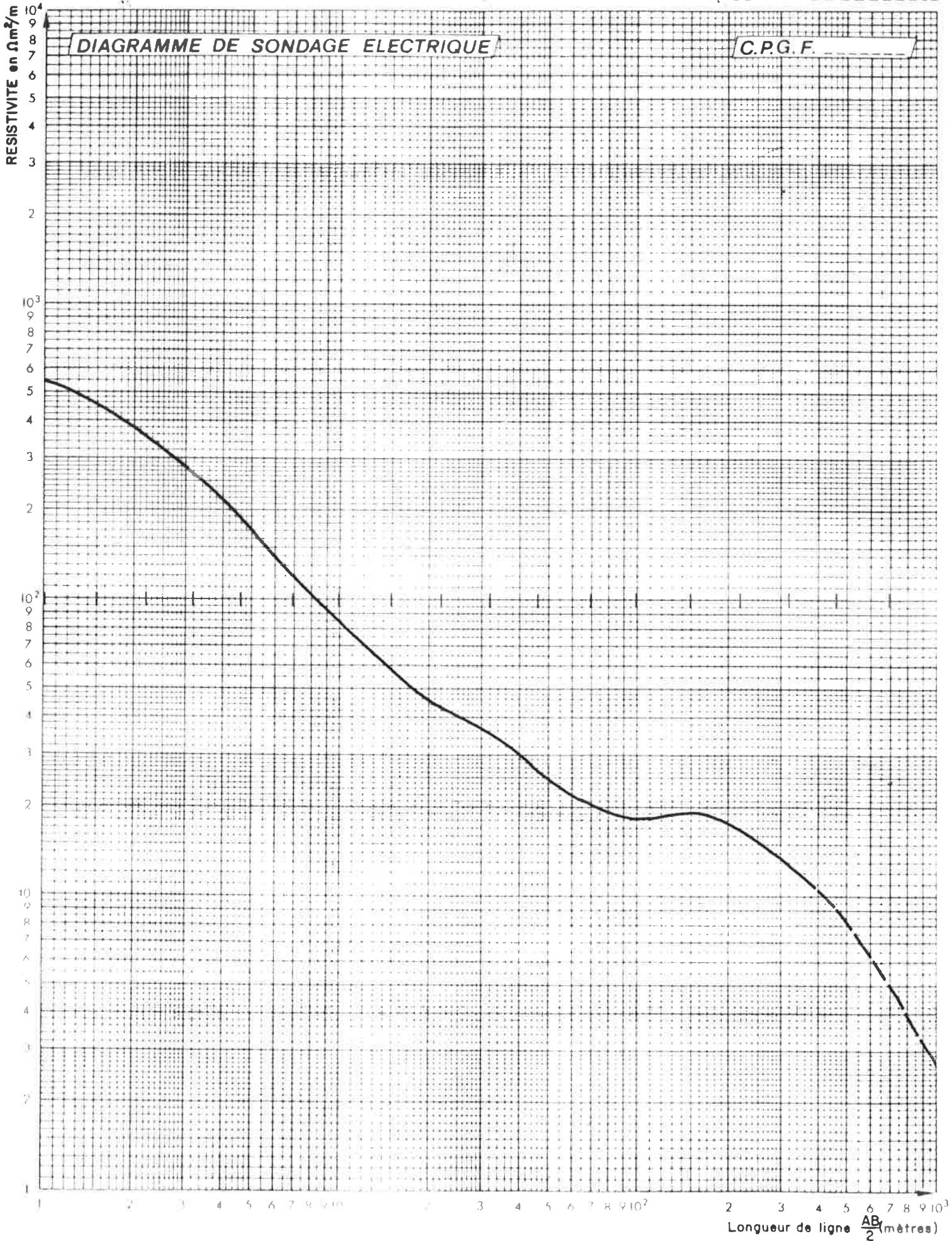


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.

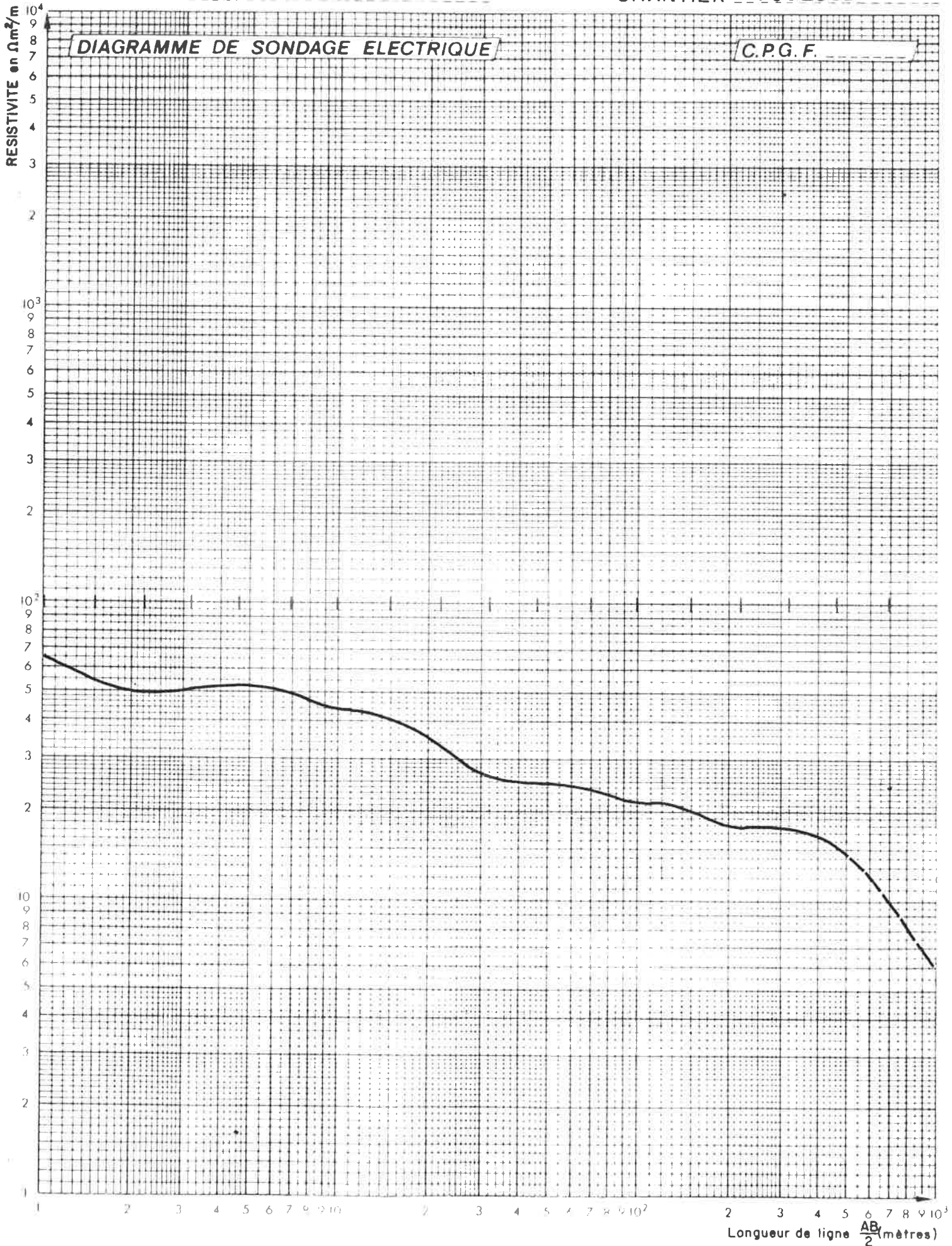
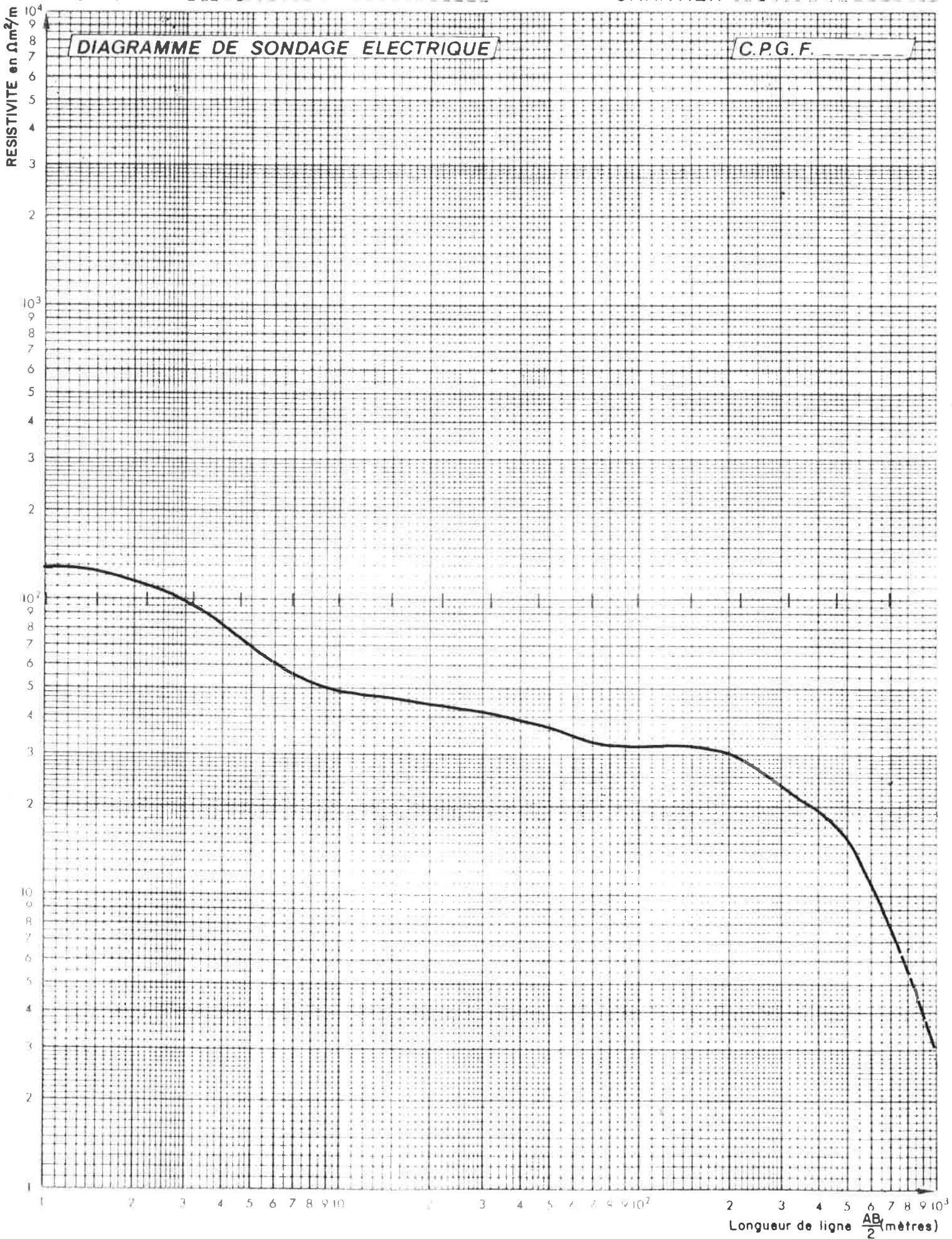


DIAGRAMME DE SONDAGE ELECTRIQUE

C.P.G.F.



ANNEXE 1

PRINCIPES DE LA METHODE GEOELECTRIQUE

La conductibilité électrique des sols et des roches, qui est l'inverse de la résistivité, dépend principalement de deux facteurs :

- la teneur en eau et sa résistivité (très variable),
- la teneur en argile (de résistivité faible).

la matrice de la roche en dehors de l'argile étant généralement infiniment résistante.

Si on fait abstraction de la présence d'argile, une formation géologique sera d'autant plus résistante qu'elle aura une teneur en eau faible (calcaires massifs, schistes sains, formations non argileuses hors nappe ...).

D'autre part, lorsque la teneur en argile devient forte dans une formation, la résistivité de cette formation devient faible.

C'est ainsi qu'en fonction du contexte géologique on peut, à partir des valeurs de résistivités, déterminer la nature et l'état des formations géologiques.

Exemples :

- Dans une plaine alluviale, les résistivités fortes sous nappe caractérisent les sables et graviers transmissifs, parce que non colmatés par de l'argile (ceci à résistivité d'eau d'imbibition constante).
- En milieu granitique ou gneissique, si on cherche la puissance du faciès d'altération ou de l'horizon fracturé, on cherchera un marqueur électriquement très conducteur (altération avancée, présence d'argile) ou moyennement conducteur (altération sableuse ou fracturation).
- La fissuration d'un granite sain se marquera par une baisse des résistivités (présence d'eau ou d'argile dans les fissures).
- D'une façon générale, les formations ou les parties supérieures des formations hors nappe seront résistantes par rapport aux formations sous nappe.

REALISATION DES SONDAGES ELECTRIQUES

On injecte le courant électrique (quelques dizaines de milliampères) dans le sol par le circuit (A, B, sol). Il se crée un réseau d'équipotentiels, dont deux courbes en particulier qui arrivent à la surface en M et N (M et N étant des piquets pouvant être placés n'importe où). La connaissance de $V = V_m - V_n$, de I et de la géométrie du dispositif AMNB (appelé quadripôle) permet de calculer la résistivité moyenne d'une certaine masse de terrain, située en gros suivant la verticale de MN. La profondeur intéressée dépend de la longueur AB, des résistivités des sols et de leur répartition.

Lorsque AB est très petit, cette résistivité "moyenne", appelée résistivité apparente, dépendra principalement des terrains superficiels.

Lorsque AB devient grand, l'influence des terrains superficiels s'estompe, et ce sont les terrains plus profonds qui ont un poids de plus en plus grand dans la valeur de la résistivité apparente.

On conçoit dès lors que la connaissance de la loi : résistivité apparente en fonction de la longueur AB, peut conduire à déterminer dans certaines limites, la fonction de répartition avec la profondeur. C'est sur ce principe qu'est basée l'exécution d'un sondage électrique :

- Par commodité, on prend un quadripôle AMNB linéaire et symétrique (A et M ayant pour image B et N par rapport au centre O du dispositif).
- Dans le dispositif SCHLUMBERGER, MN est très petit par rapport à AB.
- On fait varier la longueur AB de 0 mètre à x mètres, x dépendant du problème posé et suivant un pas de mesure croissant (par exemple AO = 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 50 m, etc ...). Pour chaque longueur AB, on mesure I et V, la résistivité apparente étant égale à $\rho_a = K \frac{V}{I}$ avec $K = f(AMNB)$.
- Pour des raisons de commodité, on est amené aussi à faire croître la valeur de MN, ce qui est pratiquement sans influence sur ρ_a .

On a ainsi déterminé la courbe $\rho_a = f\left(\frac{AB}{2}\right)$ qui est le document objectif soumis à l'interprétation, et appelé courbe de sondage électrique de terrain.

INTERPRETATION

L'interprétation des sondages électriques suppose avant tout qu'on se place dans le cas d'un terrain tabulaire horizontal ou subhorizontal, au sein duquel les diverses couches sont homogènes et isotropes. Dans la pratique, ces conditions sont peu restrictives et s'appliquent pratiquement toujours aux divers problèmes traités.

Interprétation géophysique

Principe

Le principe général de l'interprétation consiste à trouver ou à calculer une courbe modèle superposable à la courbe de terrain. La superposition étant satisfaisante, les paramètres ayant servi au calcul de la courbe modèle constituent une solution de la courbe de terrain. Comme plusieurs solutions peuvent donner la même courbe, il s'en suit plusieurs solutions géophysiques. Le choix d'une courbe modèle se fait :

- soit par sélection dans un catalogue de courbes précalculées,
- soit par sélection dans une série de courbes calculées à l'ordinateur pour le cas particulier étudié (programme C.P.G.F. ELECTRA),
- soit directement par l'ordinateur, la sélection et l'optimisation se faisant au sein de programme de calcul, de proche en proche, en faisant varier au cours d'itérations successives, les épaisseurs et résistivités (programme C.P.G.F. ELECTRA).

Ce dernier type de programme est très souple puisqu'on peut guider le calcul vers une solution géologique acceptable en faisant varier sélectivement certains paramètres plus que d'autres et en imposant des limites de variations à ces paramètres.

Les solutions trouvées restent multiples mais se groupent suivant des lois bien connues qui respectent la constance de certaines combinaisons de paramètres.

Cas général de l'indétermination

- D'une façon générale, moins une couche est épaisse et profonde et moins sa résistivité avec les terrains encaissants est contrastée, moins elle aura de chances de se voir sur une courbe de sondages électriques.
- De plus, le sondage électrique peut ne faire apparaître que le groupement de plusieurs couches sans faire la part des unes et des autres, et ceci d'autant plus que leurs épaisseurs seront faibles et leurs résistivités peu contrastées. Une application importante de cette réserve est le sondage électrique exécuté dans une plaine alluviale avec une tranche de graviers secs hors nappe.

Soit $e_s \rho_s$ et $e_m \rho_m$ les épaisseurs et résistivités des graviers secs et sous nappe. Si e_s n'est pas trop grand devant e_m (par exemple, $e_s = \frac{e_m}{2}$ à e_m), le sondage électrique donne une couche résistante englobant tous les graviers, qu'ils soient sous nappe ou hors nappe et caractérisés par $R = e_g \times \rho_g = e_s \rho_s + e_m \rho_m$.

Pour trouver e_m et ρ_m , il faut avoir une idée des autres paramètres ou des relations qui lient ces paramètres entre eux.

En application du même principe, dans une série marno-calcaire, les interbanes peu épais ne pourront être identifiés.

Interprétation géologique - Solution partielle des indéterminations

Les indéterminations géophysiques peuvent être levées par l'apport d'éléments géologiques :

- des coupes de sondages ou de puits,
- une bonne connaissance de la stratigraphie,
- une bonne connaissance générale de la géologie du site étudié.

La connaissance du niveau de la nappe apporte un élément pour la solution du problème sec-mouillé.

- Dans le cas d'une étude en site sédimentaire, la géologie générale de la région et la connaissance approchée des épaisseurs de diverses couches permettent d'établir des coupes géologiques où les couches caractérisées par leur résistivité sont ainsi déterminées en nature et en épaisseur. En général, un ou plusieurs sondages d'étalonnage, de préférence après l'étude géophysique, sont nécessaires.
- Dans le cas de la recherche d'un substratum résistant surmonté d'argile ou de limons, on détermine en chaque point de sondage électrique le quotient $\frac{e}{\rho}$ de la couche d'argile. Un étalonnage est alors nécessaire pour déterminer au moins en un point, la position du substratum, donc e , et par la suite ρ . On peut déterminer e en chaque point de sondage électrique, ρ étant supposée constante et égale à la valeur donnée par l'étalonnage.

Les forages d'étalonnage qui sont toujours nécessaires, le sont d'autant plus que le problème est géologiquement complexe, et qu'est demandée la précision à grande profondeur. Il est nécessaire de poser avec le maximum de soin le problème géologique pour voir, suivant chaque cas d'espèce, s'il est soluble par la méthode des sondages électriques.

CONCLUSION SUR LA METHODE

Les sondages électriques sont un moyen de prospection très puissant et peu onéreux. Ils permettent d'avoir une vue synthétique d'une structure géologique. Lorsque l'étalonnage n'est pas disponible, ou lorsqu'il est différé, on peut considérer en première approximation que les coupes géophysiques fournies sont proches de la réalité, à l'échelle verticale près. Un ou plusieurs étalonnages permettent par la suite de caler en profondeur les structures trouvées.

En France, où la géologie est en général assez bien connue, on a tendance à admettre que les divers éléments connus sont des étalonnages suffisants. Cette façon de voir n'est valable que pour les études couvrant une grande superficie et lorsqu'il est possible de se raccrocher à des forages dont la coupe est connue. Lorsqu'on demande des études dans un périmètre restreint, la précision demandée ne peut pas s'accommoder des

simples connaissances de géologie régionale. L'enquête devant aboutir à l'étalonnage fait partie intégrante de l'étude géophysique et en est indissociable. Lorsque l'enquête n'amène à aucune connaissance meilleure du site, un étalonnage par au moins un sondage mécanique devient indispensable.