GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

DEPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES, OTTAWA

ÉTUDE 74-42

UNE MÉTHODE D'UTILISATION QUANTITATIVE DE LA SONDE NEUTRON-NEUTRON (POROSITÉ) POUR L'ÉTUDE DES DÉPÔTS MEUBLES

JACQUES LOCAT

This document was produced by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une numérisation par balayage de la publication originale.

1975

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

COMMISSION GÉOLOGIQUE
ÉTUDE 74-42

UNE MÉTHODE D'UTILISATION QUANTITATIVE DE LA SONDE NEUTRON-NEUTRON (POROSITÉ) POUR L'ÉTUDE DES DÉPÔTS MEUBLES

JACQUES LOCAT

1975

Droits de la Couronne réservés
En vente chez *Information Canada* à Ottawa, K1A 0S9

à la

Commission géologique du Canada,
601 rue Booth, Ottawa, K1A 0E8

et

dans les librairies *d'Information Canada:*

HALIFAX — 1683, rue Barrington
MONTREAL — 640 ouest, rue Ste-Catherine
OTTAWA — 171 rue Slater
TORONTO — 221, rue Yonge
WINNIPEG — 393, avenue Portage
VANCOUVER — 800, rue Granville

ou chez votre libraire

Prix - Canada: $2.50
Autres pays: $3.00

N° de catalogue M44-74-42F

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada
Ottawa
1975

TABLE DE MATIÈRES

Page

Introduction 1
Equipements et instruments 1
Le calibreur 1
La sonde neutron-neutron 3
Corrections pour le diamètre du trou 4
Corrections pour la salinité 7
Stratigraphie 11
Porosité 11
Conclusion 11
Remerciements 11
Références 12

Annexes I-III 15-27

Programme d'ordinateur pour la sonde neutron-neutron 28

Illustrations

Figure 1. Foreuse 2
2. Echantillonneur de parois 2
3. Unité géophysique 2
4. Calibreur et organes de fonctionnement 3
5. Relation entre le rayon du trou (R) et la valeur au potentiomètre 3
6. Sonde neutron-neutron 4
7. Sonde neutron-neutron et calibreur utilisés pour obtenir des valeurs de porosité 5
8. Schéma d'interpretation des diagraphies (forage 091 P) 6
9. Courbes de calibrage pour la sonde neutron-neutron 7
10. Carte de situation des forages 8
11. Diagraphies forage 090 (A) P 9
12. Comparaison entre les résultats de laboratoire et ceux obtenus par la sonde neutron-neutron 10

UNE MÉTHODE D'UTILISATION QUANTITATIVE DE LA SONDE NEUTRON-NEUTRON (POROSITÉ) POUR L'ÉTUDE DES DÉPÔTS MEUBLES

INTRODUCTION

Peu de travaux ont été effectués sur l'utilisation quantitative de la sonde neutron-neutron dans le cadre d'une étude stratigraphique du Quaternaire. A signaler toutefois les travaux de Dyck et coll. (1972) en Saskatchewan, qui ont permis d'entrevoir les possibilités de ce type de sonde géophysique. La présente étude reste une analyse pratique et a surtout pour but d'exposer une méthode d'utilisation rapide sur le terrain de la sonde neutron-neutron.

Elle a été réalisée à partir de données recueillies dans le cadre d'une ETUDE GEOSCIENTIFIQUE DANS LA REGION NORD DE MONTREAL (St-Onge et coll., 1971-1972). Les travaux en géophysique étaient sous la direction de J.E. Wyder et ont comporté les opérations suivantes: travaux de forage, puis sondages géophysiques pour les études de la résistivité, de la porosité, de la densité, de la radioactivité naturelle et du diamètre du forage, suivis de prélèvements d'échantillons sur les parois du trou déterminé à partir des diagraphies.

On a ensuite procédé à l'analyse des données du calibreur (caliper) et de celles de la sonde neutron-neutron et proposé les corrections à apporter à chaque sonde; puis, on a étudié les résultats. Les courbes de calibrage, les analyses en laboratoire et le programme d'ordinateur sont donnés en annexe.

EQUIPEMENTS ET INSTRUMENTS

La foreuse (fig. 1) utilisée à Sainte-Scholastique était du type rotatif, Garner Denver Mayhew 1 000, munie d'un tricône de 4 ½" et 5 ½" de diamètre et d'un système de circulation de boue de bentonite pour retenir les parois. L'unité géophysique (fig. 3) comprenait les sondes, le système d'entraînement et d'enregistrement. Les sondes utilisées étaient: électrique (SP, RS), d'études de radioactivité naturelle (NG), gamma-neutron (GN), plus un calibreur. La vitesse de remontée de la sonde était contrôlée de l'intérieur et transmise à un système d'enregistrement à tambour. Indépendamment de la vitesse de sondage, l'échelle des diagraphies était déterminée en fonction de la profondeur du forage (10'/po et 20'/po). Une échelle de 10'/po et une vitesse de remontée d'environ 15'/min correspondaient parfaitement aux types de forages à Sainte-Scholastique. Les échantillons étaient prélevés par un échantillonneur de parois (sidewall sampler), conçu par le Conseil de la recherche de la Saskatchewan (SRC) (fig. 2). Son fonctionnement est décrit dans une étude de J.E. Wyder (1968).

LE CALIBREUR

Le diamètre d'un trou de forage est en fonction du diamètre du trépan utilisé, mais aussi du type de matériau foré, de la vitesse de rotation, de la pression appliquée sur le trépan et, dans certains cas, de la densité de la boue de circulation. Donc, sur certains points, le diamètre d'un trou de forage est le reflet de la nature des divers matériaux traversés. De plus, des variations importantes du diamètre du trou peuvent affecter sensiblement les résultats des sondages géophysiques. Dans le cas de la sonde neutron-neutron, le facteur <<diamètre>> n'est important que lorsqu'il est supérieur à 8.0 pouces (20.32 cm).

Le calibreur (fig. 4) permet de mesurer les variations du diamètre moyen d'un trou de forage. L'instrument se compose (fig. 4A) d'une tige reliée par un câble multiconducteur à un treuil et à un système d'enregistrement continu. A la tige, sont rattachés trois bras qui prennent appui sur les parois du trou lors de la remontée de la sonde. Avant chaque opération, l'appareil est calibré au moyen de deux anneaux de 4.5 et 6.0 pouces respectivement (11.43 et 15.24 cm).

On utilise un potentiomètre relié au bras du calibreur afin de faire varier les taux de pulsation venant de la sonde. La relation entre le diamètre du trou et la lecture au potentiomètre n'est pas linéaire (J.E. Wyder). La figure 5 montre l'allure de la courbe de calibrage établie à partir de la mesure des anneaux. Toutefois, pour les valeurs comprises entre A et B (fig. 5), la relation, considérée comme linéaire, a été établie à partir des valeurs moyennes inscrites au tableau 1.

La relation mathématique de la courbe de calibrage est la suivante:

(1) $R = m*POT + C$ ou R: rayon du trou (po)
m: pente de la droite $\overline{AB}$
C: constante à POT

dans le cas présent, on obtient:

(2) $R = (0.04*POT) + 0.9$
$D = 2*(m*POT + C)$ ou D: diamètre du trou (po)*
$D = (0.08*POT) + 1.8$

Tableau 1.
Valeurs au potentiomètre pour chacun des anneaux

anneau: 4.5 po (1)	anneau: 6.0 po (2)
31.5 cps	52.0 cps
34.5	55.0
33.0	52.5
32.0	52.0
35.0	51.5
34.0	56.0
32.0	51.5
31.5	50.0
31.0	52.5
moyenne: 32.7 cps	52.5 cps

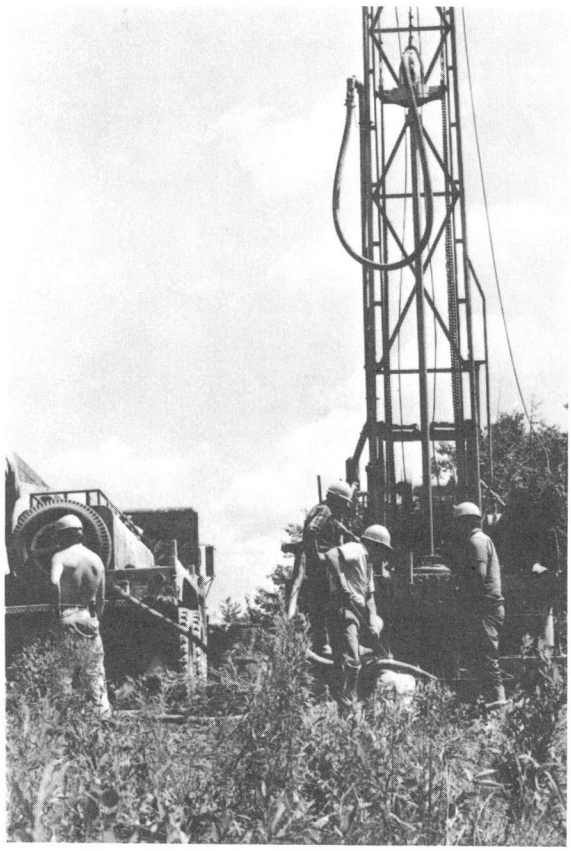


Figure 1. Foreuse.

Figure 2. Echantillonneur de parois.

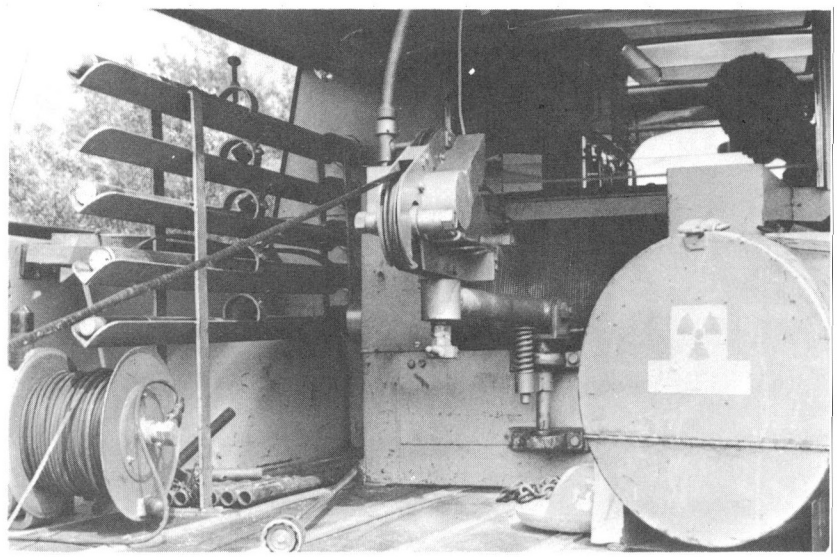


Figure 3. Unité géophysique.

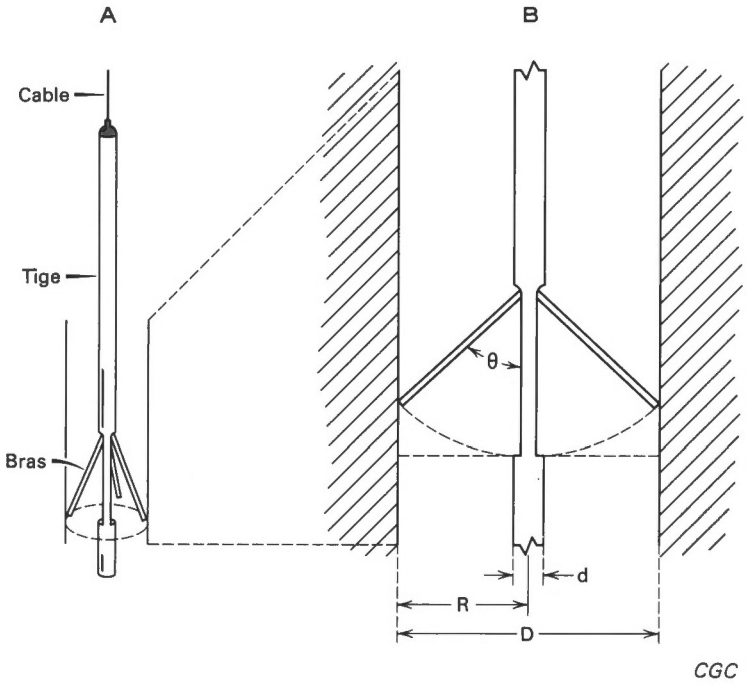


Figure 4. Calibreur et organes de fonctionnement.

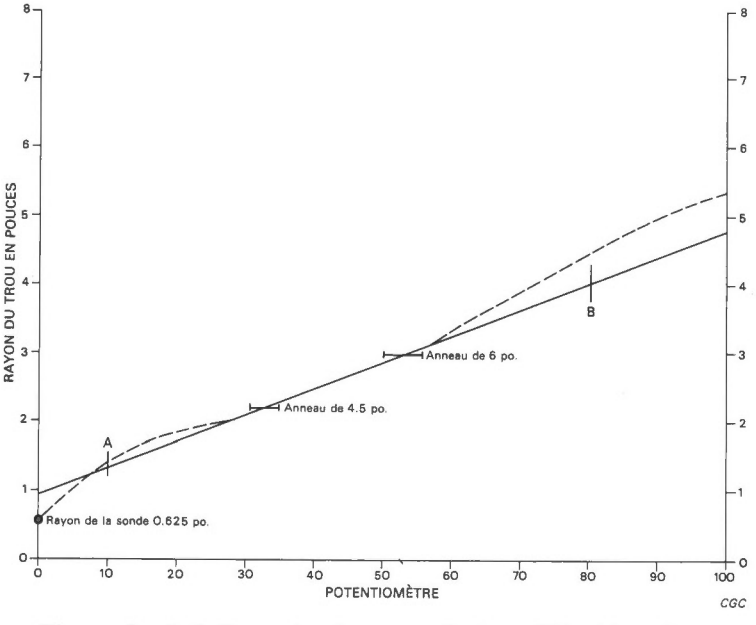


Figure 5. Relation entre le rayon du trou (R) et la valeur au potentiomètre.

Sur le terrain, il sera préférable d'utiliser les valeurs directement obtenues par la mesure des anneaux et d'en tracer le graphique. Pour des diamètres compris entre 3.0 et 8.0 pouces (7.62 et 20.32 cm), la précision est estimée à 0.25 pouce (0.6 cm). Toutefois, des anneaux de diamètres différents permettraient une plus grande précision de la courbe de calibrage; il serait alors possible de déterminer une meilleure relation entre le diamètre du trou et la lecture au potentiomètre.

LA SONDE NEUTRON-NEUTRON

La sonde neutron-neutron (porosité) permet de déterminer la teneur en eau des dépôts sus-jacents à la nappe phréatique et la porosité de ceux sous-jacents. Cette sonde se compose essentiellement d'une source émettrice d'américillium-béryllium (Am-Be) de 3.0 curies émettant 6.6×10^6 neutrons rapides par seconde et ayant une demie-vie de 458.1 années, d'un détecteur à neutron et d'un système d'enregistrement graphique. La figure 6 donne un aperçu général de la sonde, et le système d'enregistrement graphique est présenté aux figures 7 et 8.

La courbe de calibrage A' (fig. 9) a été établie par l'American Petroleum Institute (API). Selon l'API, la valeur théorique en compte par seconde (cps, count per second) pour toute argile est de 200 cps (Dyck, 1972). Toujours selon l'API, une porosité de 100 % (eau pure) donne 50 cps (Dyck, 1972). Lorsque le diamètre du trou excède 8.0 pouces, la détection tend vers 50 cps.

D'après J.E. Wyder (comm. pers.), le détecteur utilisé à Sainte-Scholastique est moins sensible que celui utilisé par Dyck en Saskatchewan. De la comparaison entre les résultats d'analyse d'échantillons et les valeurs observées sur les graphiques, il ressort que des valeurs comprises entre 150 et 190 cps sont caractéristiques de la porosité des argiles rencontrées dans la région de Sainte-Scholastique (fig. 10). Le choix de la valeur en cps peut être déterminé à partir des diagraphies. Ainsi, pour le forage 091 P, la valeur de 155 cps est reliée à une porosité de l'argile de 65 % (porosité totale). Pour le forage 049 P, cette même valeur est conservée même si la porosité moyenne des argiles est légèrement inférieure à 60.0 % et la détection supérieure à 165 cps.

La courbe A de la figure 9, utilisée pour les forages 091 P et 049 P, servira aux fins d'analyses. La formule générale est la suivante:

(3) $\log \phi = \log B - CPS \log M$ ou: ϕ : porosité en %
M, B: constantes

(4) $\phi = 10^{(\log B - CPS \log M)}$ CPS: détection en cps

(5) $\phi = M^{-CPS} * B$

Cette formule ne tient pas compte des conditions physico-chimiques du milieu ambiant. Il importe donc d'introduire certains facteurs de correction concernant la variation du diamètre du trou et de la salinité. Dans les études effectuées à Sainte-Scholastique, les corrections concernant la densité et le type de boue utilisé (bentonite) n'ont pas été nécessaires (Wyder, comm. pers.). Une documentation sur la sonde neutron-neutron et le calibreur, est donnée dans une publication du U.S.G.S. (1971).

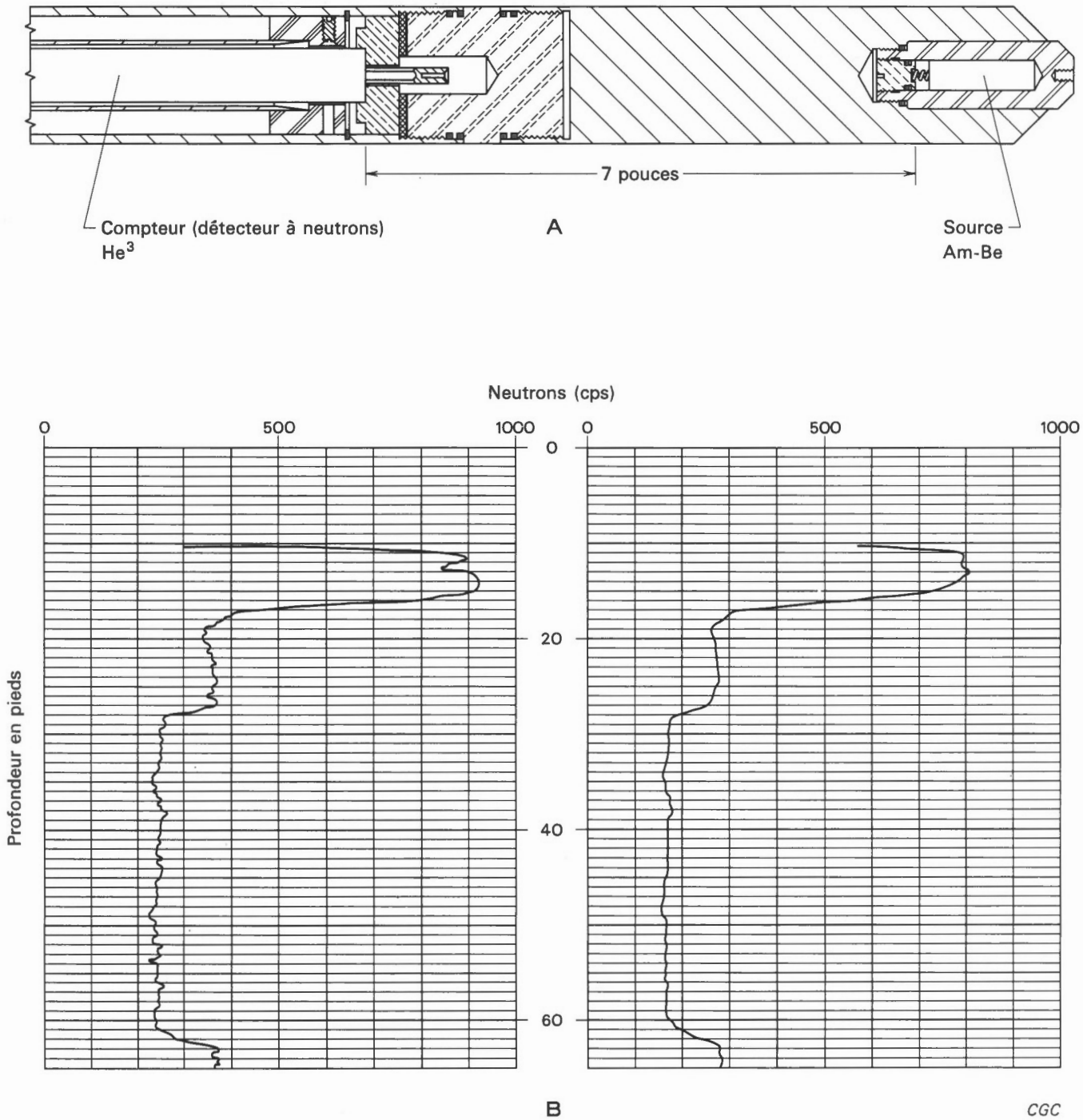
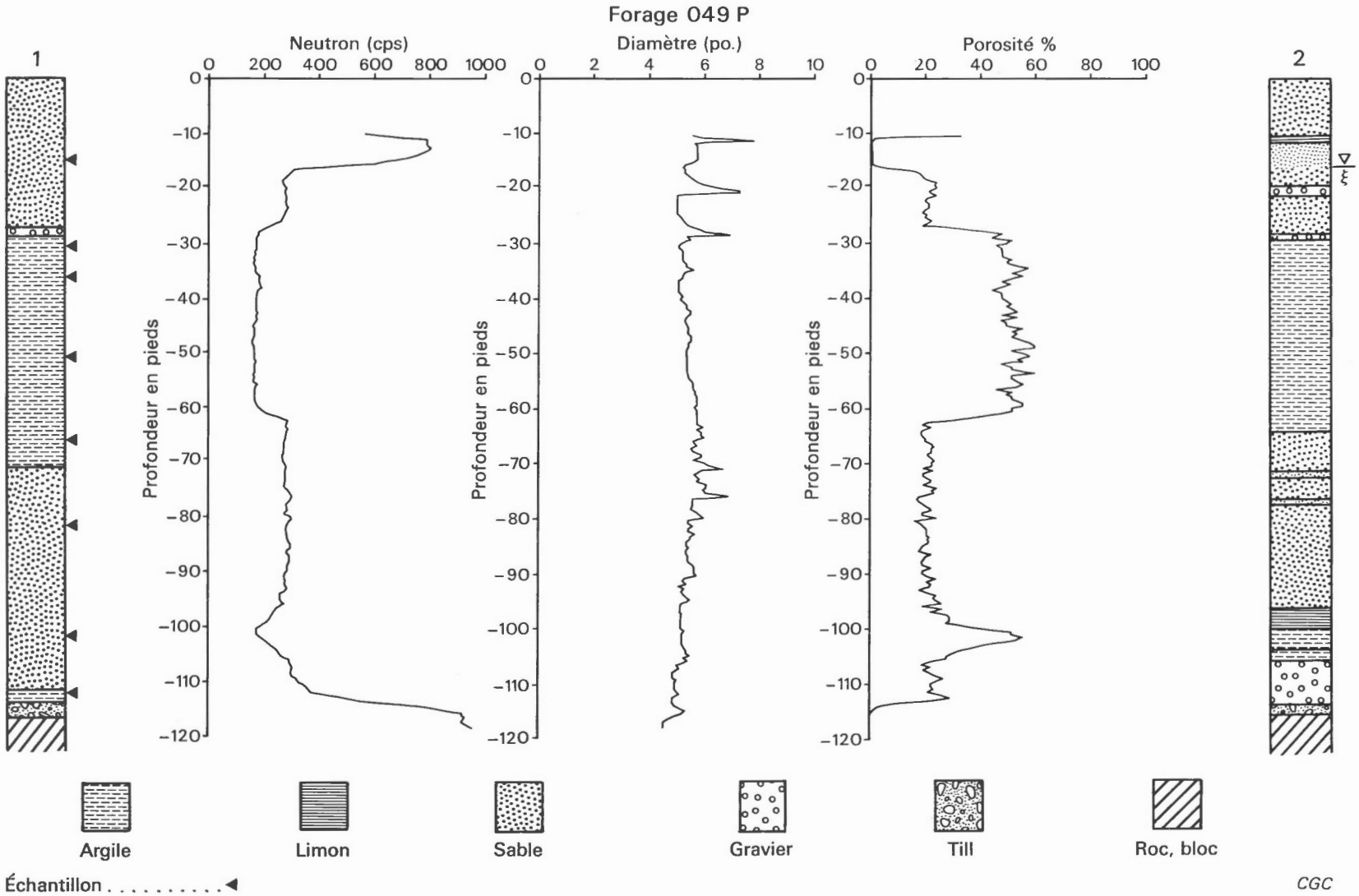


Figure 6. Sonde neutron-neutron:
A) sonde,
B) sortie du graphique (diagraphie).

CORRECTIONS POUR LE DIAMETRE DU TROU

La variation du diamètre du trou est un important facteur d'influence dans la détection par la sonde neutron-neutron, la distance entre la source et le détecteur étant, dans le cas présent, de 7.0 pouces (fig. 6). On peut donc considérer ici que le volume intérieur du sondage est similaire à un cylindre d'un diamètre de 7.0 pouces. Ainsi, lorsque le diamètre du trou excède 8.0 pouces, une correction doit être apportée. On peut aussi supposer que plus le diamètre



1) colonne stratigraphique après le forage,
2) colonne stratigraphique après l'interprétation des diagraphies.

Figure 7. Sonde neutron-neutron et calibreur utilisés pour obtenir des valeurs de porosité.

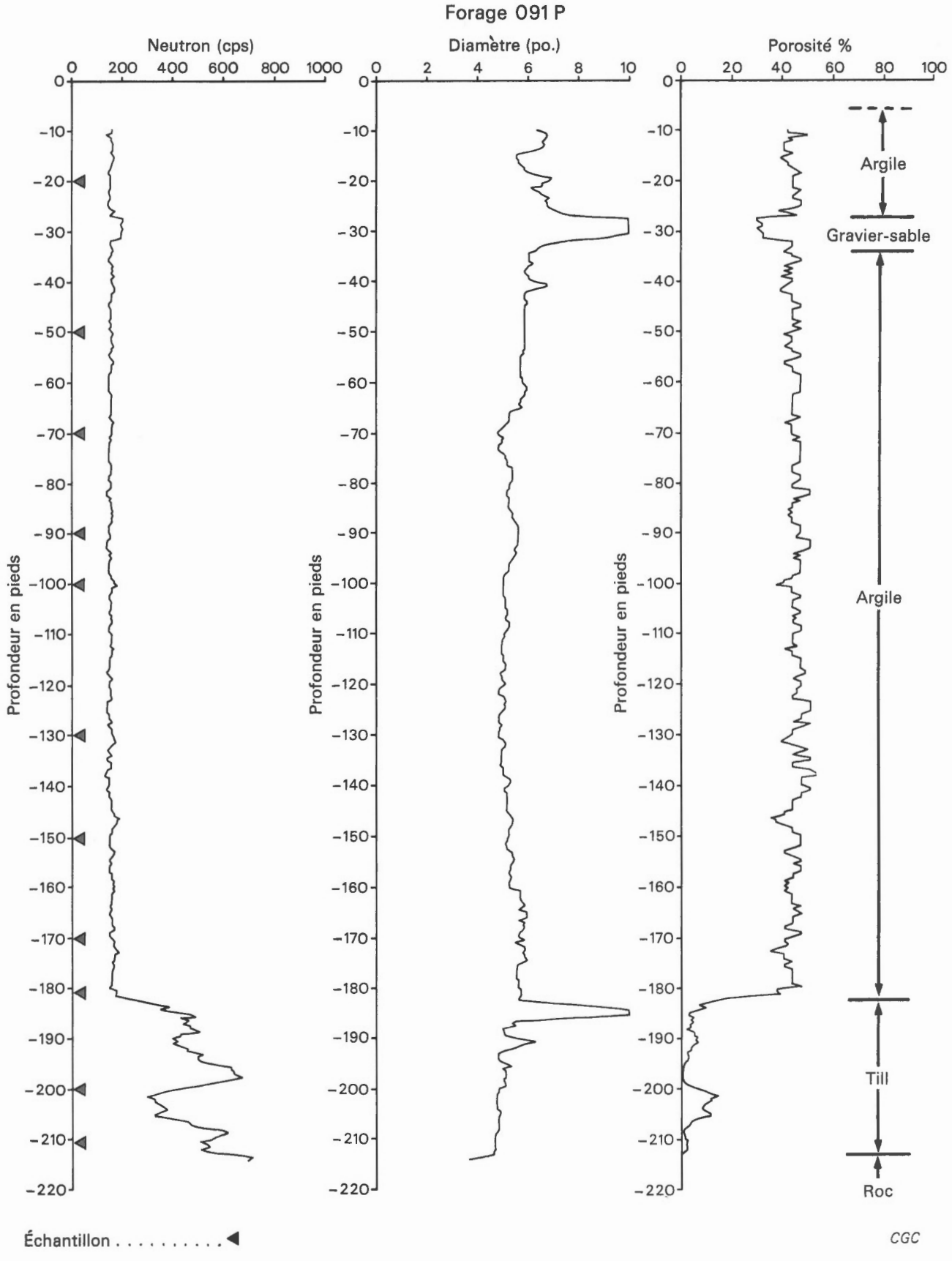


Figure 8. Schéma d'interpretation des diagraphies (forage 091 P).

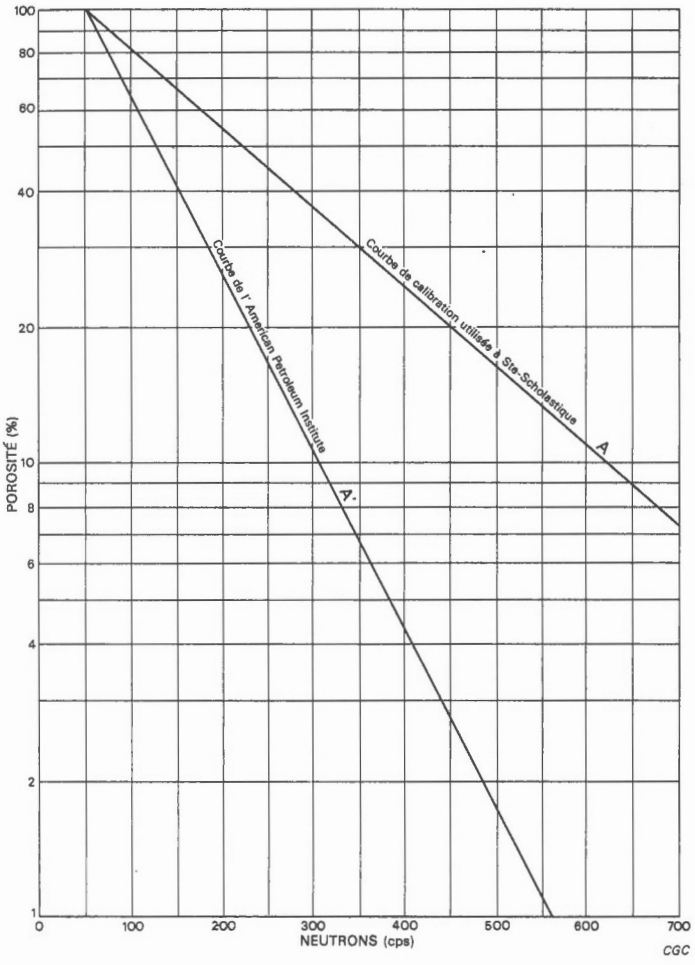


Figure 9. Courbes de calibrage pour la sonde neutron-neutron.

excédera 8.0 pouces, plus on tendra vers une situation de diamètre infini. A la limite, si le fluide de circulation était de l'eau pure, la détection serait de l'ordre de 50 cps. Ici, le fluide étant une boue de bentonite, cette condition extrême ne s'est jamais réalisée. Toutefois, cette tendance vers 50 cps peut être contrebalancée en additionnant la valeur <<X>> de la relation suivante:

(6)

$X = CPS - CPS'$ ou CPS: valeur moyenne de la formation observée en cps

CPS CPS': valeur en cps observée à l'endroit où le diamètre du trou excède 8.0 pouces

Avec cette méthode, la correction X est ajoutée à la valeur détectée pour obtenir la valeur en cps utilisée aux équations de 3 à 5. Maximale possible serait d'additionner 50 cps. Par exemple, pour le forage 090 (A)P, entre 10 et 50 pieds de profondeur, la diminution moyenne semble de l'ordre de 20 à 30 cps pour un diamètre moyen de 9.0 pouces (fig. 8). Toutefois, avant de partir pour le terrain, il est indiqué de vérifier la valeur en cps de la détection pour 100 % de porosité en plaçant la sonde dans un baril d'eau. La valeur obtenue par cette simple expérience est très

La vitesse de sondage (généralement de 15.0 pi/min) empêche l'enregistrement complet de la détection par suite d'un diamètre plus grand, lorsque cette portion d'élargissement du trou est courte. Par exemple, au forage 091 P (fig. 11), à 30.0 pieds de profondeur, le diamètre du trou a excédé 10.0 pouces et l'enregistrement de cette variation du diamètre du trou était presque nul. Au forage 090 (A)P (fig. 8), entre 20.0 et 54.0 pieds de profondeur, la variation du diamètre du trou était de l'ordre de 7.0 à 9.0 pouces. La détection maximale due à cette variation a été enregistrée vers 35.0 pieds de profondeur, où <<X>> était environ 25.0 cps. A noter que la correction <<X>> est à faire avant le calcul de la porosité. Il faut également tenir compte que le calibreur n'est pas centré de façon absolue ce qui, encore là, laisse place à l'interprétation.

Le diamètre du trou peut correspondre au diamètre du trépan ou lui être inférieur. Un diamètre inférieur peut résulter d'un plâtrage de boue (mud cake) sur les parois ou d'un rétrécissement du trou par une argile plastique. De là, l'importance d'indiquer l'heure de la fin du forage et celle du début des sondages géophysiques. Selon le fabricant:

> "...Required corrections will depend on hole size and mud cake composition and density. General rule of thumb is to subtract 1 % of porosity for every ¼" of mud cake as determined from caliper logging."
>
> G.O.I., 1970, p. 112

De cette méthode, on peut tirer la relation suivante:

(7) $C = (BIT - D) * 4$ ou BIT: diamètre du trépan (po)
D: diamètre du trou (po)
C: correction en %
N.B. : cette correction s'effectue lorsque BIT est plus grand que D.

Le calibreur peut être utilisé avec des <<bras>> de différentes longueurs; ici, les bras ont 6.0 pouces. Pour d'autres dimensions, les limites des courbes de calibrage devront être refaites pour une utilisation précise.

CORRECTION POUR LA SALINITE

Les neutrons émis par la source d'Am-Be sont principalement ralentis par les ions H^+ du milieu ambiant. Toutefois, les ions K^+, Na^+ et Mg^{+2} peuvent

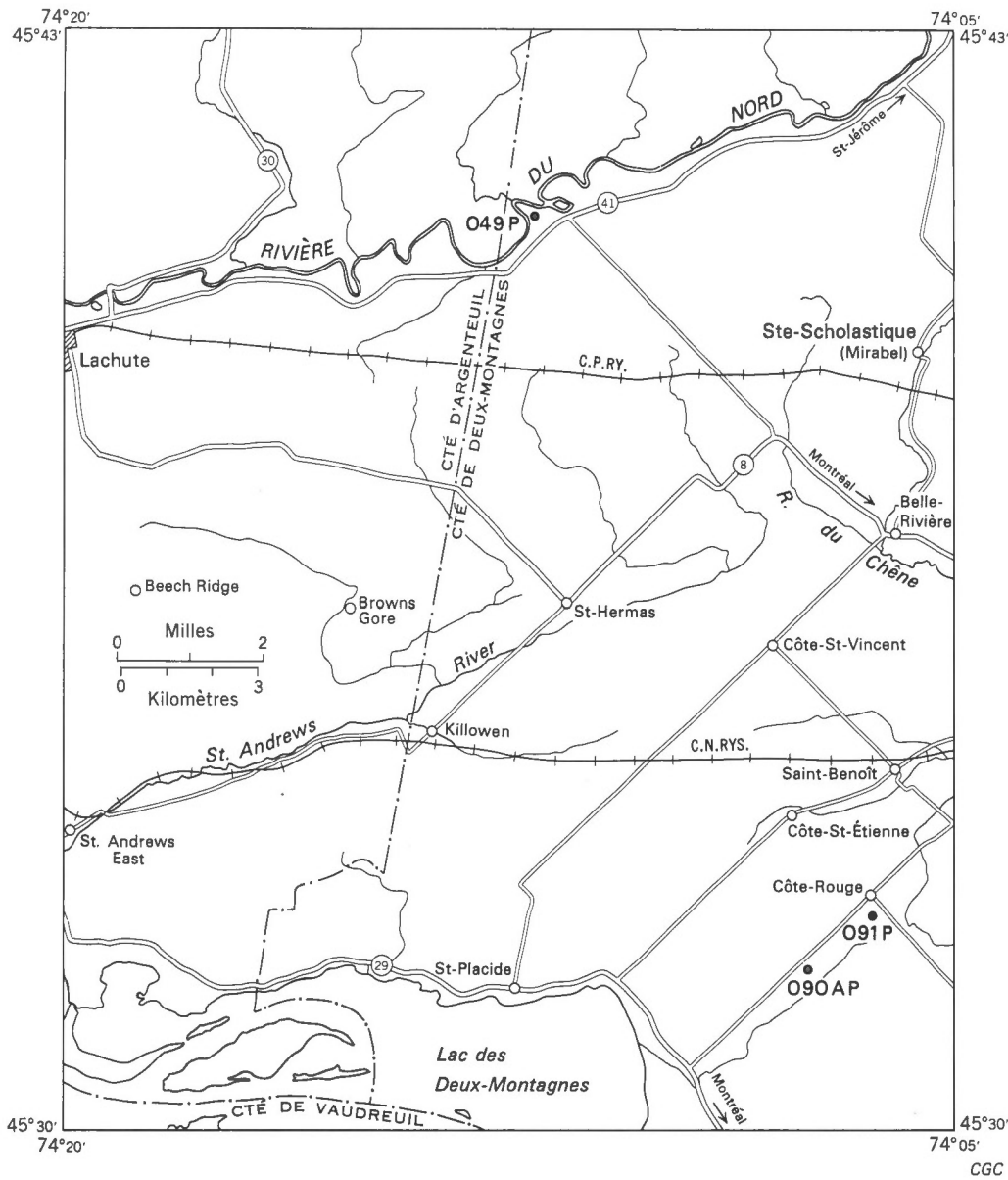


Figure 10. Carte de situation des forages.

aussi ralentir partiellement les neutrons émis. Ces ions, autres que ceux d'hydrogène, se rencontrent surtout dans l'eau salée ou dans un milieu sédimentaire marin, mais à des concentrations très différentes. Egalement, les minéraux argileux (colloïdes) peuvent quelquefois renfermer ces mêmes ions. Dans la région de Sainte-Scholastique, cette correction s'appliquera aux argiles et aux limons argileux de la mer Champlain. L'action des ions <<parasites>> sera de surélever la porosité des argiles puisque la détection sera d'autant diminuée. Toutefois, depuis la mise en place des argiles dans la mer Champlain, la salinité a continuellement diminué par suite d'un <<lessivage>> progressif. La correction suggérée par le fabricant est la seule qui peut être faite dans ce cas.

"... Where the borehole liquid is salt water or salt mud, multiply the porosity as derived from the accompanying chart by 0.8 (average for 8.0" hole) to obtain a corrected porosity."

G.O.I., 1970, p. 114

Par cette correction, on diminue donc de 20 % la valeur obtenue. En fait, cette correction s'appliquant à de l'eau salée, il faut la considérer comme un maximum. Si l'on identifie ce facteur de correction par <<S>>, on peut faire la relation suivante:

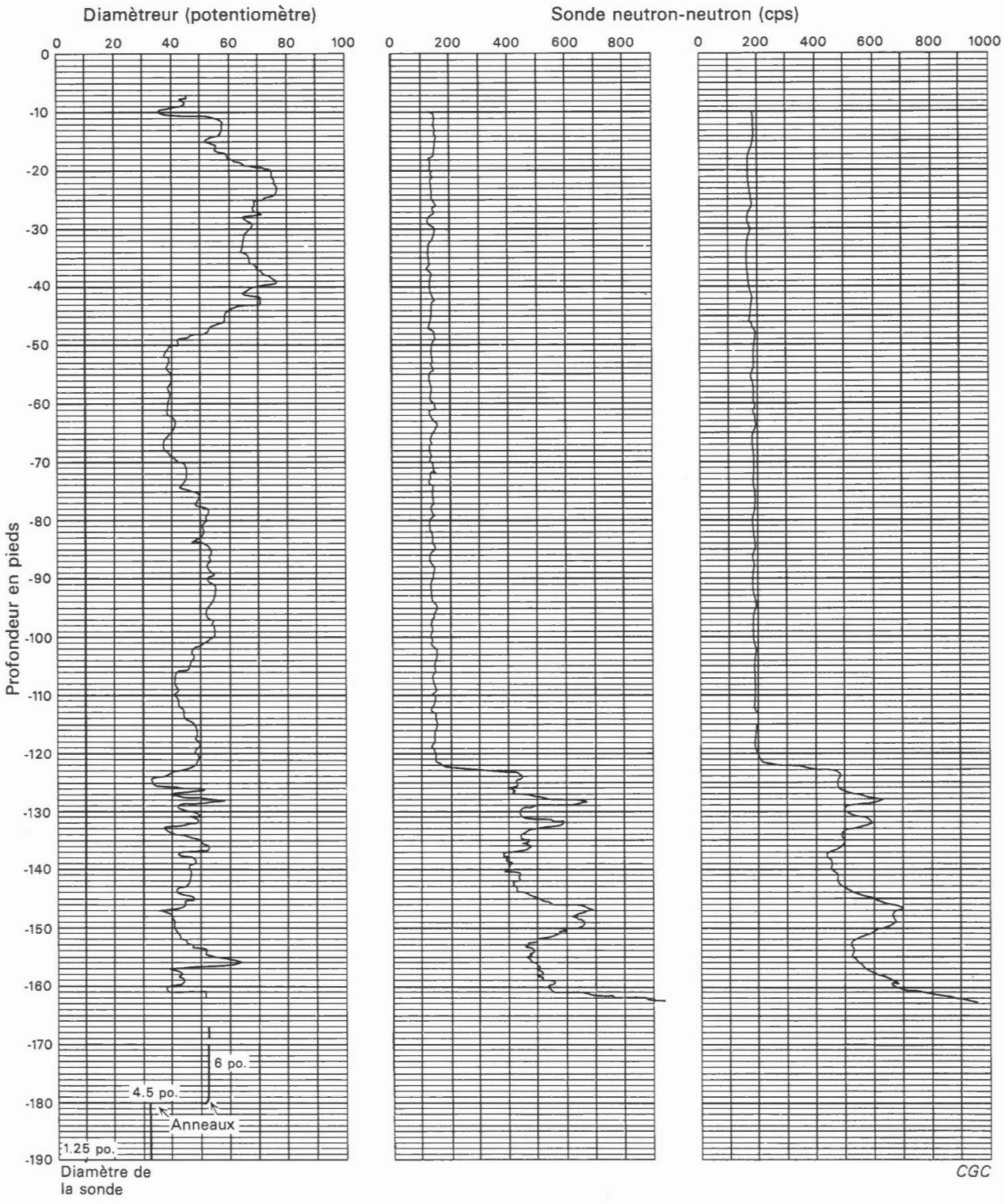


Figure 11. Diagraphies forage 090 (A) P.

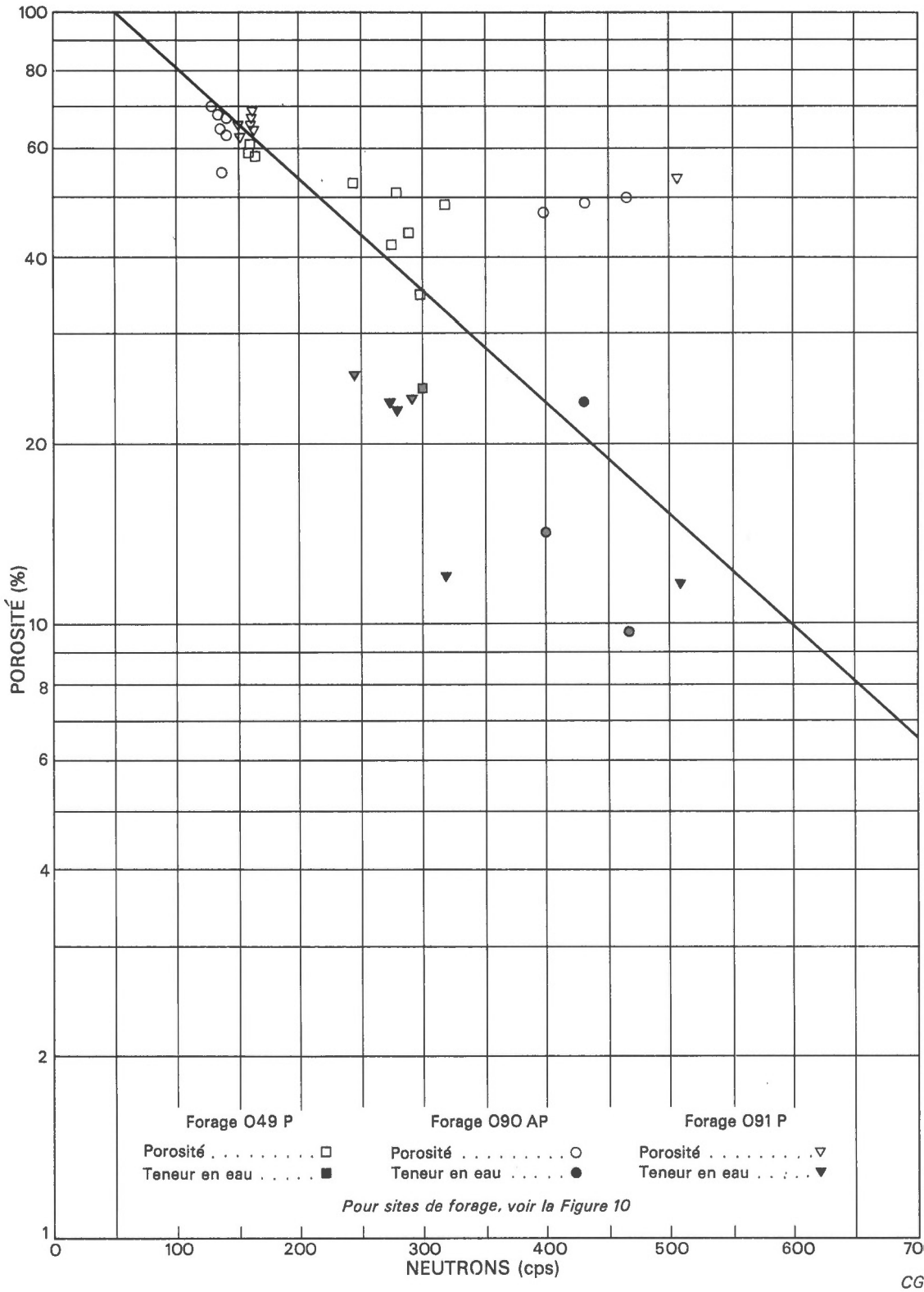


Figure 12. Comparaison entre les résultats de laboratoire et ceux obtenus par la sonde neutron-neutron.

(8) $\phi = \phi_o * S$ ou ϕ: porosité finale en %

ϕ_o: porosité initiale en %

S: facteur de correction compris entre 0.8 et 1.0

Ainsi, des équations 5, 7 et 8, on peut obtenir la formule générale suivante:

(9) $\phi = (B/M^{CPS}-C)*S$

$\phi = (M^{-CPS}*B-C)*S$

D'autres facteurs peuvent influencer les résultats tels que la température de la boue et sa densité. Toutefois, aucune étude précise n'a permis d'en déterminer l'ordre de grandeur. L'annexe présente les variations possibles pour des porosités différentes de l'argile.

STRATIGRAPHIE

L'utilisation des sondes géophysiques est généralement réservée à l'étude qualitative des dépôts meubles. Par exemple, les sondes électriques (SP, RS) permettent de définir exactement les contacts entre les formations géologiques et les zones à haute salinité. Ce résultat vaut pour la sonde neutron-neutron dans la détermination des contacts géologiques. D'ailleurs, l'utilisation de la sonde neutron-neutron et du diamétreur a permis d'apporter certaines corrections à la colonne stratigraphique des forages. En voici quelques exemples provenant des forages de Sainte-Scholastique:

a) le rapport de forage plaçait la limite inférieure de contact argile-sable à environ -72.0. La sonde a indiqué ce contact à environ 60.0' (forage 049 P);

b) à l'aide du calibreur et de la sonde neutron-neutron quelques lentilles de sable ont été ajoutées (forage 049 P); et

c) entre -10.0' et -15.0', on a pu distinguer le passage entre la zone saturée et non saturée où la tenteur en eau était d'environ 10 %.

Comme on peut le constater, le calibreur est un appareil excellent dans la détermination des lentilles de sable et de gravier (matériaux de faible cohésion). Il permet d'autre part de vérifier la qualité du forage et de choisir le tubage nécessaire en hydrogéologie. Si le calibreur indique un rétrécissement anormal du trou dans des argiles, peu après le forage, des zones de plus grande plasticité peuvent être déterminées. Le trou ayant tendance à se refermer, plusieurs lectures (sondages) du calibreur pourraient éventuellement permettre de situer les zones de faible résistance au cisaillement; cette question est à étudier.

POROSITE

Le tableau 2 et la figure 12 donnent une comparaison des résultats d'analyse en laboratoire avec les données de la sonde neutron-neutron. A la figure 12, le graphique montre la teneur en eau (points opaques) des sables, des graviers et des tills. Aux figures 7 et 8 les graphiques ont été tracés par l'ordinateur en utilisant une porosité moyenne de 35.0 % pour l'argile. Les valeurs obtenues sont donc plus faibles et seraient de 5 % à 20 % supérieures à partir d'une porosité moyenne de 65 % pour 155 cps. La méthode utilisée à Sainte-Scholastique a fourni deux diagraphies de sensibilités différentes. Le choix du graphique s'appuie sur deux considérations: la valeur en cps pour l'argile doit être comprise entre 130 et 190 cps et/ou la diagraphie montre la plus grande sensibilité.

Les résultats concernant les argiles sont valables étant donné que la courbe de calibrage est partiellement basée sur la valeur de la porosité moyenne de l'argile de la région. En ce qui concerne les sables, les graviers et les tills, les résultats du laboratoire sont sensiblement supérieurs aux données des sondages (fig. 12). A noter que la quantité d'échantillon utilisée pour l'analyse en laboratoire varie entre 3.0 et 15.0 gm (annexe II). La détermination du volume total par déplacement d'eau, sur une faible quantité, comportera donc certaines erreurs dues au caractère non cohésif du sédiment. De plus, la sonde détermine <<in situ>> la porosité du dépôt et place cette valeur dans l'espace environnant de la sonde. Ainsi, dans le till, seule la partie échantillonnable peut être analysée en laboratoire (sauf les blocs ou cailloux), alors que la sonde détermine une porosité pour l'ensemble du matériau, la matrice et ses éléments.

L'annexe III comprend les différentes parties du programme placées en ordinateur (CDC 3150) pour le traitement des données obtenues par les sondages géophysiques à Sainte-Scholastique.

CONCLUSION

Cette étude est surtout une analyse des résultats obtenus par la sonde neutron-neutron pour des forages non tubés. Dans le cadre d'études régionales, comme à Sainte-Scholastique, les sondes géophysiques permettent de définir rapidement des facteurs aussi importants que la porosité et la teneur en eau. Ces données de base servent à l'établissement de la cartographie géotechnique et hydrogéologique; un emploi plus généralisé permettrait d'obtenir de multiples informations sur une région donnée. Des travaux complémentaires amélioreront les résultats obtenus, par exemple, une étude détaillée en laboratoire pour mieux définir l'influence du diamètre du trou, de la salinité, de la température et même de la composition minéralogique des argiles rencontrées. Dans une région à étudier, dès le début des travaux, un ou deux forages avec échantillonnage quasi continu devraient être exécutés pour le calibrage des instruments géophysiques et géotechniques. Dans ces travaux, la géochimie des eaux souterraines a certainement un rôle important.

REMERCIEMENTS

La présente étude aurait été impossible sans la collaboration de MM. D.A. St-Onge[1] (dir., Dép. de

[1]Anciennement de la Commission géologique du Canada, Division des sciences du terrain.

Tableau 2

Comparaisons entre les analyses de laboratoire et les résultats de la sonde neutron-neutron. A noter que pour les forages 049 P et 090 (A)P, les valeurs en cps sont respectivement de 850 et 900 cps pour la roche en place, ce qui donne respectivement 4.5 et 3.7 % de porosité.

A l'annexe II se retrouvent les analyses détaillées des échantillons.

Forage N°.		Prof.	%eau	ø (%, lab.)	ø (neutron, %)	cps	Type d'échantillon
049 P	1	15.0	19.0	35.0	35.0	300	sable
	2	30.0	48.7	59.0	60.0	165	argile
	3	35.0	54.6	59.0	60.0	165	argile
	4	50.0	60.1	61.0	63.0	160	argile
	5	65.0	23.1	42.0	39.0	275	sable-limoneux
	6	80.0	23.9	44.0	37.0	290	sable-limoneux
	7	90.0	22.4	51.0	38.5	280	sable-limoneux
	8	100.0	26.1	53.0	44.0	245	limon-sableux
	9	110.0	12.2	49.0	32.5	320	limon-sableux
090 (A) P	1	10.0	67.83	69.8	70.0	135	argile
	2	40.0	67.29	71.2	71.6	130	"
	3	60.0	64.34	66.7	69.0	140	"
	4	80.0	58.20	68.7	69.0	140	"
	5	100.0	61.09	55.76	70.0	135	"
	6	120.0	56.66	64.0	69.0	140	"
	7	125.0	23.4	49.2	20.0	435	till
	8	140.0	14.15	47.5	23.0	400	till
	9	155.0	9.79	50.0	17.5	470	till
091 P	1	20.0	74.9	66.0	64.5	160	argile
	2	50.0	62.0	60.0	64.5	160	"
	3	70.0	59.9	68.0	64.5	160	"
	4	90.0	57.9	66.0	66.0	150	"
	5	110.0	56.9	69.0	64.5	160	"
	6	130.0	60.9	68.0	64.5	160	"
	7	150.0	35.7	63.0	66.0	150	"
	8	170.0	51.4	65.0	64.5	160	"
	9	182.0	54.9	67.0	64.5	160	"
	10	200.0	24.2	65.2	35.0	300	limon sa-arg
	11	211.0	11.7	54.0	14.8	510	till

géographie à l'Université d'Ottawa) et J.E. Wyder[1] (Kenting International, Calgary). Je désire remercier MM. L.S. Collett et P.G. Killeen[2] pour leurs commentaires. J'exprime ma reconnaissance à MM. Jean-François Guédon (Service de l'informatique, UQAM), Fernand Morin (C.G.C.), M^me^ Marianne Kugler-Gagnon (Université d'Ottawa), tout particulièrement à M^lle^ G. Majeau pour son travail de patience dans la détermination des valeurs des points sur les diagraphies. Je remercie M. Jean-Yves Chagnon (dir., Service de géotechnique au ministère des Richesses naturelles du Québec) pour m'avoir permis de compléter cette étude durant mon travail.

[1] Anciennement de la Commission géologique du Canada, Division des sciences du terrain.

[2] Anciennement de la Commission géologique du Canada, Division de la géophysique et de la géochimie (ressources).

REFERENCES

Broda, F. et Schonfeld, T.
1968: The technical application of radioactivity; v. 1, p. 129-158.

Dyck, J.H., Keys, W.S. et Meneley, W.A.
1972: Application of Geophysical Logging to Groundwater studies in Southeastern Saskatchewan; Can. J. Earth Sci., p. 78-94.

Gearhart-Owen Industries Inc. (G.O.I.)
1970: Log Interpretation Reference Data Handbook; G.O.I. Publications, 168 p.

Morin, F.
1973: Quelques analyses physiques des sols, méthodes de terrain, Dossier public 172, Comm. géol., Can., Ottawa, 81 p.

Pirson, S.J.
1963: Handbook of Well Log Analysis for Oil and Gas Formation Evaluation; Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 326 p.

Rutter, N.W. et Wyder, J.E.
1969: Application of Borehole Stratigraphic Techniques in Areas of Mountain Glacial Drift in Alberta; Comm. géol., Can., Etude 69-35, Ottawa, 15 p.

Schlumberger,
1958: Introduction to Schlumberger Well Logging; Schlumberger Publications, No 8, 98 p.

St-Onge, D.A., Kugler, M. et Morin, F.
1971-1972: Etude géoscientifique de la Région Nord de Montréal, 1971-1972, Comm. géol., Can., 38 p.

U.S.G.S.
1971: Application of Borehole Geophysics to Water-Resources Investigations; U.S.G.S., TWRI 1, 126 p.

Wyder, J.E.
1968: Geophysical and Geological Study of Surficial Deposits near Frobisher, Saskatchewan, Ph.D. Thesis, Dept. of Geological Sciences, University of Saskatchewan, Saskatoon, 136 p.

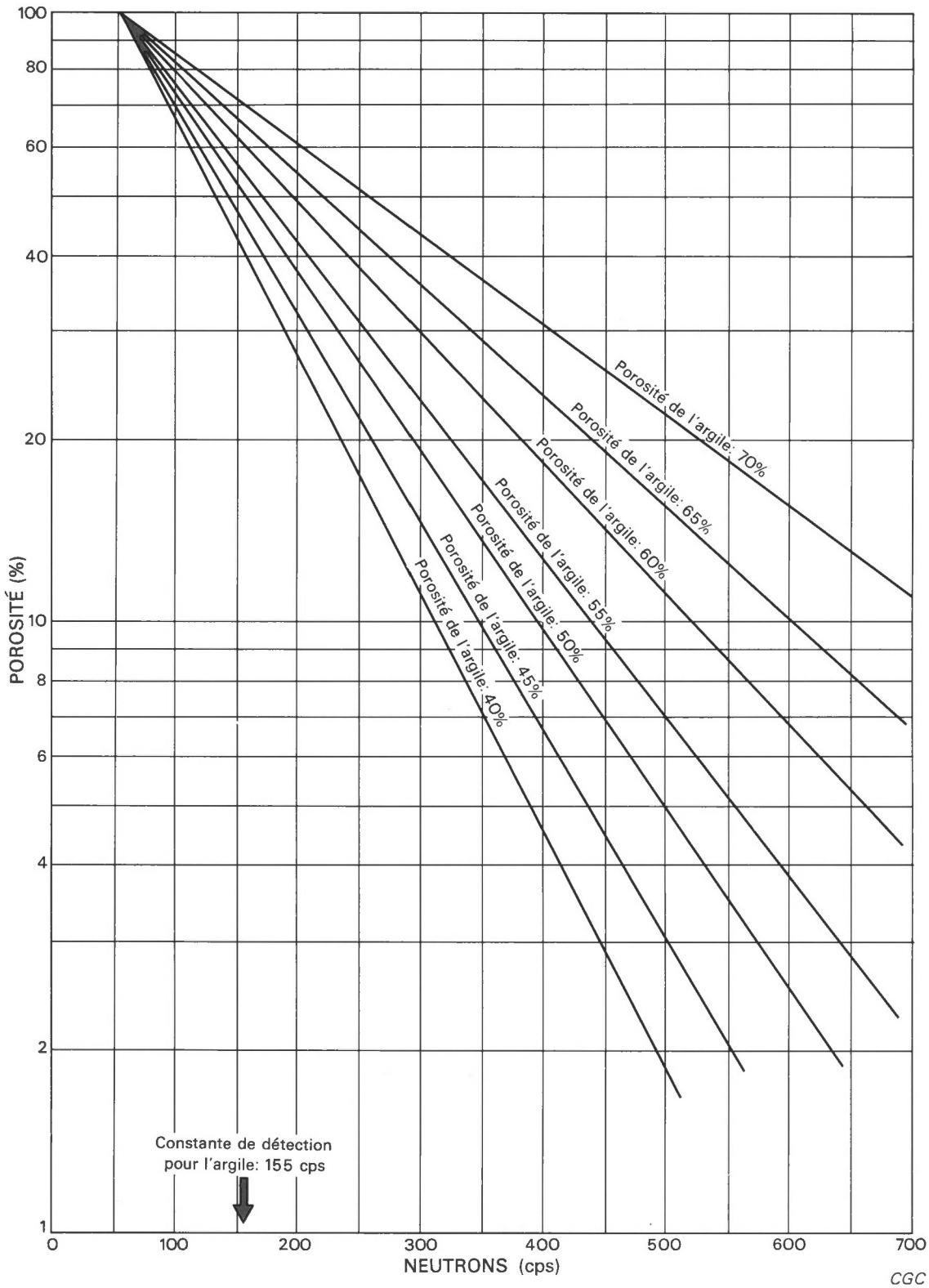
ANNEXES I-III

et

PROGRAMME D'ORDINATEUR

ANNEXE I

Courbes de calibrage utilisées à Sainte-Scholastique



ANNEXE II: ANALYSES EN LABORATOIRE

Forage N^{O}.		Prof. (pi)	Gravier (%)	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Densité humide (gm/cm^3)	pH	Densité des soli. (gm/cm^3)	Poids sec (gm)	Volume total (cm^3)
	1	15.0	0	94.8	1.59	3.58	2.10	7.6	2.72	36.76	21.0
	2	30.0	0	12.54	33.91	53.55	1.66	7.6	2.73	29.02	26.0
	3	35.0	0	19.05	35.54	45.41	1.72	8.4	2.74	13.35	12.0
	4	50.0	0	21.40	25.63	52.97	1.68	8.4	2.75	6.82	6.50
049 P	5	65.0	0	72.20	13.90	13.90	1.97	7.8	2.76	4.00	2.50
	6	80.0	0	69.89	20.21	9.90	1.95	7.6	2.82	25.18	16.00
	7	90.0	0	66.15	25.53	8.32	1.66	7.6	2.79	28.48	21.00
	8	100.0	0	25.38	74.62	0	1.63	7.8	2.74	5.17	4.00
	9	110.0	3.31	32.48	59.67	4.54	1.61	7.6	2.85	15.78	12.20
	1	10.0	0	14.92	16.45	68.62	1.38	8.6	2.73	7.40	9.0
	2	40.0	0	12.89	21.42	65.69	1.33	8.6	2.76	4.17	6.00
	3	60.0	0	20.12	19.30	60.58	1.51	8.6	2.76	7.81	8.50
	4	80.0	0	8.52	19.69	71.79	1.35	8.6	2.73	3.84	4.50
090 (A) P	5	100.0	0	0.53	17.94	81.53	1.96	8.6	2.75	3.65	3.00
	6	120.0	0	1.47	11.08	87.44	1.54	8.4	2.73	9.83	10.00
	7	125.0	33.39	22.58	21.75	16.28	1.74	8.4	2.82	5.64	4.00
	8	140.0	11.62	30.35	32.45	25.58	1.72	8.6	2.87	4.52	3.00
	9	155.0	39.60	27.11	19.61	13.68	1.52	8.6	2.77	6.23	4.50
	1	20.0	0	0.83	30.01	69.15	1.65	8.9	2.83	5.66	6.00
	2	50.0	0	22.98	28.00	63.85	1.81	8.4	2.78	3.91	3.50
	3	70.0	0	12.83	32.93	54.24	1.41	8.6	2.77	6.17	7.00
	4	90.0	0	4.27	26.76	68.97	1.45	8.6	2.74	5.51	6.00
	5	110.0	0	5.39	20.72	73.89	1.35	8.6	2.76	3.44	4.00
091 P	6	130.0	0	2.87	17.51	79.62	1.40	8.6	2.72	5.22	6.00
	7	150.0	0	5.66	16.34	78.00	1.40	8.4	2.79	4.64	4.50
	8	170.0	0	4.43	30.55	65.02	1.44	8.4	2.75	4.28	4.50
	9	182.0	0	16.17	29.16	54.67	1.37	8.4	2.74	3.98	4.50
	10	200.0	0	29.92	46.39	23.69	1.59	8.6	2.87	7.68	6.00
	11	211.0	9.32	50.42	23.78	16.48	1.45	8.6	2.82	6.49	5.00

ANNEXE III

PROGRAMME POUR LE TRAITEMENT DES DONNEES OBTENUES DE LA SONDE NEUTRON-NEUTRON

GENERALITES

Ce programme d'ordinateur est codifié en FORTRAN IV pour un CDC 3150. La programmation se poursuit pour une adaptation à un ordinateur de type IBM effectuant les opérations en language WATFIVE. Un traceur de courbes (CALCOMP) est connecté à l'unité et les résultats sont présentés sous forme de graphiques sur l'imprimante. Dans l'utilisation de ce programme pour les forages 049 P et 091 P, les données ponctuelles ont été prises successivement tous les 6 pouces, à la fois du calibreur et de la sonde neutron-neutron. Ainsi, pour un forage de 200 pieds environ, 1 200 points d'information pourraient être compilés. Ceci peut être réalisé rapidement à l'aide d'un convertisseur de courbes (digitizer).

LIMITES D'UTILISATION

Pour chaque forage, ce programme peut accepter 500 points d'information par graphique. La densité appartient à l'utilisateur à la condition de ne pas dépasser les 500 points par graphique. Le programme est conçu pour des distances égales entre les points d'information et peut traiter 999 forages. Le nombre d'analyses en laboratoire est limité à 50 par forage; s'il n'y en a pas, le programme fonctionne quand même, mais il faut l'indiquer sur les cartes de contrôle (NBRE = 0).

LES VARIABLES

Avant l'étude du programme s'impose la définition des variables, seules celles à être employées par l'utilisateur sont données ci-après.

A la suite des variables, les travaux sont présentés dans l'ordre sous forme de tableau. Le tableau suivant donne la succession des cartes de contrôle à l'entrée et la position des cartes de données, viennent ensuite l'ordinogramme et le programme.

NOTA: Dans le programme d'ordinateur, les formules sont exprimées sous forme logarithmique.

VARIABLES	DESCRIPTION	I/O (1)	FORMAT DECISION
FORAGE	nombre de forages analysés	I	2x, I3
INFO	information générale concernant chacun des forages: lieu, date, n°	I	10A8
NBRE	nombre d'analyses (fiches)	I	I3
NO	numéro de l'analyse (échantillon?)	I	I2
PRO	profondeur où il a été échantillonné	I	F5.1
G, S, L, A	% de gravier, de sable, de limon et d'argile	I	4(F5.2)1X
PSEPLAC	poids spécifique des solides en place	I	F4.2
PH	pH	I	F4.1
PDSOL	poids des solides	I	F4.2
PDSEC	poids sec des solides	I	F5.2
VOLTOTAL	volume total	I	F5.2
PEAU	profondeur de l'eau dans le trou	I/O	F4.1
PMAX	profondeur maximale atteinte lors du forage	I/O	F5.1
DEPART	début du graphique, en lui soustrayant 0.5'. Ex.: si -10.0'-9.5', cette mesure est prise sur la courbe de neutrons.	I	F4.1
SALINITE	salinité de l'eau dans la formation	I/O	I6

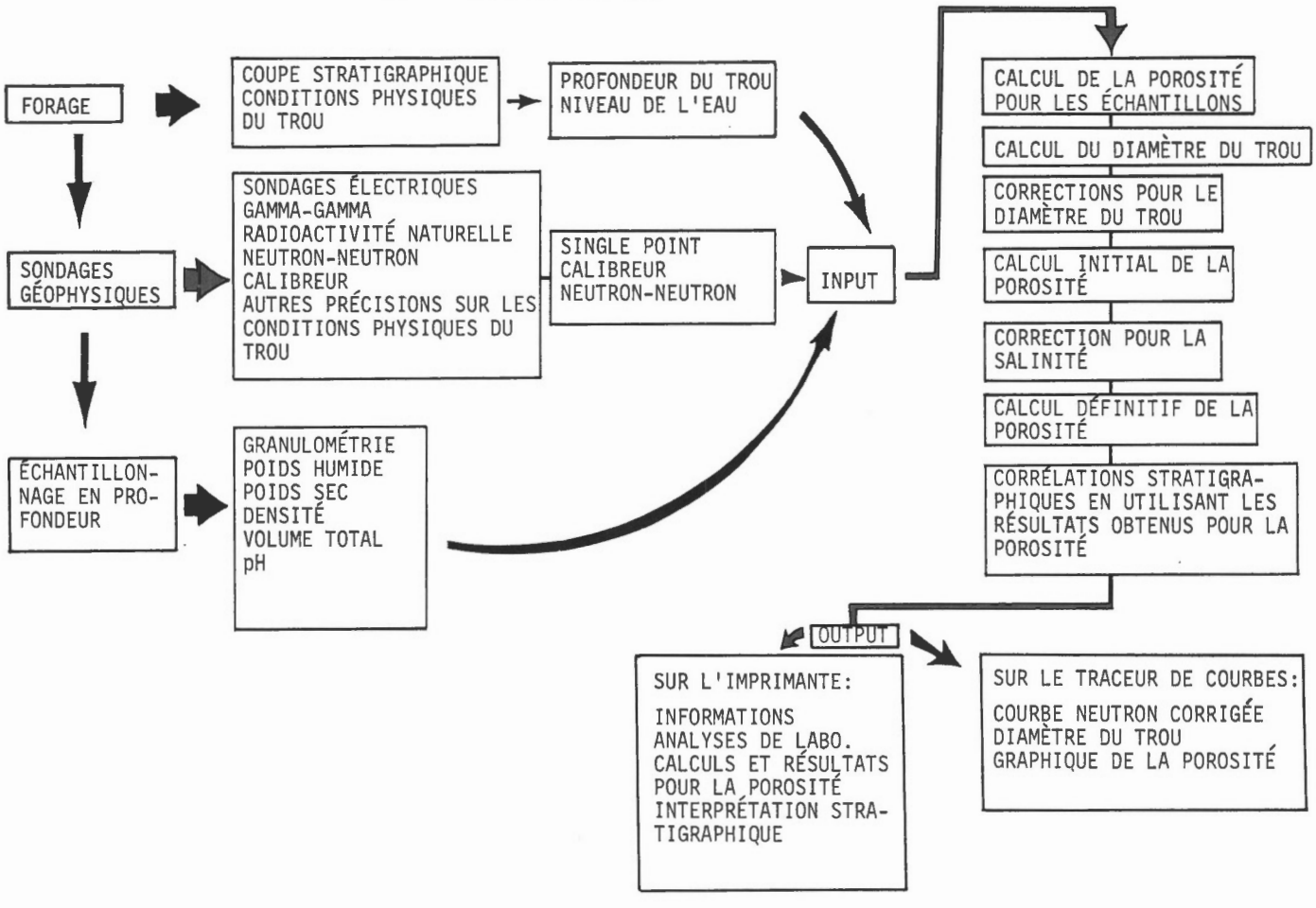
(1) I: utilisé à l'entrée (input)
O: utilisé à la sortie (output)

VARIABLES	DESCRIPTION	I/O (1)	FORMAT	DECISION
SEL	carte de décision concernant la correction pour la salinité	I/O	I1	1 = oui ≠ 1 = non
GRAPH	graphique le plus représentatif (1 ou 2)	I	I1	
PROF	profondeur lue sur le graphique	I/O	F5.1	
POT	valeur au potentiomètre pour le diamétreur (diamètre) (0 à 100)	I/O	I3	
CPS1, CPS2	valeur en cps de la sonde neutron 1 = gauche, 2 = droite	I/O	F5.1	
999.9	indice de la fin des données pour un forage	I	F5.1	
TC	constante de temps utilisée pour les sondages	I/O	I2	
VI	vitesse de sondage (pi/min)	I/O	F4.1	
DEPHASE	Déphasage de la courbe neutron due à VI et TC	I/O		

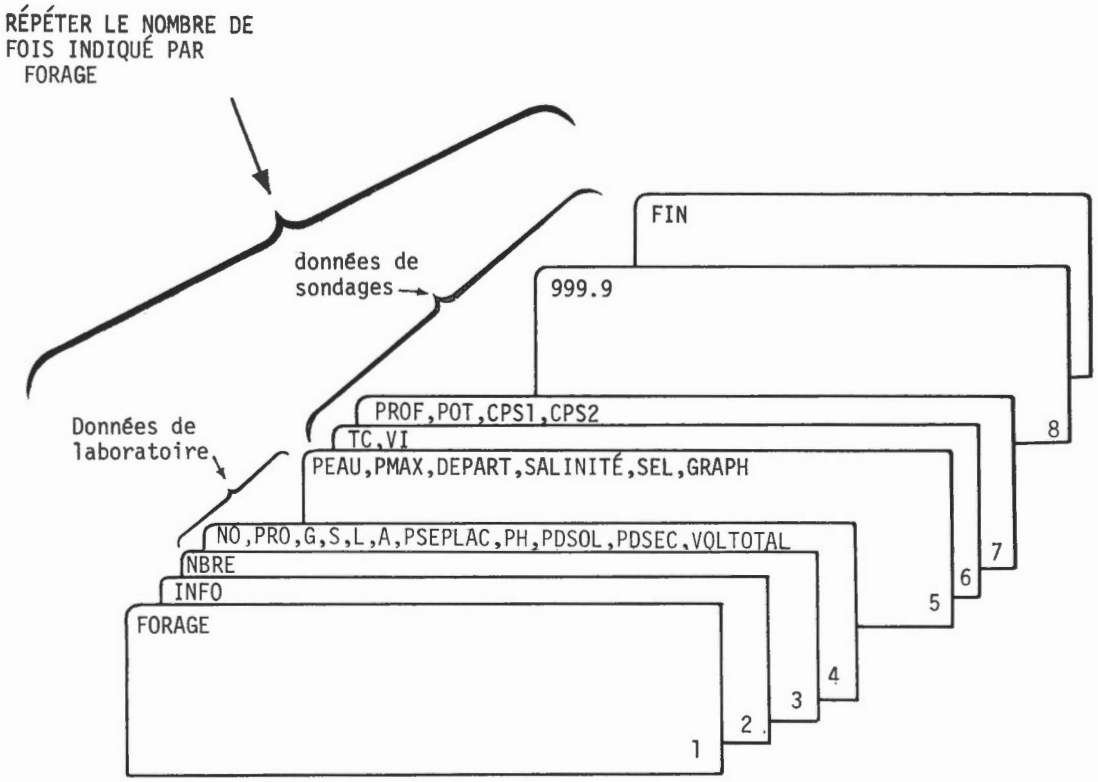
(1) I: utilisé à l'entrée (input)
O: utilisé à la sortie (output)

CALIBREUR

CHEMINEMENT DES TRAVAUX



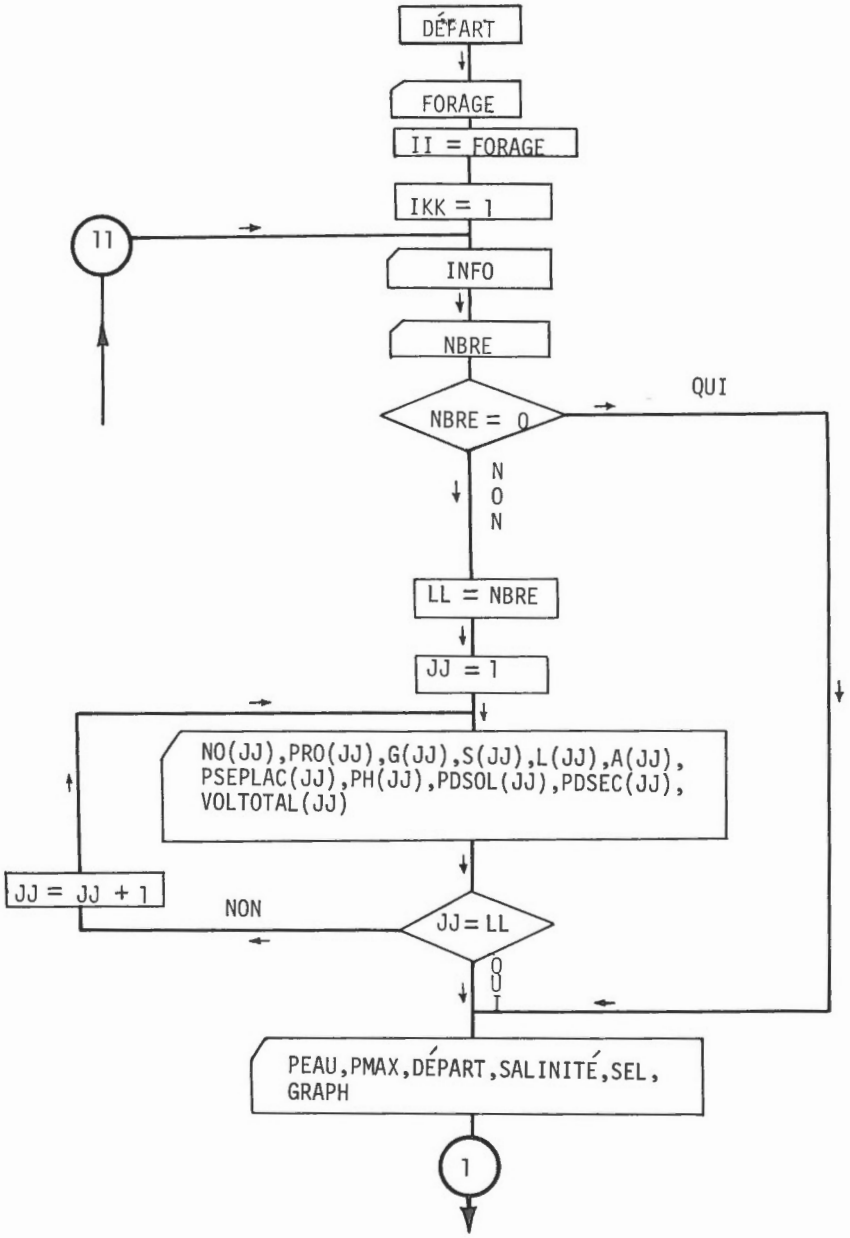
SUCCESSION DES
CARTES À L'ENTRÉE (INPUT)

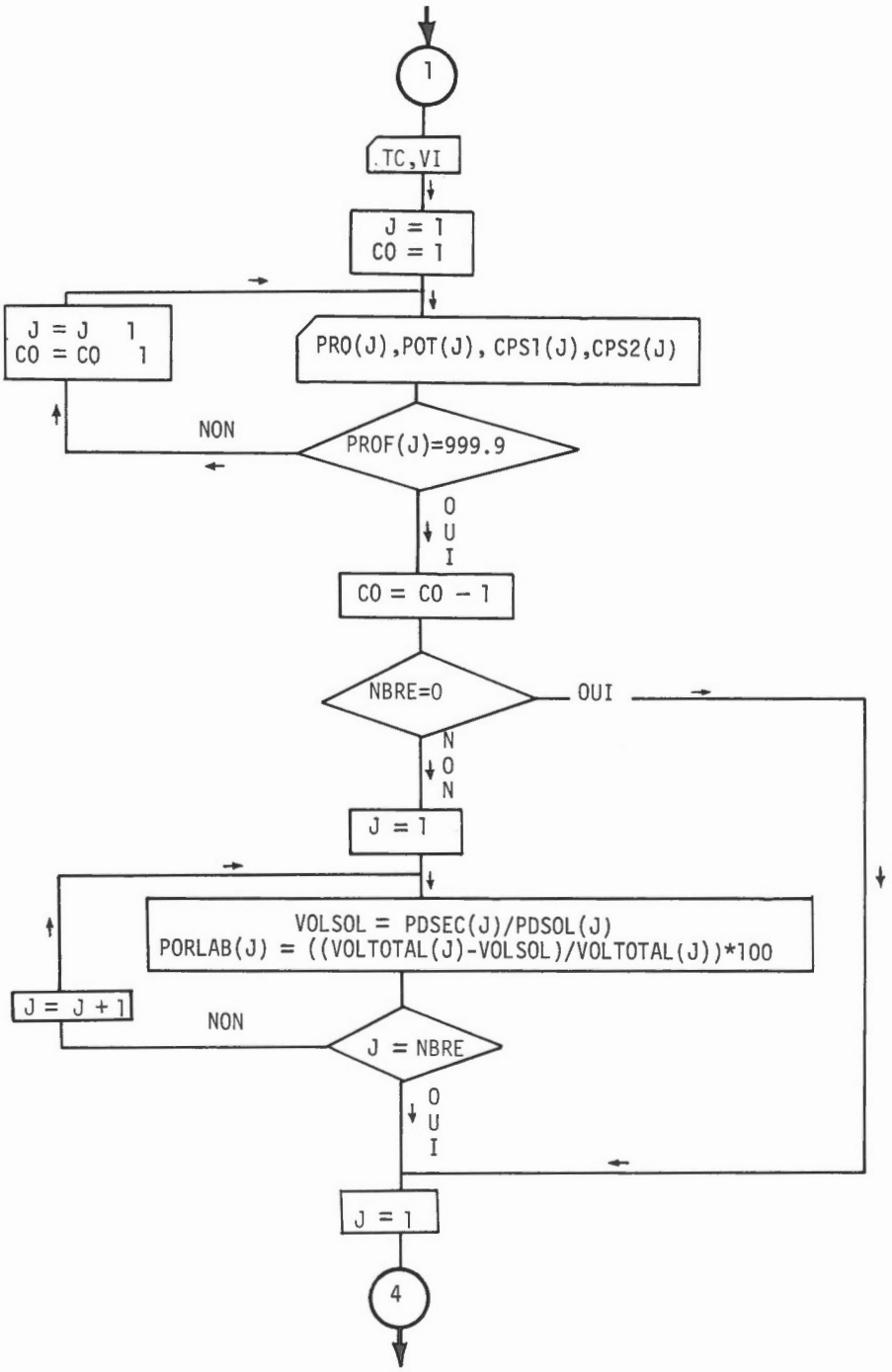


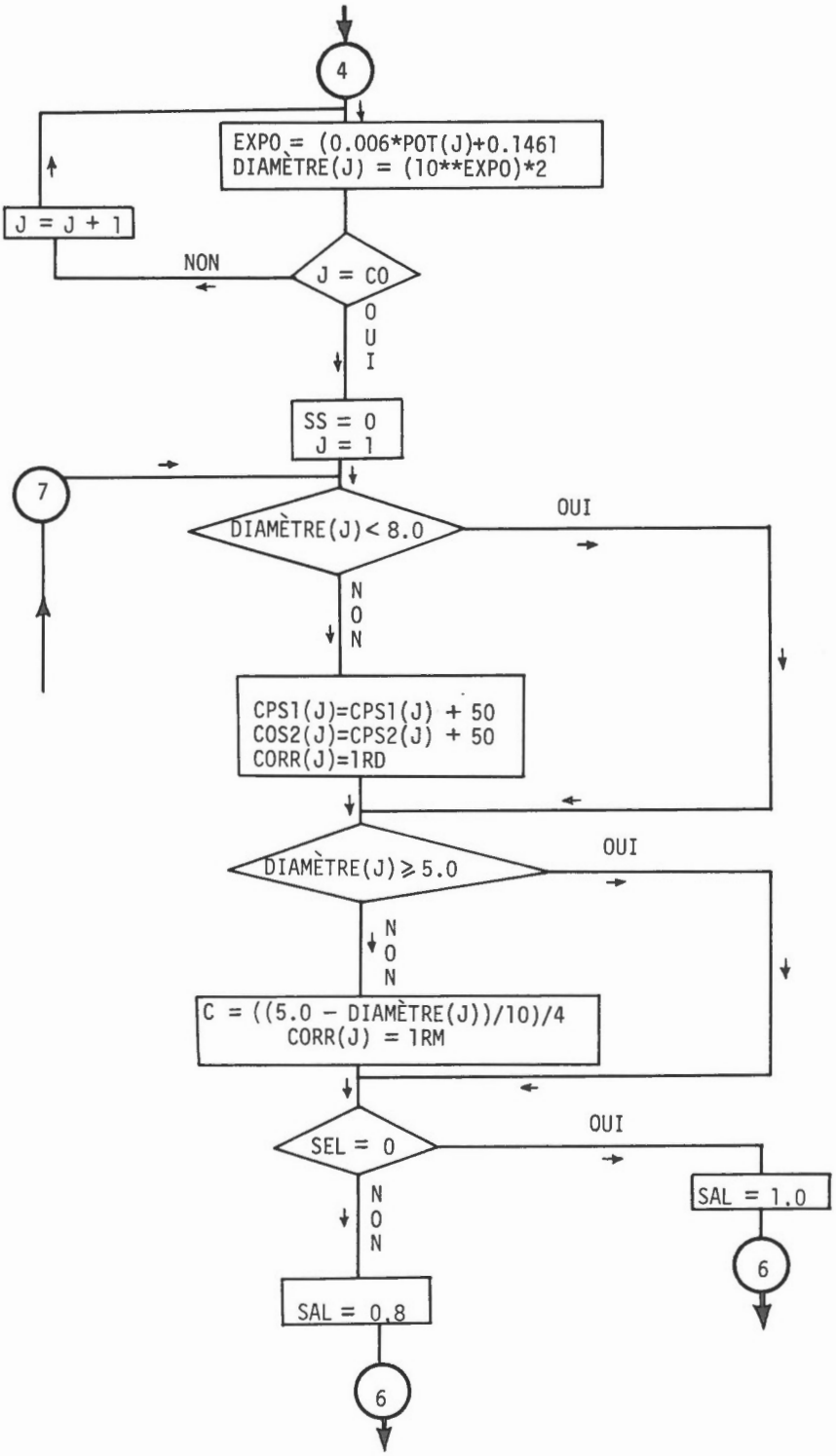
FORMATS À L'ENTRÉE

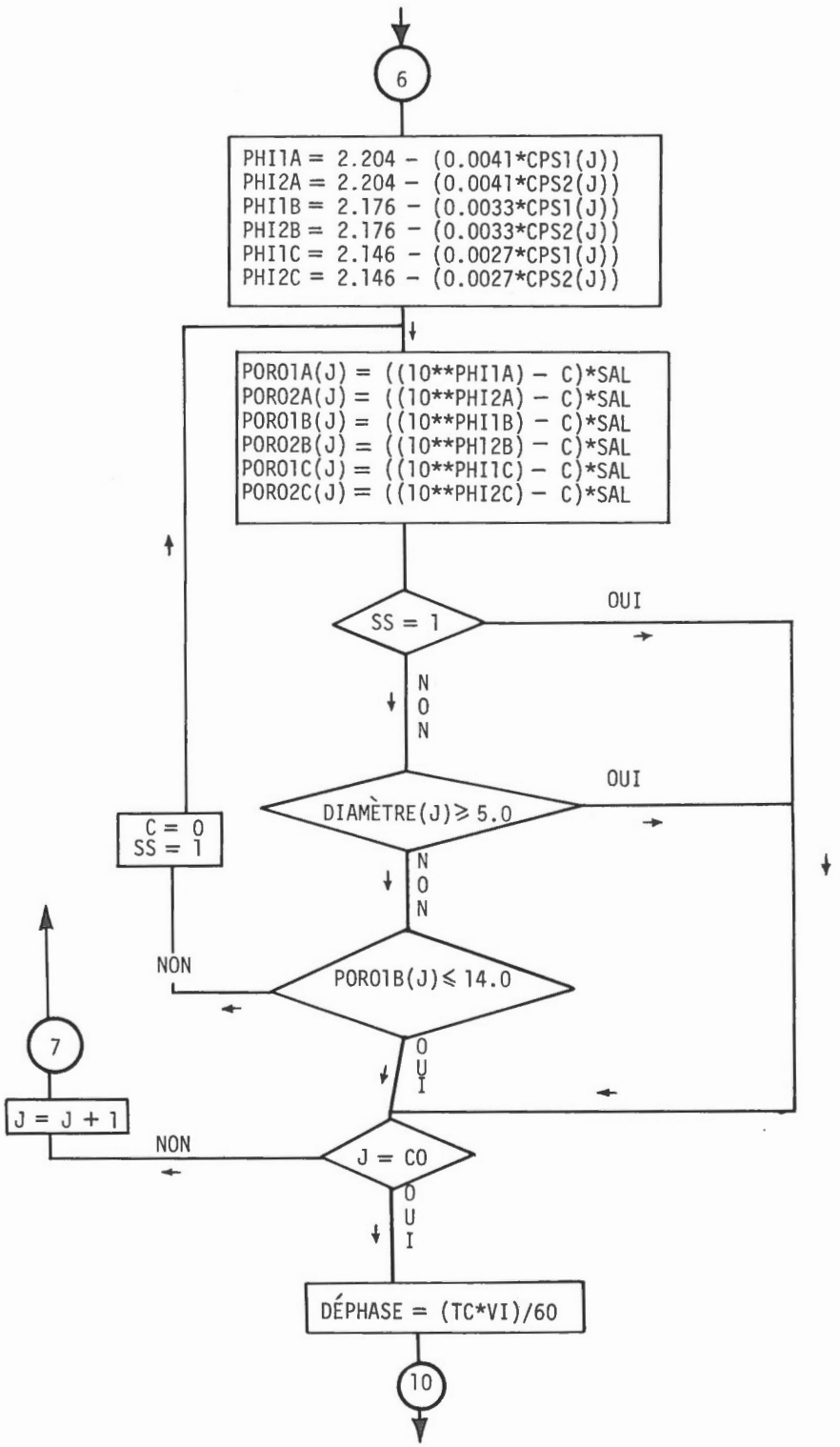
1- (2X,I3): de 1 à 999
2- (10A8) : on peut inscrire dans l'ordre que l'on désire
3- (I3)
4- (I2,1X,F5.1,1X,4(F5.2,1X),F4.2,1X,F4.1,1X,F4.2,1X,2(F5.2,1X))
5- (F4.1,1X,F5.1,1X,F4.1,1X,I6,1X,2(I1,1X))
6- (I2,1X,F4.1)
7- (2X,F5.1,2X,I3,2X,2(I4,2X))
8- (2X,F5.1)

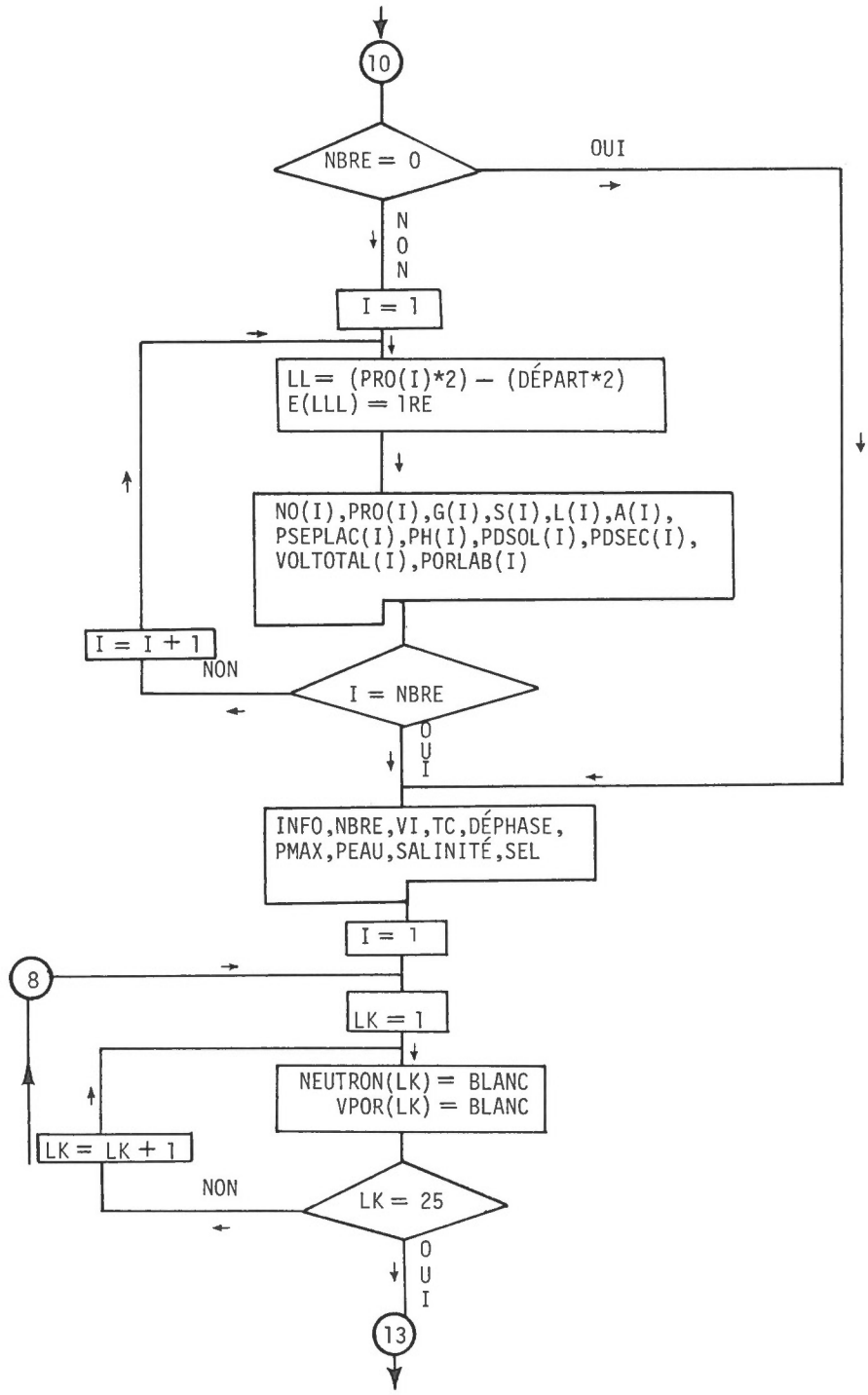
ORDINOGRAMME NEUTRON-NEUTRON

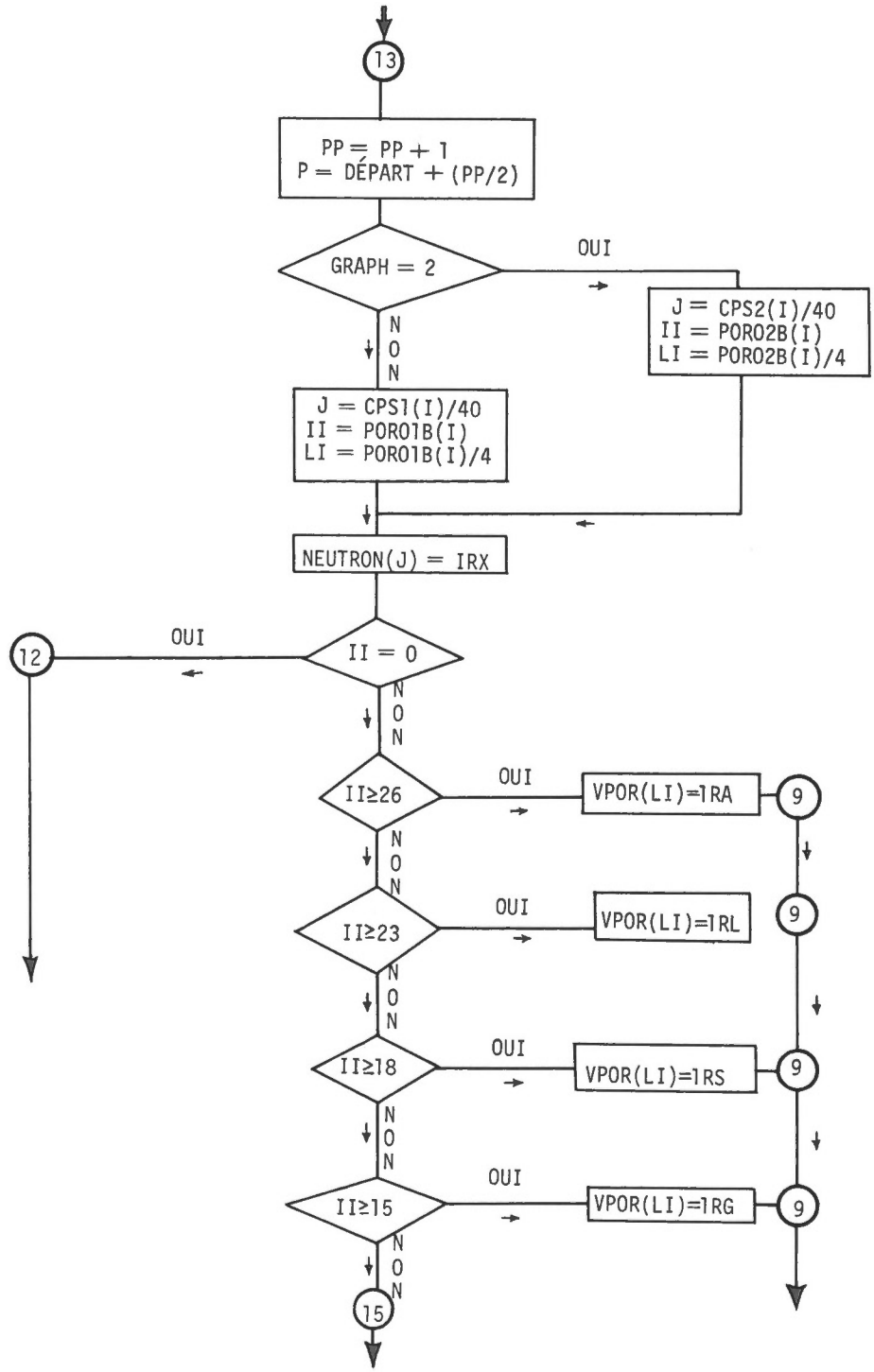


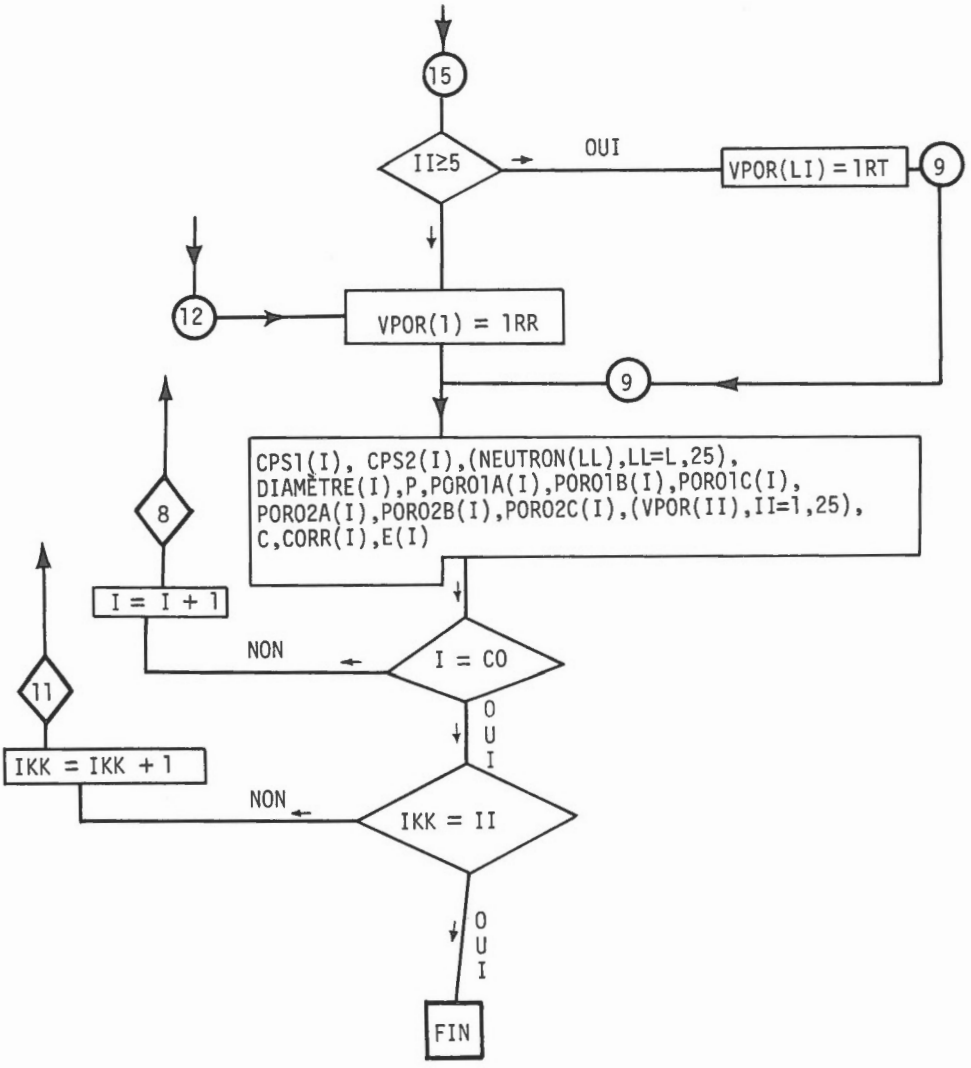

1
.TC,VI
J = 1
CO = 1
J = J 1
CO = CO 1
PRO(J),POT(J), CPS1(J),CPS2(J)
NON
PROF(J)=999.9
OUI
CO = CO - 1
NBRE=0
OUI
NON
J = 1
VOLSOL = PDSEC(J)/PDSOL(J)
PORLAB(J) = ((VOLTOTAL(J)-VOLSOL)/VOLTOTAL(J))*100
J = J + 1
NON
J = NBRE
OUI
J = 1
4


4
EXPO = (0.006*POT(J)+0.1461
DIAMÈTRE(J) = (10**EXPO)*2
J = J + 1
NON
J = CO
OUI
SS = 0
J = 1
7
DIAMÈTRE(J) < 8.0
OUI
NON
CPS1(J)=CPS1(J) + 50
COS2(J)=CPS2(J) + 50
CORR(J)=IRD
DIAMÈTRE(J) ≥ 5.0
OUI
NON
C = ((5.0 - DIAMÈTRE(J))/10)/4
CORR(J) = IRM
SEL = 0
OUI
NON
SAL = 1.0
6
SAL = 0.8
6


6
PHI1A = 2.204 - (0.0041*CPS1(J))
PHI2A = 2.204 - (0.0041*CPS2(J))
PHI1B = 2.176 - (0.0033*CPS1(J))
PHI2B = 2.176 - (0.0033*CPS2(J))
PHI1C = 2.146 - (0.0027*CPS1(J))
PHI2C = 2.146 - (0.0027*CPS2(J))
POR01A(J) = ((10**PHI1A) - C)*SAL
POR02A(J) = ((10**PHI2A) - C)*SAL
POR01B(J) = ((10**PHI1B) - C)*SAL
POR02B(J) = ((10**PHI12B) - C)*SAL
POR01C(J) = ((10**PHI1C) - C)*SAL
POR02C(J) = ((10**PHI2C) - C)*SAL
SS = 1
OUI
NON
DIAMÈTRE(J)≥ 5.0
OUI
NON
C = 0
SS = 1
NON
POR01B(J)≤ 14.0
OUI
7
J = J + 1
NON
J = CO
OUI
DÉPHASE = (TC*VI)/60
10


10
NBRE = 0
OUI
NON
I = 1
LL= (PRO(I)*2) – (DÉPART*2)
E(LLL) = IRE
NO(I),PRO(I),G(I),S(I),L(I),A(I),
PSEPLAC(I),PH(I),PDSOL(I),PDSEC(I),
VOLTOTAL(I),PORLAB(I)
I = I + 1
NON
I = NBRE
OUI
INFO,NBRE,VI,TC,DÉPHASE,
PMAX,PEAU,SALINITÉ,SEL
I = 1
8
LK = 1
NEUTRON(LK) = BLANC
VPOR(LK) = BLANC
LK = LK + 1
NON
LK = 25
OUI
13


13
PP = PP + 1
P = DÉPART + (PP/2)
GRAPH = 2
OUI
NON
J = CPS2(I)/40
II = PORO2B(I)
LI = PORO2B(I)/4
J = CPS1(I)/40
II = PORO1B(I)
LI = PORO1B(I)/4
NEUTRON(J) = IRX
II = 0
OUI
12
NON
II≥26
OUI
VPOR(LI)=1RA
9
NON
II≥23
OUI
VPOR(LI)=1RL
9
NON
II≥18
OUI
VPOR(LI)=1RS
9
NON
II≥15
OUI
VPOR(LI)=1RG
9
NON
15


15
II≥5
OUI
VPOR(LI) = 1RT
9
12
VPOR(1) = 1RR
9
CPS1(I), CPS2(I),(NEUTRON(LL),LL=L,25),
DIAMÈTRE(I),P,POR01A(I),POR01B(I),POR01C(I),
POR02A(I),POR02B(I),POR02C(I),(VPOR(II),II=1,25),
C,CORR(I),E(I)
8
I = I + 1
NON
I = CO
OUI
11
IKK = IKK + 1
NON
IKK = II
OUI
FIN

PROGRAMME D'ORDINATEUR POUR LA SONDE NEUTRON-NEUTRON

Note: publier le programme et une partie de la sortie (output)

```
SEQUENCE,000                          *** MSOS V4.2 EDITION=M3 DATE=28/03/73 TIME=16.39
JOB,SA8HLJ08,JACQUES LOCAT,5,ND
FORTRAN,L,Y

                                      MS FORTRAN (4.21)/MSOS          28/03/73

      C
      C
      C          PROGRAMME NEUTRON (JACQUES LOCAT)
      C
      C
      C
      C          CE PROGRAMME TRANSFORME LES DONNEES OBTENUS SUR LES GRAPHIQUES
      C          NEUTRON-NEUTRON POUR EN DEDUIRE DES VALEURS CONCERNANT LA
      C          POROSITE. UN TEXTE D UTILISATION EST DISPONIBLE POUR CON-
      C          NAITRE LES PHASES D UTILISATION DONT LA FACON DE FOURNIR
      C          LES DONNEES ET LEUR INTERPRETATION POSSIBLE.
      C
      C
      C
            PROGRAM GNEUTRON
            INTEGER SALINITE
            INTEGER GRAPH
            INTEGER FORAGE,LABO,NBRE,NO,POT,CPS1,CPS2,CO,C,SEL,TC
            REAL PP
            INTEGER SS
            REAL BIT
            REAL G,S,L,A,PSEPLAC,PH,POSOL,POSEC,VOLTOTAL,PEAU,PMAX,PROF,PRO,
           1     VOLSOL,PORLAB,EXPO,DIAMETRE,SAL,PHI1A,PHI2A,PHI1B,PHI2B,
           2PHI1C,PHI2C,DEPHASE,VI,DEPART,P,       INFO,PORO1A,PORO1B,PORO1C,
           3PORO2A,PORO2B,PORO2C
            REAL INFO
            CHARACTER CORR,NEUTRON,VPOR,E
            DIMENSION POT (500)
            DIMENSION PROF(500)
            DIMENSION INFO(10)
            DIMENSION NEUTRON(25),VPOR(25),E(500)
            COMMON    PRO (50),NO(50),G(50),S(50),L(50),A(50),PSEPLAC(50),
           1PH(50),POSOL(50),POSEC(50),VOLTOTAL(50),PORLAB(50),CPS1(500),
           2          CPS2(500),DIAMETRE(500),PORO1A(500),PORO1B(500),
           3PORO1C(500),PORO2A(500),PORO2B(500),PORO2C(500),CORR(500)
      C
      C   ICI ON INDIQUE LE NOMBRE DE FORAGE QUE
      C   L ON VEUT ANALYSER
      C
      C
            READ(60,40) FORAGE
         40 FORMAT(2X,I3)
            III=FORAGE
            DO 1 IKK=1,III
            P=0.0
            DEPART=0
            PEAU=0
            PMAX=0
            SALINITE=0
            SEL=0
            NBRE=0
            VI=0
            TC=0
            GRAPH=0
            LABO=0

            PP=0
            CO=0
            DEPHASE=0
```

```
C
C
C    LECTURE DES INFORMATIONS GENERALES
C
C
      READ(60,39) INFO
   39 FORMAT(10A8)
      READ(60,41) LABO
   41 FORMAT(I1)
      IF(LABO.NE.1) GO TO 80
      READ(60,42) NBRE
   42 FORMAT(I3)
      LL=NBRE
      DO 2 JJ=1,LL
C
C
C    LECTURE DES DONNEES DE LABORATOIRE
C
C
      READ(60,43) NO(JJ),PRO(JJ), G(JJ),S(JJ),L(JJ),A(JJ),PSEPLAC(JJ),
     1PH(JJ),POSOL(JJ),POSEC(JJ),VOLTOTAL(JJ)
   43 FORMAT(I2,1X,F5.1,1X,4(F5.2,1X),F4.2,1X,F4.1,1X,F4.2,1X,2(F5.2,1X)
     1)
    2 CONTINUE
C
C
C    INFORMATIONS CONCERNANT LE FORAGE LUI-
C    MEME.
C
C
   80 READ(60,44) PEAU,PMAX,DEPART,SALINITE,SEL,GRAPH,ATT
   44 FORMAT(F4.1,1X,F5.1,1X,F4.1,1X,I6,1X,2(I1,1X),F4.2)
      READ(60,50) TC,VI
   50 FORMAT(I2,1X,F4.1)
      J=1
      CO=1
C
C
C    LECTURE DES VALEURS GRAPHIQUES TELLES
C    QUE LA PROFONDEUR, LE CALIPER ET LES
C    DEUX GRAPHIQUES DE NEUTRON-NEUTRON.
C
C
    5 READ(60,45) PROF(J), POT(J), CPS1(J), CPS2(J)
   45 FORMAT(2X,F5.1,2X,I3,2X,2(I4,2X))
      IF(PROF(J).EQ.999.9) GO TO 6
      J=J+1
      CO=CO+1
      GO TO 5
    6 CO=CO-1
      IF(LABO.NE.1) GO TO 81
C
C
C    CALCUL DE LA POROSITE DES ECHANTIL-
C    LONS ANALYSES AU LABO..
C
C
      DO 7 J=1,NBRE
      OSOL=0.0
      VOLSOL=0.0
      VOLSOL=POSEC(J)/PSEPLAC(J)
      PORLAB(J)=((VOLTOTAL(J)-VOLSOL)/VOLTOTAL(J))*100
    7 CONTINUE
C
C
C    CALCUL DU DIAMETRE DU TROU
C
C
   81 DO 8 J=1,CO
      EXPO= (0.006 * POT(J)) + 0.1461
      DIAMETRE (J) = (10**EXPO)*2
```

```
    9 CONTINUE
      DO 60 J=1,500
      CORR(J)=14
      F(J)=1H
   60 CONTINUE
C
C
C   CALCUL DE LA POROSITE POUR CHACUN DES
C   NIVEAUX SELON LES EQUATIONS DES TROIS COURBES
C   DE CALIBRATION ET CE POUR CHAQUE GRAPHIQUE.
C
C
      DO 10 J=1,CO
      C=0
      SS=0
      SAL=1.0
      PHI1A=0
      PHI2A=0
      PHI1B=0
      PHI2B=0
      PHI1C=0
      PHI2C=0
      IF(DIAMETRE(J).LE.8.0) GO TO 9
      CPS1(J)=CPS1(J)+50
      CPS2(J)=CPS2(J)+50
      CORR(J)=1PD
    9 IF(DIAMETRE(J).GT.BIT) GO TO 10
      C=((BIT-DIAMETRE(J))*10)/4
      CORR(J)=1PM
   10 IF(SEL.EQ.0) GO TO 11
      SAL=0.8
   11 PHI1A = 2.204 - (0.0041 * CPS1(J))
      PHI2A = 2.204 - (0.0041 * CPS2(J))
      PHI1B = 2.176 - (0.0033 * CPS1(J))
      PHI2B = 2.176 - (0.0033 * CPS2(J))
      PHI1C = 2.146 - (0.0027*CPS1(J))
      PHI2C = 2.146 - (0.0027 * CPS2(J))
   84 PORO1A(J)=((10**PHI1A)-C)*SAL
      PORO2A(J)= ((10**PHI2A)-C)*SAL
      PORO1B(J)= ((10**PHI1B)-C)*SAL
      PORO2B(J) = ((10**PHI2B)-C)*SAL
      PORO1C(J)= ((10**PHI1C)-C)*SAL
      PORO2C(J)= ((10**PHI2C)-C)*SAL
C
C
C   LA CORRECTION DUE AU GATEAU (M.C.)
C   EST ANNULEE SI L ON SE TROUVE DANS
C   LE TILL, DANS UN BOLDER, OU DANS LA
C   ROCHE EN PLACE
C
C
      IF(SS.EQ.1) GO TO 12
      IF(DIAMETRE(J).GT.5.0) GO TO 12
      IF(PORO1B(J).GT.14.0) GO TO 12
      C=0
      SS=1
      GO TO 84
   12 CONTINUE
      DEPHASE= (TC*VI)/60
      IF(LABO.NE.1) GO TO 82
C
C
C   ECRITURE DES RESULTATS DE LABO AINSI
C   QUE DES INFORMATIONS RELATIVES.
C
C
      WRITE(61,13) INFO
   13 FORMAT(1H1,9X,10A8,//10X,2HNO,2X,8HPROF(PI),2X,5H  %G ,2X,5H  %S ,
     12X,5H  %L ,2X,5H  %A ,2X,17HPSEC EN PLACE(GM),2X,4H PH ,1X,8HPSOL(
     2GM),1X,8HPSEC(GM),1X,11HVOLTOTAL(L),1X,11HPOROSITE(%),//)
```

```
C
C
C   INDICATION DU NIVEAU ECHANTILLONNE
C
C
      DO 15 I =1,NBRE
      LLL=(PRO(I)*2)-(DEPART*2)
      F(LLL)=1RE
      WRITE(61,14) NO(I),PRO(I),G(I),S(I),L(I),A(I),PSEPLAC(I),PH(I),
     1PDSOL(I),POSEC(I),VOLTOTAL(I),PORLAB(I)
   14 FORMAT(10X,I2,5X,F5.1,2X,F5.2,2X,F5.2,2X,F5.2,2X,F5.2,3X,F4.2,3X,
     1F4.1,3X,F4.1,6X,F5.2,5X,F5.2,6X,F5.1)
   15 CONTINUE
C
C
C   ECRITURE DES INFORMATIONS RELATIVES
C   AUX GRAPHIQUES.
C
C
   82 WRITE(61,17) INFO,NBRE,VI,TC,DEPHASE,PMAX,PEAU,SALINITE,SEL
   17 FORMAT(///10X,10AA,/10X,35HNOMBRE D ECHANTILLON(S) ANALYSE(S)=,
     1I3,/10X,19HVITESSE DE SONDAGE=,1X,F4.1,7H PI/MIN,
     1                                    10X,19HCONSTANTE DE T
     2EMPS=,1X,I1,4H SEC,5X, 8HDEPHASE=,F3.1,3H PI,
     5                    /10X,20HPROF. MAX. ATTEINTE=, F5.1,3H PI,5X,
     86HP.EAU=,F4.1,3H PI,1X,
     39HSALINITE=,I6,4H PPM,5X,21HCORRECTION POUR SAL.=, I1,/10X,8HLEGEN
     4DE=,/10X,11HG = GRAVIER,3X,9HS = SABLE,3X,9HL = LIMON,3X,10HA = AR
     5GILE,3X,8HT = TILL,3X,36HR = ROCHE EN PLACE, CAILLOUX(BOLDER),
     6/10X,49HN = CORRECTION POUR LE GATEAU(M.C.) SI DIAM<5 PO),3X,
     729HO = CORRECTION SI DIAM > 8 PO)
      WRITE(61,18)
   18 FORMAT(10X,46HESTIMATION A PARTIR DE LA POROSITE (COURBE B)=,
     1/10X,10H1% A 5%: P,2X,12H6% A 14% : T,2X,13H15% A 18% : G,2X,13H19
     2% A 22% : S,2X,13H23% A 25% : L,2X,15H26% ET PLUS : A,//)
      WRITE(61,85)
   85 FORMAT(10X,79HN.B.= LE CHIFFRE PRES DU M INDIQUE LA POROSITE SOUST
     1RAITE LORS DE LA CORRECTION,//)
      WRITE(61,19)
   19 FORMAT(17X,13HNEUTRON (CPS),27X,4HCPS1,14X,4HCPS2,11X,12HPOROSITE
     1(%),/)
      WRITE(61,20)
   20 FORMAT(1X,4HCPS1,1X,4HCPS2,1X,1H0,22X,4H1000,1X,2H0I,3X,3HPRO,5X,
     11HA,5X,1HB,5X,1HC,3X,1H*,2X,1HA,5X,1HB,5X,1HC,3X,1H0,22X,3H100,2X,
     21HC,1HE,//)
      WRITE(61,100)
  100 FORMAT(1H0)
      WRITE(61,200)
  200 FORMAT(1HT)
C
C
C   CETTE PARTIE CONSISTE A ETABLIR LES GRAPHIQUES
C   POUR LA COURBE DE NEUTRON ET CELLE DE LA
C   POROSITE. DE PLUS ON ESTIME LE GENRE DE FORMATION
C   QUI EST TRAVERSEE PAR LA SONDE.
C
C
      DO 29 I=1,80
      PP=0.0
      DO 21 LK=1,25
      NEUTRON(LK)=1H
      VPOR(LK)=1H
   21 CONTINUE
      PP=PP+T
      P=DEPART+(PP/2)
      IF(GRAPH.EQ.2) GO TO 30
      J=CPS1(I)/40
      II=PORO1B(I)
      LI=PORO1B(I)/4
      GO TO 31
```

```
   30 J=CPS2(I)/40
      II=PORO2B(I)
      LI=PORO2B(I)/4
   31 NEUTRON(J)=1P*
      IF(LI.EQ.0) GO TO 70
      IF(II.GE.26) GO TO 22
      IF(II.GE.23) GO TO   23
      IF(II.GE.18) GO TO 24
      IF(II.GE.15) GO TO 25
      IF(II.GE.5) GO TO  26
   70 VPOR(1)=1PR
      GO TO 27
   22 VPOR(LI)=1RA
      GO TO 27
   23 VPOR(LI)=1RL
      GO TO 27
   24  VPOR(LI)=1RS
      GO TO 27
   25 VPOR(LI)=1RG
      GO TO 27
   26 VPOR(LI)=1RT
C
C
C    ECRITURE DES GRAPHIQUES ET DES
C    RESULTATS DE L ANALYSE.
C
C
   27 WRITE(61,28) CPS1(I),CPS2(I),(NEUTRON(LL),LL=1,25),DIAMETRE(I),P,
     1PORO1A(I),PORO1B(I),PORO1C(I),PORO2A(I),PORO2B(I),PORO2C(I),
     2(VPOR(II),II=1,25),C,COPR(I),E(I)
   28 FORMAT(1X,I4,1X,I4,1H*,25R1,1H*,F4.1,1X,1H-,F5.1,1H-,1X,
     13(F5.1,1X),1H*,3(F5.1,1X),1H*,25R1,1H*,I1,2R1)
   29 CONTINUE
      WRITE(61,101)
  101 FORMAT(1HC)
      WRITE(61,201)
  201 FORMAT(1HR)
    1 CONTINUE
      WRITE(61,400)
  400 FORMAT(1H1)
      STOP
      END
```

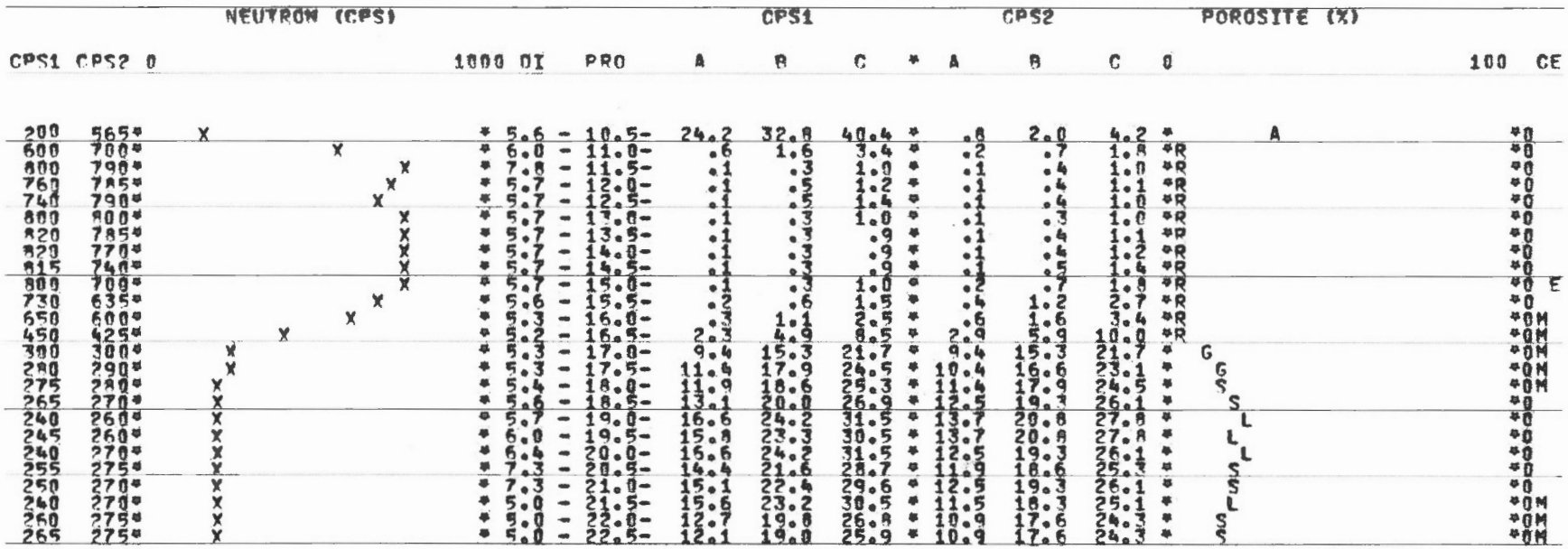
```
                FORTRAN DIAGNOSTIC RESULTS  FOR    GNEUTRON

NO ERRORS
LOAD,56
RUN,1,NM
```

049 P, ST-SCHOLASTIQUE, 16/08/71, G.S.C., D.A. ST-ONGE

NO	PROF(PI)	%G	%S	%L	%A	PSEC EN PLACE(GM)	PH	PSOL(GM)	PSEC(GM)	VOLTOTAL(L)	POROSITE(%)
1	15.0	0	94.83	1.59	3.58	2.10	7.6	2.7	36.79	21.00	16.6
2	30.0	0	4.57	28.54	66.89	1.66	7.6	2.7	29.02	26.00	32.8
3	35.0	0	2.51	23.28	74.20	1.72	8.4	2.7	13.35	12.00	35.3
4	50.0	0	4.36	13.87	81.77	1.68	8.4	2.8	6.82	6.50	37.5
5	65.0	0	72.20	13.90	13.90	1.97	7.8	2.8	4.00	2.50	18.8
6	80.0	0	69.89	20.21	9.90	1.95	7.6	2.8	25.18	16.00	19.3
7	90.0	0	66.15	25.53	8.32	1.66	7.6	2.8	28.48	21.00	18.3
8	100.0	0	25.38	74.62	0	1.63	7.8	2.7	5.17	4.00	20.7
9	110.0	3.31	32.48	59.67	4.54	1.61	7.8	2.8	15.78	11.00	10.9

049 P, ST-SCHOLASTIQUE, 16/08/71, G.S.C., D.A. ST-ONGE
NOMBRE D ECHANTILLON(S) ANALYSE(S)= 9
VITESSE DE SONDAGE= 10.0 PI/MIN CONSTANTE DE TEMPS= 1 SEC DEPHASE: .2 PI
PROF. MAX. ATTEINTE=118.0 PI P.EAU:10.5 PI SALINITE= 50000 PPM CORRECTION POUR SAL.=0
LEGENDE=
G = GRAVIER S = SABLE L = LIMON A = ARGILE T = TILL R = ROCHE EN PLACE, CAILLOUX(BOLDER)
M : CORRECTION POUR LE GATEAU(M.C.) SI DIAM<5 PO) D : CORRECTION SI DIAM > 8 PO
ESTIMATION A PARTIR DE LA POROSITE (COURBE B)=
1% A 5%: R 6% A 14% : T 15% A 18% : G 19% A 22% : S 23% A 25% : L 26% ET PLUS : A

N.9.= LE CHIFFRE PRES DU M INDIQUE LA POROSITE SOUSTRAITE LORS DE LA CORRECTION



Université du Québec

091 P, ST-SCHOLASTIQUE, 28/09/71, G.S.C., O.A. ST-ONGE

NO	PROF(PI)	%G	%S	%L	%A	PSEC EN PLACE(GM)	PH	PSOL(GM)	PSEC(GM)	VOLTOTAL(L)	POROSITE(%)
1	20.0	0	.87	30.01	69.16	1.65	8.4	2.8	5.66	6.00	42.8
2	50.0	0	0	23.39	76.61	1.81	8.4	2.9	3.91	3.50	38.3
3	70.0	0	.92	22.79	76.29	1.41	8.6	2.8	6.17	7.00	37.5
4	90.0	0	4.27	26.76	68.97	1.45	8.6	2.7	5.51	6.00	36.7
5	110.0	0	5.39	20.72	73.89	1.35	8.6	2.8	3.44	4.00	36.3
6	130.0	0	2.87	17.51	79.62	1.40	8.4	2.7	5.22	6.00	37.9
7	150.0	0	5.66	16.34	78.00	1.40	8.4	2.8	4.64	4.50	26.3
8	170.0	0	4.43	30.55	65.02	1.44	8.4	2.8	4.28	4.50	34.0
9	122.0	0	2.62	24.49	72.89	1.37	8.4	2.7	3.98	4.50	35.4
10	200.0	0	29.92	46.39	23.69	1.59	8.6	2.9	7.68	6.00	19.5
11	211.0	9.32	50.42	23.78	16.48	1.45	8.6	2.8	6.49	5.00	10.5

091 P, ST-SCHOLASTIQUE, 28/09/71, G.S.C., O.A. ST-ONGE
NOMBRE D ECHANTILLON(S) ANALYSE(S)= 11
VITESSE DE SONDAGE= 10.0 PI/MIN CONSTANTE DE TEMPS= 3 SEC DEPHASE= .5 PI
PROF. MAX. ATTEINTE=214.0 PI P.EAU= 7.5 PI SALINITE= 64000 PPM CORRECTION POUR SAL.=1
LEGENDE=
G = GRAVIER S = SABLE L = LIMON A = ARGILE T = TILL R = ROCHE EN PLACE, CAILLOUX(BOLDER)
M = CORRECTION POUR LE GATEAU(M.C.) SI DIAM<8 PO) D = CORRECTION SI DIAM > 8 PO
ESTIMATION A PARTIR DE LA POROSITE (COURBE B)=
1% A 5%= R 6% A 14% = T 15% A 18% = G 19% A 22% = S 23% A 25% = L 26% ET PLUS = A

N.B.= LE CHIFFRE PRES DU M INDIQUE LA POROSITE SOUSTRAITE LORS DE LA CORRECTION

NEUTRON (CPS)					CPS1				CPS2				POROSITE (%)		
CPS1	CPS2	D		1000 DI PRO	A	B	C	*	A	B	C	D		100	CF
165	141*	X		* 6.4 - 10.0-	27.0	34.2	40.1	*	33.8	41.1	46.6	*	A	*0	
155	140*	X		* 6.7 - 10.5-	27.0	34.2	40.1	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
140	138*	X		* 6.8 - 11.0-	34.1	41.4	46.9	*	34.8	42.0	47.5	*	A	*0	
165	145*	X		* 6.8 - 11.5-	27.0	34.2	40.1	*	32.6	39.9	45.5	*	A	*0	
160	140*	X		* 6.7 - 12.0-	28.3	35.6	41.4	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
170	142*	X		* 6.6 - 12.5-	25.7	33.0	38.9	*	33.5	40.8	46.3	*	A	*0	
170	141*	X		* 6.7 - 13.0-	25.7	33.0	38.9	*	33.8	41.1	46.6	*	A	*0	
170	141*	X		* 6.6 - 13.5-	25.7	33.0	38.9	*	33.8	41.1	46.6	*	A	*0	
170	140*	X		* 6.4 - 14.0-	25.7	33.0	38.9	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
160	138*	X		* 5.9 - 14.5-	28.3	35.6	41.4	*	34.8	42.0	47.5	*	A	*0	
170	140*	X		* 5.6 - 15.0-	25.7	33.0	38.9	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
175	140*	X		* 5.6 - 15.5-	24.5	31.7	37.7	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
170	139*	X		* 5.7 - 16.0-	25.7	33.0	38.9	*	34.5	41.7	47.2	*	A	*0	
165	139*	X		* 5.7 - 16.5-	27.0	34.2	40.1	*	34.5	41.7	47.2	*	A	*0	
165	138*	X		* 5.7 - 17.0-	27.0	34.2	40.1	*	34.8	42.0	47.5	*	A	*0	
160	135*	X		* 5.9 - 17.5-	28.3	35.6	41.4	*	35.8	43.0	48.4	*	A	*0	
155	130*	X		* 5.9 - 18.0-	29.6	36.9	42.7	*	37.5	44.7	49.9	*	A	*0	
150	130*	X		* 6.1 - 18.5-	31.1	38.4	44.1	*	37.5	44.7	49.9	*	A	*0	
160	138*	X		* 6.4 - 19.0-	28.3	35.6	41.4	*	34.8	42.0	47.5	*	A	*0	
160	140*	X		* 7.0 - 19.5-	28.3	35.6	41.4	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	
160	140*	X		* 6.9 - 20.0-	28.3	35.6	41.4	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	E
160	139*	X		* 6.6 - 20.5-	28.3	35.6	41.4	*	34.5	41.7	47.2	*	A	*0	
160	140*	X		* 6.6 - 21.0-	28.3	35.6	41.4	*	34.1	41.4	46.9	*	A	*0	

Figure 1. Typical Punched Card

Universidad de Chile

```
300  310*  X                          *  4.8  -201.5-   7.5  12.3  17.3 *   6.9  11.4  16.3 *  T    *0M
3?0  330*     X                       *  4.8  -202.0-   5.7   9.8  14.4 *   5.7   9.8  14.4 * T     *0M
3?0  335*     X                       *  4.8  -202.5-   5.?   ?     ?   *   ?     ?     ?.0 * T     *0M
?50  350*     X                       *  4.8  -203.0-   4.7   8.4  12.7 *   4.7   8.4  12.7 * T     *0M
370  360*       X                     *  4.8  -203.5-   3.9   7.2  11.2 *   4.3   7.8  11.9 *T     *0M
380  360*       X                     *  4.8  -204.0-   3.9   6.7  10.9 *   4.3   7.8  11.9 *T     *0M
360  360*       X                     *  4.9  -204.5-   4.3   7.8  11.9 *   4.3   7.8  11.9 *T     *0M
330  360*     X                       *  4.9  -205.0-   5.7   9.8  14.4 *   4.3   7.8  11.9 *  T   *0M
330  380*     X                       *  4.9  -205.5-   5.7   9.8  14.4 *   3.5   6.7  10.5 *  T   *0M
400  430*         X                   *  4.9  -206.0-   2.9   5.7   9.3 *   2.2   4.6   7.7 *T     *0M
460  480*           X                 *  4.9  -206.5-   1.7   3.6   6.4 *   1.4   3.1   9.7 *R     *0M
470  500*           X                 *  4.9  -207.0-   1.5   3.4   6.0 *   1.1   2.7   5.0 *R     *0M
500  530*             X               *  4.9  -207.5-   1.1   2.7   5.0 *    .9   2.1   4.2 *R     *0M
600  570*                   X         *  4.9  -208.0-    .4   1.3   2.7 *    .6   1.6   3.2 *R     *0M
620  570*                   X         *  4.8  -208.5-    .4   1.1   2.4 *    .5   1.6   3.2 *R     *0M
590  560*                 X           *  4.7  -209.0-    .5   1.4   2.9 *    .8   2.0   3.9 *R     *0M
570  535*                 X           *  4.7  -209.5-    .6   1.6   3.2 *    .8   2.1   4.0 *R     *0M
560  530*                 X           *  4.7  -210.0-    .6   1.7   3.4 *    .9   2.1   4.2 *R     *0M
510  515*             X               *  4.7  -210.5-   1.0   2.5   4.7 *   1.0   2.4   4.6 *R     *0M
530  520*               X             *  4.7  -211.0-    .9   2.1   4.2 *    .9   2.3   4.4 *R     *0ME
540  530*               X             *  4.7  -211.5-    .8   2.0   3.9 *    .9   2.1   4.2 *R     *0M
510  560*             X               *  4.7  -212.0-   1.0   2.5   4.7 *    .6   1.7   3.4 *R     *0M
540  600*               X             *  4.7  -212.5-    .8   2.0   3.9 *    .4   1.3   2.7 *R     *0M
650  650*                     X       *  4.7  -213.0-    .3    .9   2.0 *    .3    .9   2.0 *R     *0M
720  700*                         X   *  4.2  -213.5-    .1    .5   1.3 *    .2    .6   1.4 *R     *0M
790  700*                       X     *  3.7  -214.0-    .2    .6   1.4 *    .2    .6   1.4 *R     *0M
```

université du québec