

55 1715 - 72113 3

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
— I. N. R. A. —
UNITÉ RÉGIONALE DE DOCUMENTATION
Domaine Saint-Paul - B.P. 91
84140 MONTFAVET

u. 952

I.U.T. - MARSEILLE
AUTOMATISATION D'UNE CELLULE
DE DIFFUSION GAZEUSE

Mémoire de fin d'étude

Christophe BUGNET

Mai-Juin 1987

AUTOMATISATION DES PRISES DE DONNEES
SERVANT A LA DOUBLE DETERMINATION
D'UN COEFFICIENT DE DIFFUSION EN PHASE GAZEUSE
ET D'UNE POROSITE LIBRE A L'AIR ACCESSIBLE
POUR DES ECHANTILLONS DE SOL

TABLE DES MATIERES

L'insertion d'une table des matières indépendante vous permettra de suivre plus aisément le texte.

	pages
Avant-propos	
Avertissement	
Présentation générale de l'I.N.R.A.	
<u>Introduction</u>	1
<u>Première partie: principe de la mesure physique.</u>	2
I-Description de l'appareillage:	3
I-1.Synoptique;	3
I-2.La cellule de diffusion;	3
I-3.L'ensemble de comptage;	4
II-Etude du comportement du matériel.	4
II-1.Limites du matériel:	4
II-1.1.Tracé de spectres: méthodes	4
II-1.2.Spectres du bruit;	4
II-1.3.Spectres du Krypton;	5
II-2.Limites dues à la radioactivité.	6
III-Méthode:	6
III-1.Principe des mesures;	6
III-2.Equations de base décrivant la diffusion gazeuse;	6
III-3.Association des mesures aux estimations de D_a et λ ;	7
III-4.Exemple;	8
III-5.Incertitudes sur les résultats:	9
III-5.1.Effet aléatoire lié au processus radioactif;	9
III-5.2.Biais lié aux conditions de manipulations;	10
IV-Conclusion: nécessité d'une automatisation.	11
<u>Deuxième partie: possibilités d'automatisation.</u>	12
I-Quelles fonctions automatiser?	13
I-1.L'amplificateur-sélecteur monocanal;	13
I-2.Les échelles de comptage:	13
I-2.1.Commandes marche/arrêt;	13
I-2.2.Commande de R.A.Z.;	13
I-2.3.Lecture des données;	14
II-Prise de raccordement des différents appareils:	14
II-1.Sortie de l'échelle de comptage;	14
II-2.Sortie de l'ordinateur	15
II-2.1.Connecteur série;	15
II-2.1.Connecteur parallèle.	16
III-Conception logique de l'interface:	16
III-1.But;	
III-2.Les outils de la réalisation:	17
III-2.1.Le multiplexage en tension;	17
III-2.2.La solution pour l'interface.	18

IV-Principe de base du pilotage informatisé de l'appareil.	19
IV-1.Attentes des utilisateurs.	19
IV-2.Fonctionnement de base pendant la manipulation:	19
IV-2.1.Principes;	19
IV-2.2.Réalisation.	19
IV-3.Prétraitement des données:	21
IV-3.1.Principe;	21
IV-3.2.Réalisation;	21
IV-3.3.Options complémentaires	21
<u>Troisième partie: la réalisation.</u>	22
I-L'interface:	23
I-1.Caractéristiques des signaux dans le circuit;	23
I-2.Caractéristiques des signaux de sortie;	23
I-3.Signification de l'octet d'entrée:	23
I-3.1.En mode "pilotage";	24
I-3.2.En mode "prise de données"	24
II-La programmation:	25
II-1.Les organigrammes;	25
II-2.Les programmes.	25
<u>Conclusion.</u>	26
Références bibliographiques	
<u>Annexes:</u>	
Annexe I: Description probabiliste du processus radioactif.	
Annexe II: Schéma interne d'une échelle de comptage.	
Annexe III: Ajustement polynomiale selon un critère des moindres carrés.	
Annexe IV: Caractéristique des composants essentiels.	

AVANT-PROPOS

Je tiens avant toute chose à remercier le Personnel de la Station de Science du Sol de l'I.N.R.A. qui m'a amicalement accueilli durant ces deux mois et tout particulièrement Monsieur P. STENGEL, Directeur de la Station, P. RENAULT et G. RICHARD, Responsables de mon stage ainsi que P. BERTUZZI pour ses nombreux services.

Je remercie également les secrétaires qui ont fait preuve de beaucoup de gentillesse à mon égard pendant ce séjour et N. LEITGOLD pour la frappe de ce rapport.

- AVERTISSEMENT -

Mon stage a nécessité un travail de programmation et de réalisation électronique consistant. L'interface a été testée sur un pupitre d'essai grâce à un simulateur d'impulsions (interrupteurs munis d'anti-rebonds), et raccordée à la cellule de comptage.

Les essais en réel du programme de pilotage ainsi que ceux de l'interface n'ont pu être effectués car le câblage final de l'interface ainsi que l'assemblage des différents modules du programme ne seront faits qu'au cours du mois de Juillet. Ces essais seront donc réalisés durant cette période.

- PRESENTATION DE L'I.N.R.A. -

L'Institut National de la Recherche Agronomique a été créé en 1946. Etablissement public national bénéficiant depuis 1984 du statut d'E.P.S.T. (Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique), l'I.N.R.A. est placé sous la double tutelle des Ministres chargés de la Recherche et de l'Agriculture.

Les recherches menées à l'I.N.R.A. concernent la filière agricole et alimentaire depuis la production jusqu'aux produits transformés.

La connaissance des ressources du milieu physique permet de mieux maîtriser la production agricole et de protéger le patrimoine naturel.

L'I.N.R.A. a fortement contribué à l'augmentation des rendements et à l'amélioration de la qualité des productions végétales grâce à des recherches sur la fertilisation, la protection phytosanitaire et la création de variétés performantes.

Mon stage s'est déroulé dans le Département de Science du Sol à la Station d'Avignon dont les objectifs généraux sont l'étude des transferts (eau, gaz, chaleur, solutés), la mécanique des sols (compactage, croissance racinaire et croissance des coléoptiles), la description de sa géométrie et de ses évolutions possibles (gonflement, retrait et fissuration).

INTRODUCTION

La compréhension des phénomènes de transferts gazeux dans les sols peut être utile à de nombreux points de vue.

Directement, elle nous amène à mieux cerner :

- les échanges d'oxygène et de gaz carbonique entre le sol et l'atmosphère (importance pour les semences, les racines et la biologie des sols) ;
- les transformations chimiques dépendant de l'état d'oxydation des sols ;
- les mouvements de produits chimiques volatiles (ammoniac, fumigènes du sol) ;
- de façon anecdotique, les types d'enfouissements de produits radioactifs donnant naissance à des gaz radioactifs de faible période de demi-vie (Radon 222 issu de l'uranium).

Indirectement, elle peut nous amener à mieux cerner les caractéristiques "architecturales" des sols et, de là, à mieux comprendre d'autres aspects de la physique du sol (rétention en eau des sols - transferts d'eau, de chaleur et de solutés - mécanique des sols).

Pratiquement, les transferts de gaz dans les sols sont essentiellement des phénomènes de diffusion. Ceux-ci sont classiquement décrits à l'aide de deux lois (lois de FICK). Celles-ci impliquent la connaissance de deux paramètres :

- un coefficient de diffusion apparent (D_a) équivalent à une conductivité ;
- une porosité accessible libre à l'air (ϵ) équivalente à un terme de stockage (comme la capacité calorifique).

La détermination simultanée de ces deux valeurs suppose des mesures associées à un phénomène de diffusion en régime transitoire, donc de nombreuses prises de données (à différents temps).

Mon travail a consisté à automatiser ces prises de données. Cette automatisation doit permettre un dépouillement plus rapide et mieux adapté à l'estimation de ces deux coefficients.

PREMIERE PARTIE :

PRINCIPE DE LA MESURE PHYSIQUE

I- DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE

I-1. Synoptique

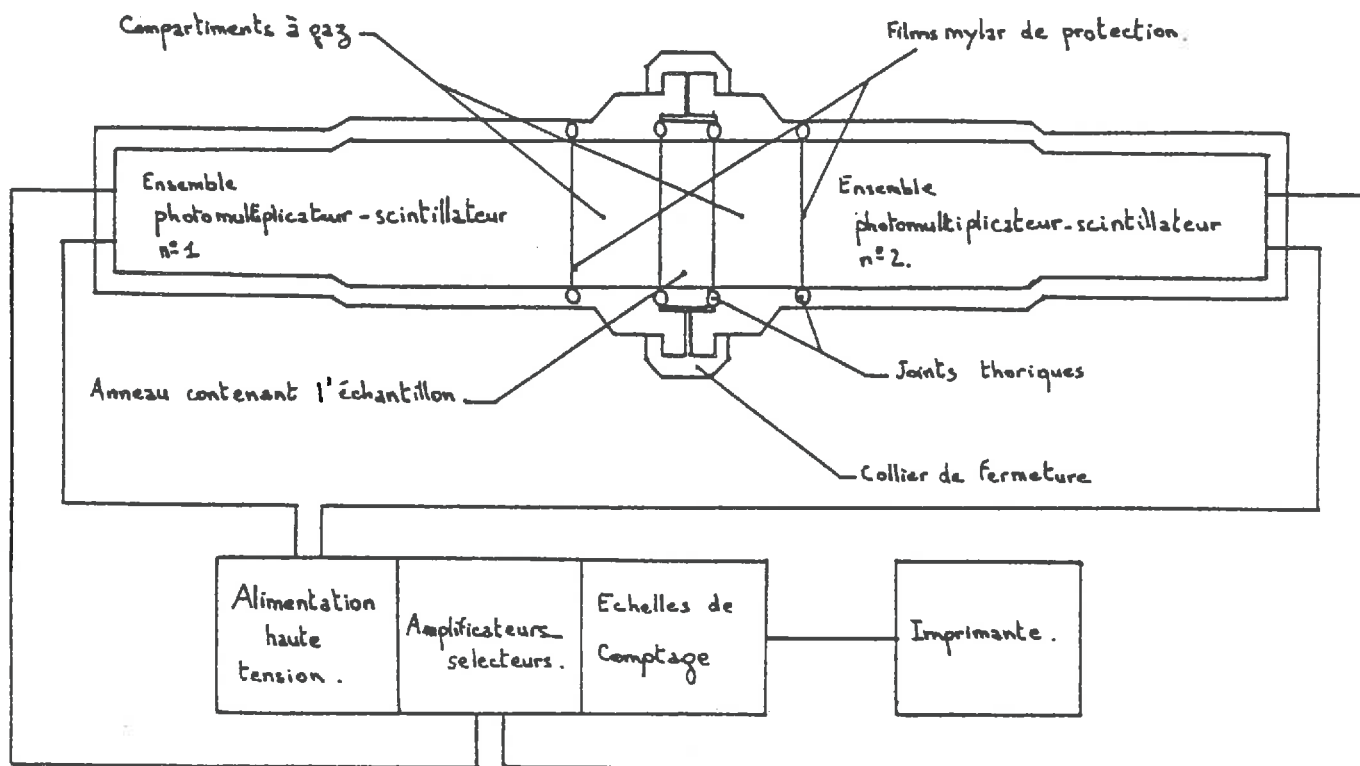


Fig. 1 : Synoptique de l'appareillage .

I-2. La cellule de diffusion

La cellule de diffusion est une cellule cylindrique à trois compartiments. Sa partie centrale contient un échantillon de sol d'une épaisseur de 2,4 cm et d'un diamètre de 7 cm. A chaque extrémité de celui-ci se trouve un compartiment à gaz de 150 cm³ de volume auquel est accolé un scintillateur plastique en lien avec un photomultiplicateur.

I-3. L'ensemble de comptage

La concentration en krypton de chaque compartiment à air est suivie indirectement grâce au rayonnement β détecté au niveau des scintillateurs.

Dans un premier temps, les signaux issus des scintillateurs sont préamplifiés par les photomultiplicateurs alimentés par des hautes tensions d'environ 1100 V. Ceux-ci sont ensuite mis en forme par des amplificateurs et un tri est effectué par des sélecteurs. Les comptages des impulsions résultantes sont réalisés sur deux échelles : une échelle simple et une échelle double (ayant une fonction supplémentaire d'horloge) servant actuellement à piloter le système de façon rudimentaire.

II ETUDE DU COMPORTEMENT DU MATERIEL

II-1. Limites du matériel

II-1.1. Tracé de spectres : méthode

Le choix des impulsions à dénombrer se fait par sélection d'un seuil bas et d'une largeur de fenêtre de scrutation. A fenêtre fixée, le déplacement du seuil bas permet d'obtenir un spectre, c'est-à-dire une distribution des comptages par rapport à un seuil d'énergie.

Le nombre de comptages augmente naturellement lorsque la largeur de fenêtre augmente. Cependant, il faut constater qu'il existe une largeur minimale limite en deçà de laquelle le nombre de comptages augmente de façon rapide (figures 2a et 2b). Ce problème est probablement lié à la sensibilité des composants des sélecteurs.

II-1.2. Spectres de bruit

Dans la suite, nous appelons bruit tout comptage non lié à la présence de Krypton-85. Deux sources expliquent son existence.

La première est mise en évidence de façon simple : on débranche les entrées des deux amplificateurs-sélecteurs ; il y a alors suppression du signal issu des deux photo-multiplicateurs. Il est possible d'observer alors un comptage résiduel très faible dû à "l'électronique" (problème identique au précédent).

La deuxième source de bruit correspond au courant d'obscurité des photo-multiplicateurs (figures 3a, 3b, 3c et 3d).

Ce bruit est supposé additif. Il faudra, pour en tenir compte, effectuer un étalonnage avant chaque manipulation afin de corriger les données brutes.

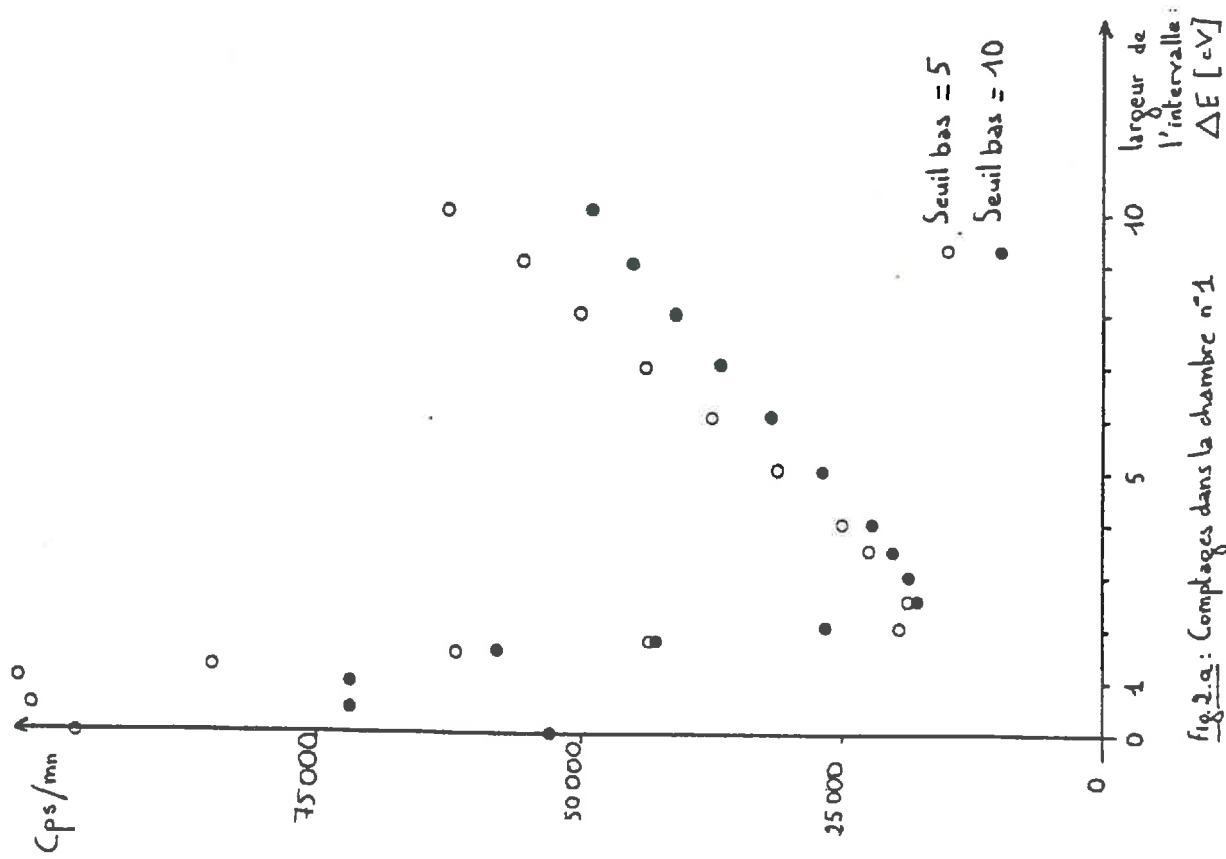


Fig. 2.a: Comptages dans la chambre n°1 en fonction de l'intervalle de scrutation.

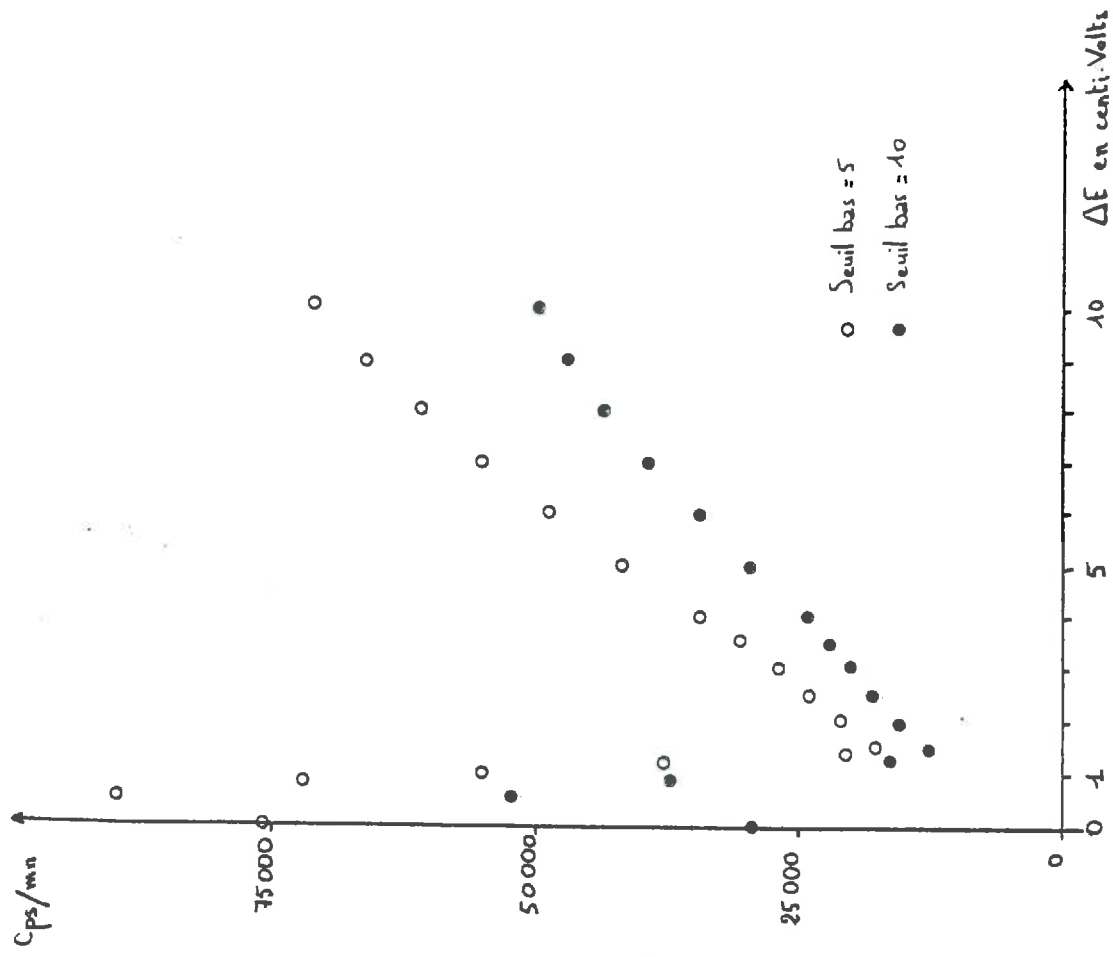
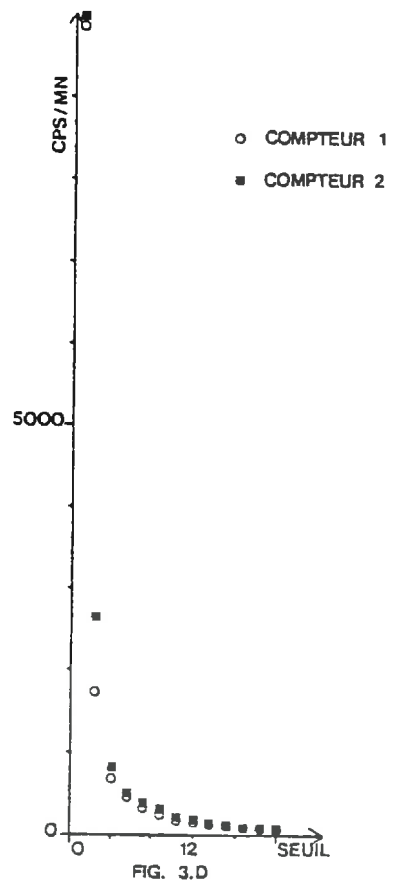
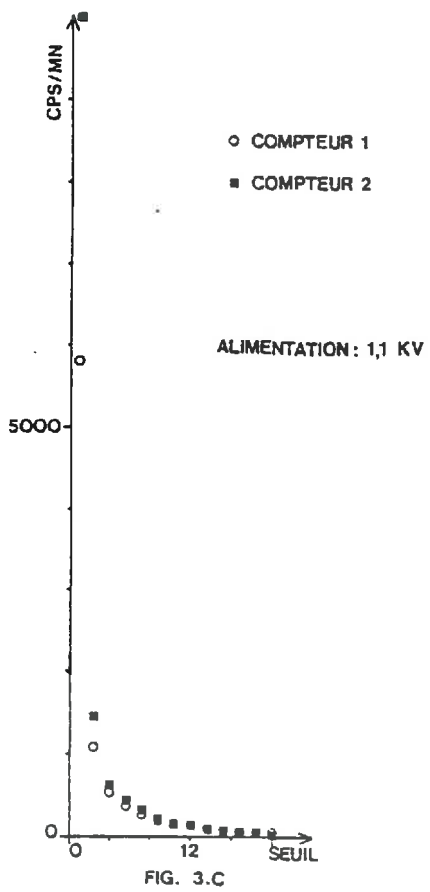
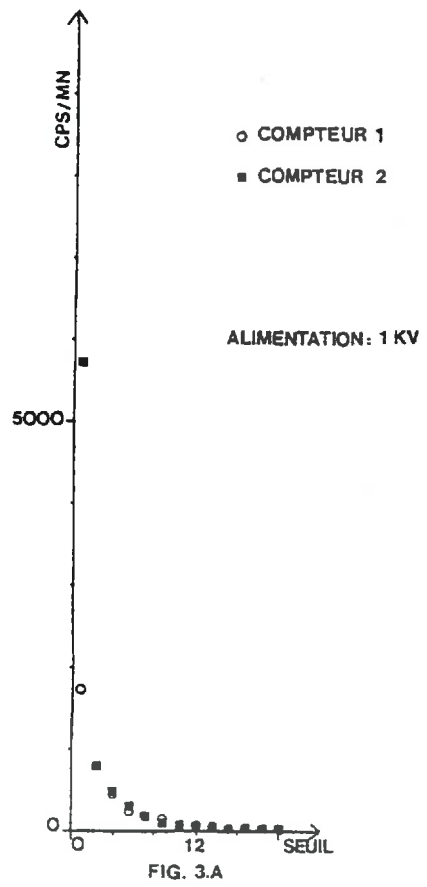
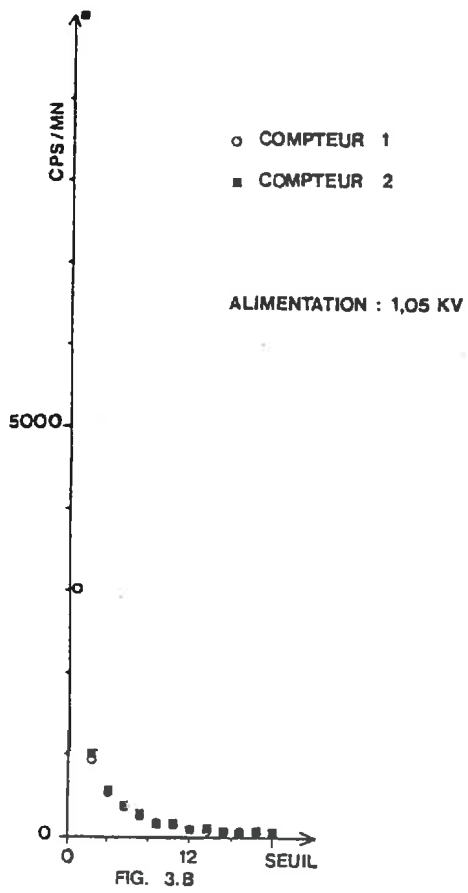


Fig. 2.b: Comptages dans la chambre n°2 en fonction de l'intervalle de scrutation.



II-1.3. Spectres de Krypton

Ces spectres nous permettent de choisir un seuil pour la manipulation (courbes 4a, 4b, 4c et 4d).

Dans une première zone, nous constatons que le nombre de comptages est très important et ne correspond pas à l'addition du bruit (en absence de Krypton) et du comptage dû au Krypton uniquement (estimation réelle non accessible).

Dans une deuxième zone, l'essentiel des comptages peut être associé à la présence du Krypton et la distribution présente un pic.

L'importance des comptages aux énergies faibles serait liée à la forme de l'impulsion à compter. L'allure des signaux sortant de l'amplificateur est présentée à la figure 5.

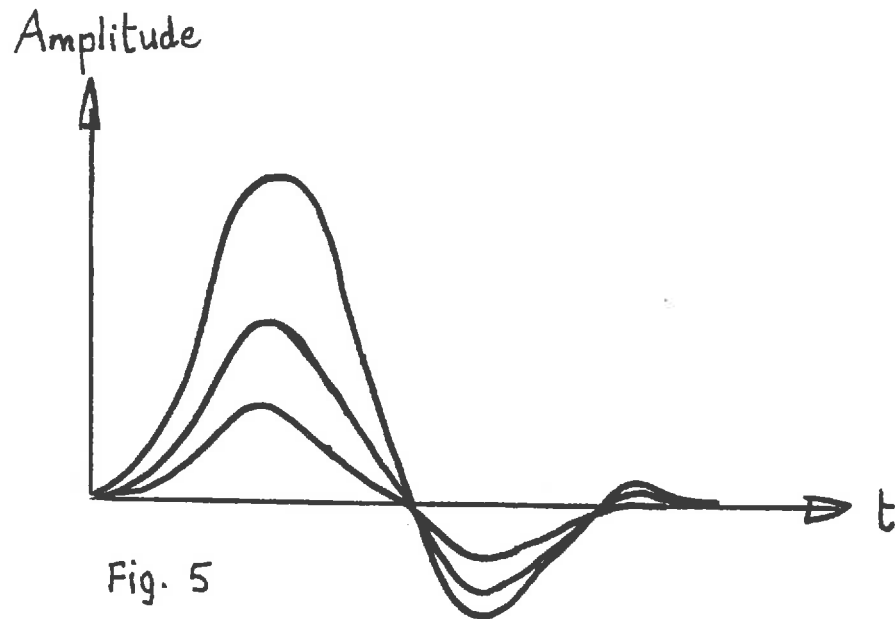


Fig. 5

Signal de sortie de l'amplificateur.

Il faut remarquer qu'il existe un léger dépassement avant le retour à zéro. Pour éviter que celui-ci soit compté comme une impulsion, le seuil bas sera rehaussé. Pratiquement, il est fixé à 0,25 V.

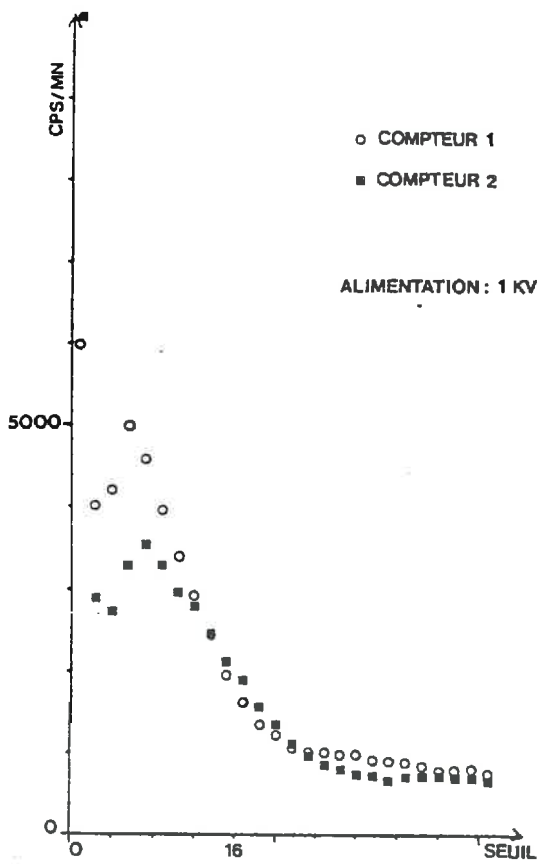


FIG. 4.A

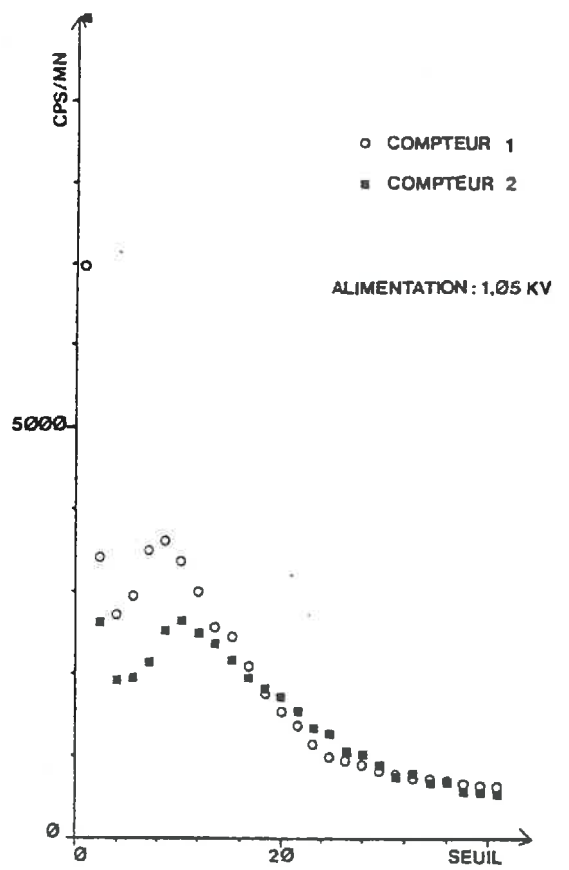


FIG. 4.B

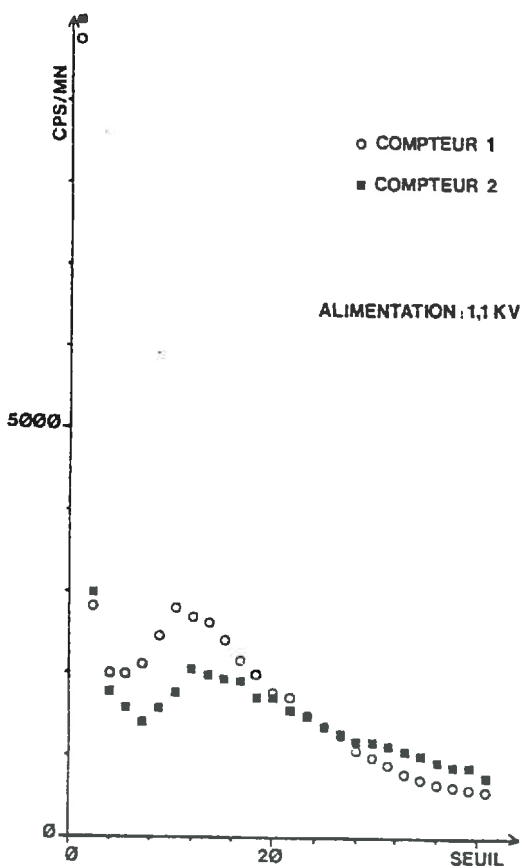


FIG. 4.C

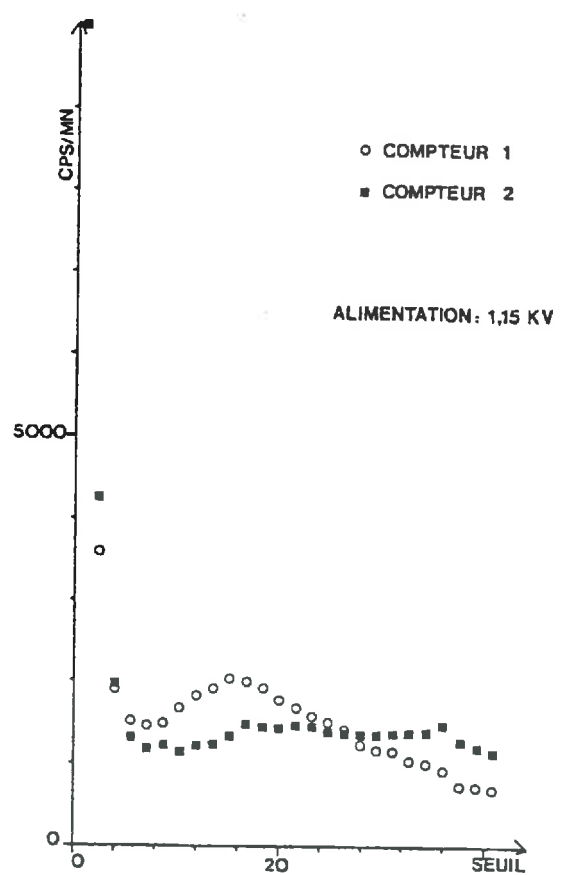


FIG. 4.D

II-2. Limites dues à la radioactivité

La désintégration nucléaire est un phénomène aléatoire descriptible par une loi binomiale. Ainsi, la probabilité d'avoir m désintégrations pendant un temps Δt parmi N_0 atomes, peut s'écrire :

$$P_{(m)} = \frac{N_0!}{(N_0-m)! m!} \cdot p^m (1-p)^{N_0-m}$$

p est la probabilité de désintégration d'un atome choisi pendant Δt ($p \approx 0$).

Pratiquement, dans les conditions du processus de désintégration radioactive, cette loi binomiale peut être approximée par une distribution de GAUSS d'écart-type égal à la racine carrée de l'espérance (loi normale) [cf. Annexe I].

Expérimentalement, on peut retrouver la forme Gaussienne de la répartition des comptages (qui sont les images des désintégrations). Pour cela, on effectue X comptages identiques. On obtient alors l'histogramme du nombre d'apparition d'un comptage en fonction du dit comptage (fig 6a et 6b).

III- METHODE

III-1. Principe des mesures

Le krypton 85 (isotope radioactif) est injecté dans une des deux chambres et diffuse à travers l'échantillon pour envahir progressivement toute la cellule. La concentration en krypton est supposée proportionnelle à la quantité de radiations β . On suit donc indirectement l'évolution des concentrations dans les compartiments gazeux à l'aide des deux ensembles de comptage.

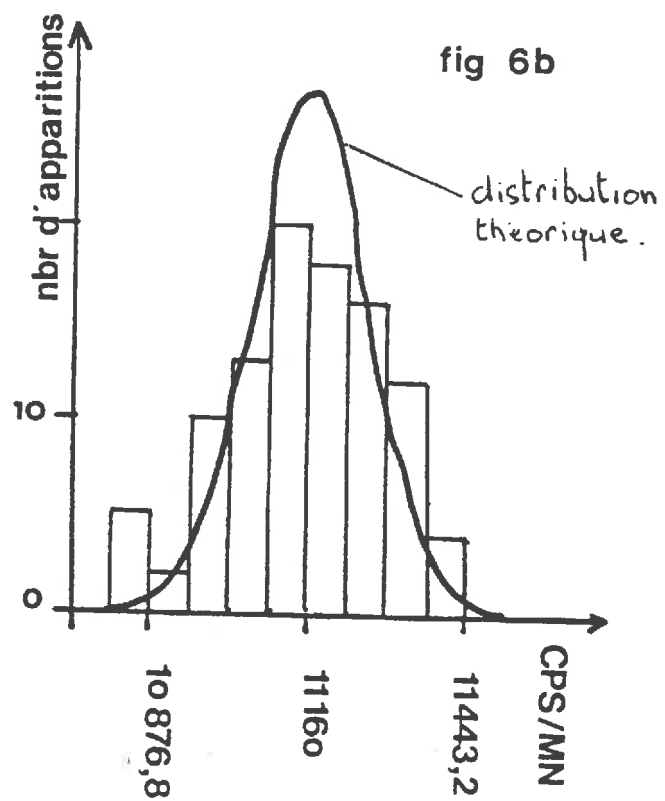
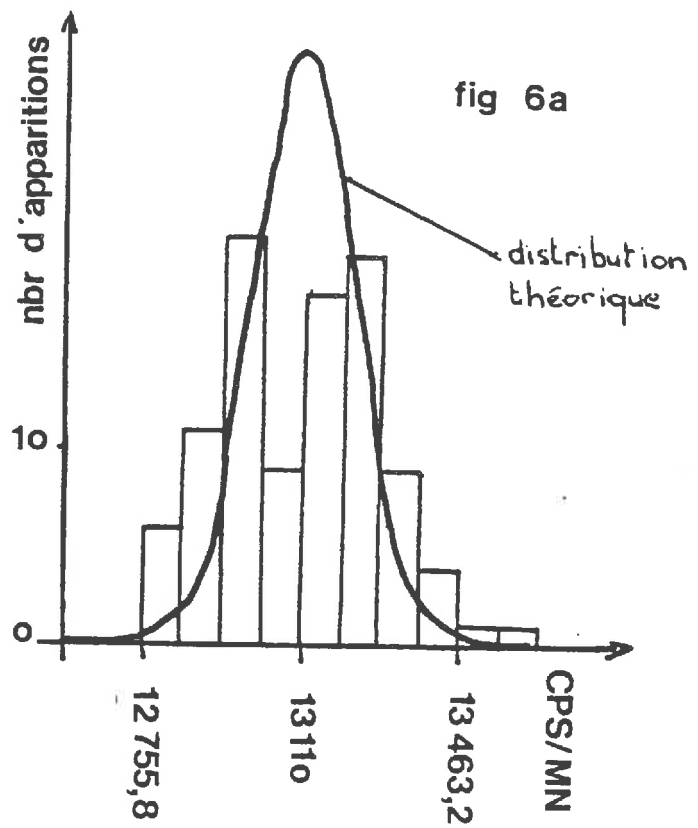
Nous présentons, sur la feuille jointe, le suivi des concentrations dans chaque chambre pour l'exemple traité au paragraphe III-4 (figure 7).

Cet ensemble de mesures va nous permettre de trouver des estimations de D_a et ϵ pour l'échantillon de sol étudié (voir paragraphe III-4.).

III-2. Equations de base décrivant la diffusion gazeuse

Soit un milieu supposé homogène, la première loi de FICK décrivant la diffusion gazeuse dans le cas d'un transfert unidirectionnel, peut être écrite de la façon suivante :

Exemples de distribution des comptages liés aux deux chambres.



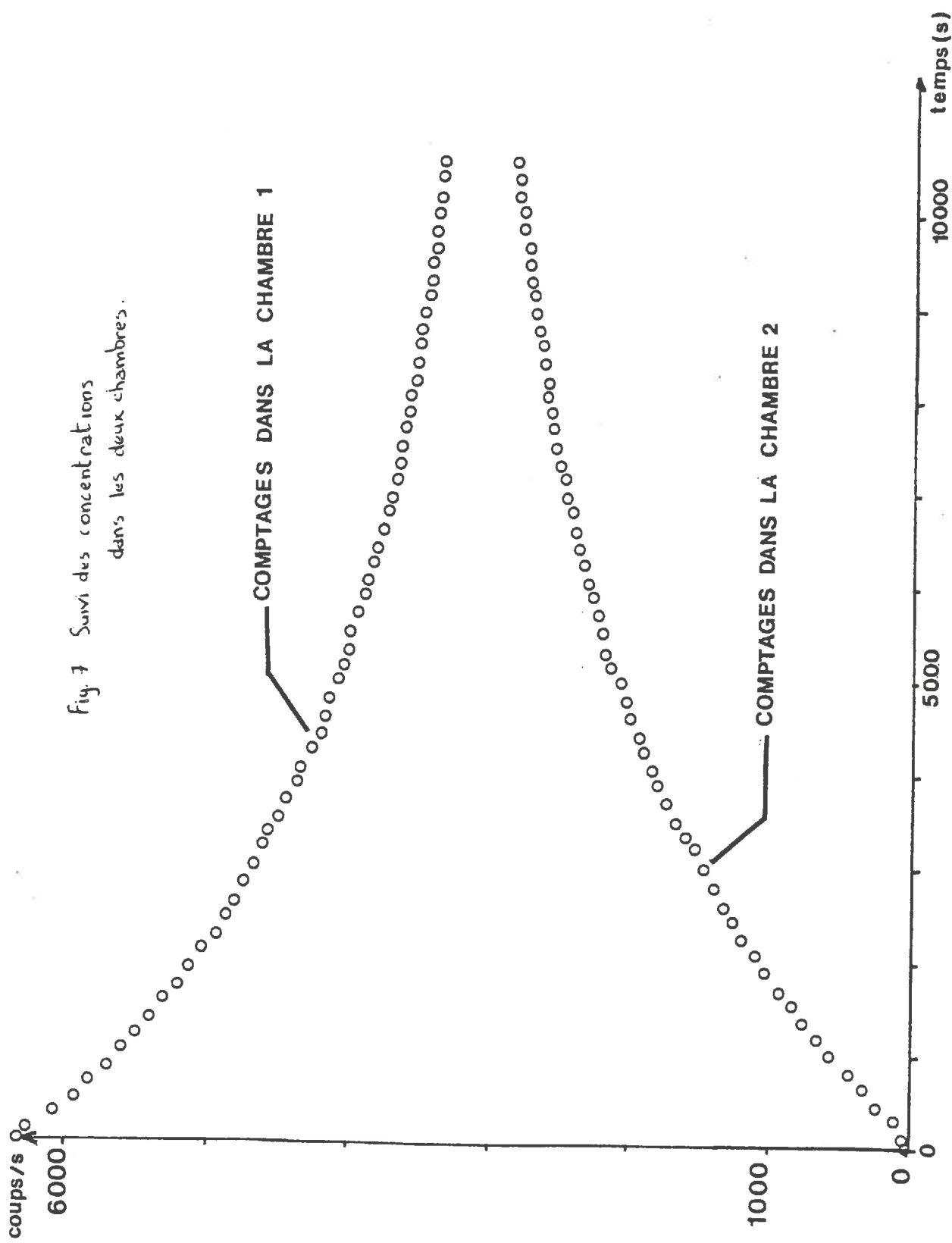


Fig. 7 Suivi des concentrations dans les deux chambres.

$$q_x = -D_a \left[\frac{\partial C}{\partial x} \right] \quad (1)$$

où q_x est le flux dans la direction Ox ($\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
 D_a le coefficient de diffusion gazeuse ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)
 C la concentration gazeuse (kg.m^{-3}).

Nous pouvons également introduire l'équation de continuité en milieu homogène (2ème loi de FICK), qui est :

$$\epsilon \cdot \frac{\partial C}{\partial t} = - \frac{\partial q_x}{\partial x} \quad (2)$$

où ϵ représente la porosité accessible du milieu poreux et t le temps en secondes.

Finalement, en combinant l'équation du flux (1) et l'équation de continuité (2), nous obtenons :

$$\epsilon \cdot \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D_a \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right] \quad (3)$$

La concentration initiale et les conditions aux limites dans l'appareil sont supposées telles que :

- $C = C_0$ dans la chambre d'injection à $t = 0$;
- $C = 0$ dans le sol et l'autre compartiment à gaz à $t = 0$.
- $\epsilon = 1$ dans les compartiments à gaz ;
- $0 < \epsilon < 1$ dans le milieu poreux (sol) ;
- $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$ aux deux extrémités de la cellule ;

$$-D_o \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_o = -D_a \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_a \text{ aux interfaces sol-air}$$

Nous supposons d'autre part qu'il existe une relation linéaire entre la concentration et le taux de comptage (à l'effet aléatoire près). A la concentration utilisée dans les équations précédentes peut donc se substituer le taux de comptage.

III-3. Association des mesures aux estimations de D_a et ϵ .

Pour D_o , D_a , ϵ et une concentration initiale en krypton connue, il est possible de simuler l'évolution des concentrations en différents points de la cellule, donc de simuler l'évolution de l'espérance des signaux perçus par les scintillateurs ou comptés par les échelles.

Pratiquement, D_a , ϵ et le comptage initial sont inconnus. Ils sont ajustés de manière progressive de façon à minimiser les différences entre courbes simulées et courbes expérimentales (minimisation des carrés des écarts entre mesures expérimentales et comptages simulés).

Aux hypothèses faites au paragraphe III-2., il faut en ajouter une dernière liée au fait que le signal perçu par les scintillateurs dépend du krypton présent dans les seuls compartiments à air auxquels ils sont associés et de la seule répartition du krypton dans ceux-ci (pondération à l'aide d'angles solides).

III-4. Exemple

Le traitement des données réalise l'ajustement des paramètres suivants :

- la concentration initiale (qui joue un rôle important dans la détermination de la porosité équivalente) ;
- le coefficient de diffusion ;
- la porosité équivalente.

A titre d'exemple, une régression est effectuée entre les données expérimentales et les données simulées. La courbe ci-dessous montre le lien entre les points expérimentaux et les points calculés (fig 8).

Les caractéristiques de cette régression sont :

- coefficient de corrélation : 1
- pente de la droite de régression : 0,995
- ordonnée à l'origine : 18,05

pour la moyenne des comptages suivants :

- expérience : 3080,69
- simulation : 3077,36

Les limites de confiance individuelles pour chaque paramètre sont :

$$0,1722 < \hat{\epsilon} \text{ [s.d]} < 0,1750$$

$$0,1133 \cdot 10^{-6} < \hat{D} \text{ [m}^2\text{/s]} < 0,114 \cdot 10^{-6}$$

$$0,652 \cdot 10^{+4} < C_i \text{ [mol/m}^3\text{]} < 0,654 \cdot 10^{+4}$$

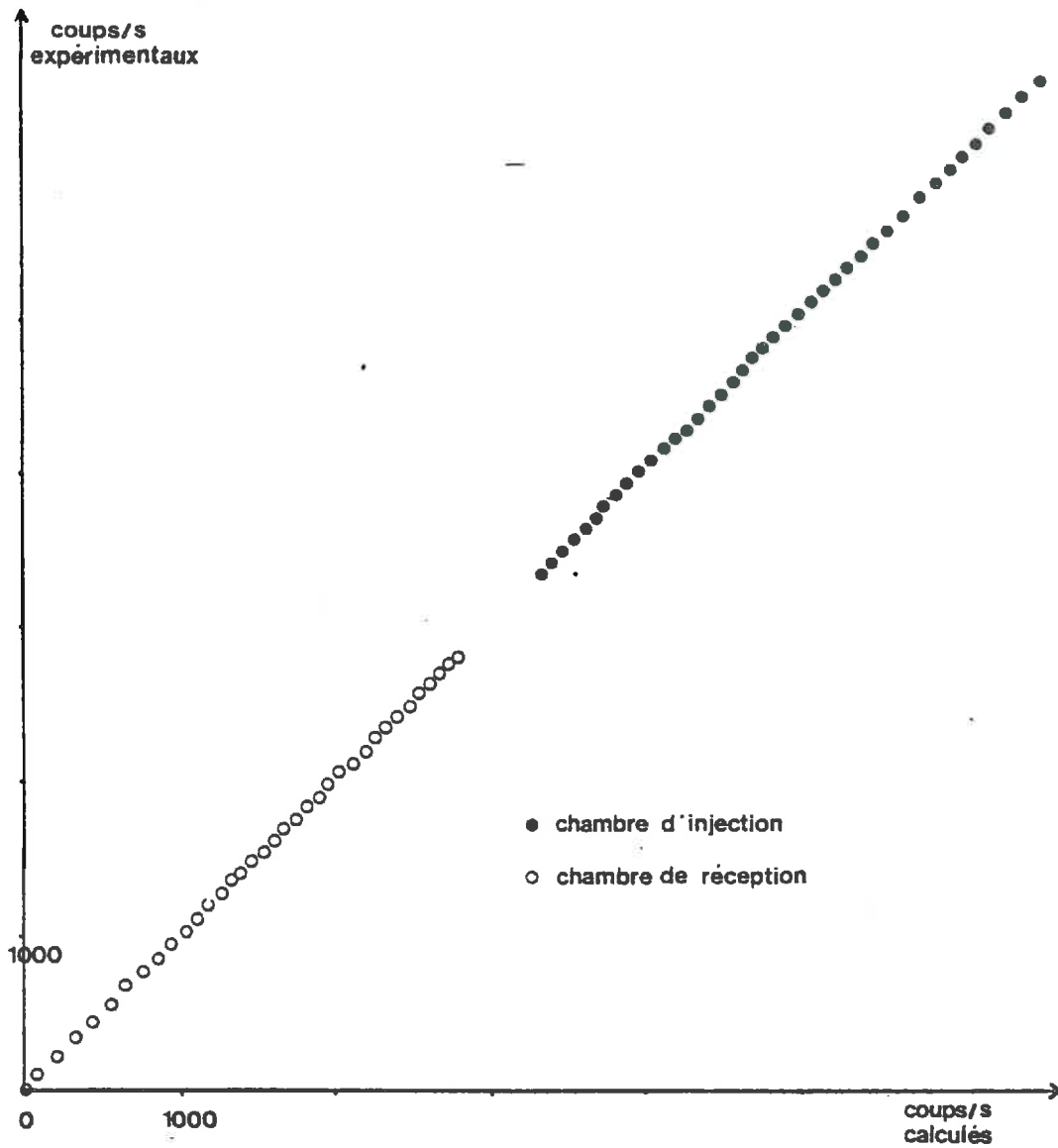


Fig 8 :Regression entre les points expérimentaux et calculés .

III-5. Incertitude sur les résultats

III-5.1. Effet aléatoire lié au processus radioactif

Admettons les hypothèses suivantes :

- D_{air} , D_{sol} , ϵ et le comptage initial sont parfaitement connus ;
- les conditions initiales sont supposées vraies ;
- les équations mathématiques proposées précédemment décrivent correctement le processus physique et la méthode numérique (éléments finis) en donne une bonne solution.

Dans ces conditions, il est possible de calculer les valeurs théoriques des comptages vus par les scintillateurs des compartiments à gaz à différentes dates.

Néanmoins, ces valeurs théoriques ne correspondent pas à des variables "certaines" comme la concentration, mais à l'espérance d'une distribution de Gauss (loi normale dont l'écart-type est égal à la racine carrée de la moyenne). Aussi, toute estimation de D_s et ϵ sera entâchée d'une incertitude.

Pratiquement, il est possible de cerner l'importance de ce phénomène par génération de nombres pseudo-aléatoires suivant les distributions normales désirées : ainsi, il est possible de simuler des expériences où les écarts des mesures aux valeurs théoriques ne sont liées qu'au processus radioactif. L'utilisation de ces données nous donne des estimations \hat{D}_s et $\hat{\epsilon}$ de D_s et ϵ .

Concrètement, nous avons simulé 15 expériences autour des valeurs théoriques de comptages correspondant aux valeurs ajustées dans l'exemple précédent. Le dépouillement de ces expériences montre un coefficient de diffusion constant, donc très bien appréhendé par le processus de diffusion et une porosité équivalente plus variable (fig 9).

Cet exemple doit être pris avec précaution : les résultats auraient été différents pour des taux de comptages plus faibles ou plus élevés, ou pour des expériences plus courtes ou plus longues (effets similaires).

III-5.2. Biais liés aux conditions de manipulation

On constate que les résidus entre les valeurs simulées et expérimentales, bien que très petits, ont une distribution non aléatoire. Le modèle n'est donc pas exact.

A priori, les équations mathématiques et la résolution numérique ne sont pas à remettre en cause.

Les phénomènes plus discutables sont :

- les conditions initiales : mouvement convectif lors de l'injection du krypton (la concentration n'est donc pas uniforme) ;
- la pondération schématique des comptages de chaque chambre (servant à estimer le comptage vu par les scintillateurs).

Remarque :

Le critère de régression choisi entre données expérimentales et simulées est celui des moindres carrés. Or les estimations ne sont correctes que si les écarts-types des différentes mesures sont approximativement égaux.

De fait, ceci n'est pas vérifié car le phénomène radioactif est approché par une loi normale d'écart type égal à la racine carrée de la moyenne.

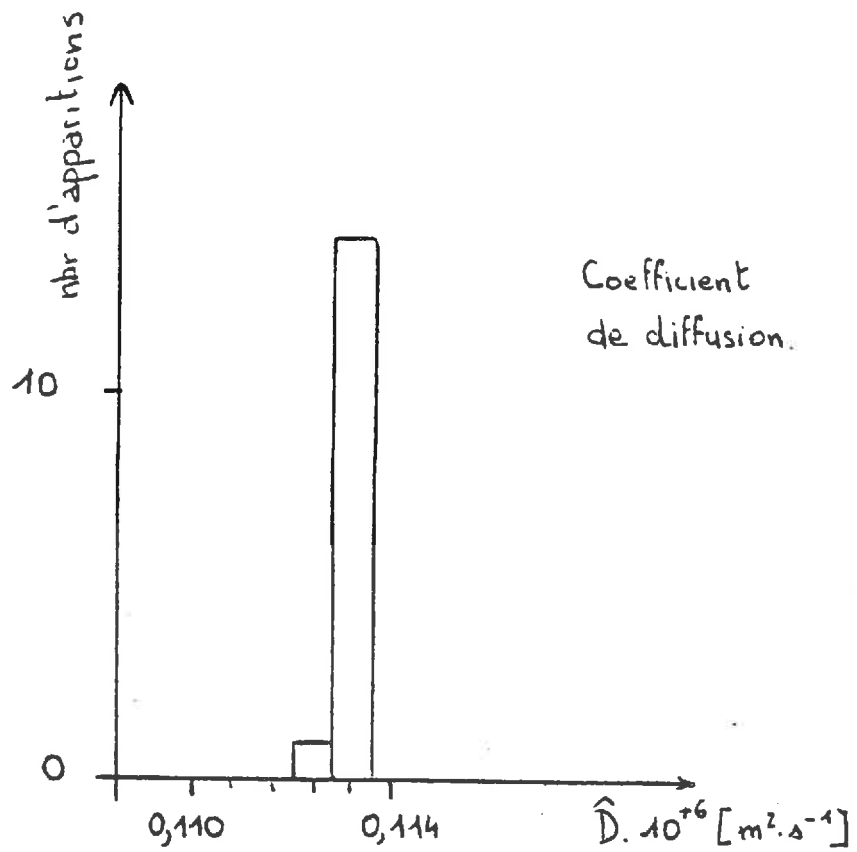
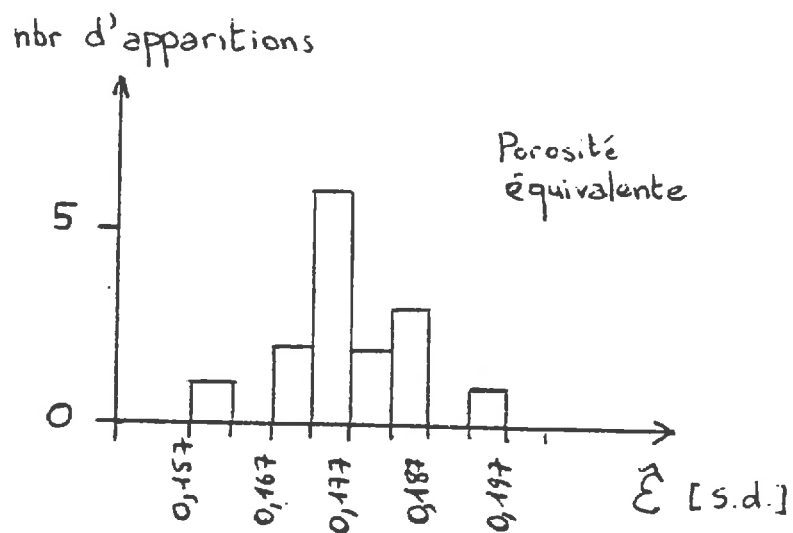


Fig 9 : Estimations du coefficient de diffusion et de la porosité équivalente.



IV. CONCLUSION : NECESSITE D'UNE AUTOMATISATION

Après cette étude du matériel et de la manipulation, il s'avère que la chaîne de comptage présente plusieurs défauts :

- comptages ne pouvant se réaliser que pendant un temps prédéfini et de façon successive (la fin du comptage implique le début du suivant), d'où une répartition non optimale des données en vue de leur utilisation ultérieure (nombre de données en fin de manipulation trop important par rapport à la décroissance de la concentration) ;
- impression sur papier métallisé de qualité médiocre nécessitant le transfert manuel de nombreuses données sur un ordinateur permettant leur traitement.
- temps élémentaire de comptage parfois inadapté à la durée totale de la manipulation, impliquant souvent plusieurs expériences pour un seul échantillon de sol.

Il est donc utile de concevoir et de réaliser l'automatisation de la prise des données.

Le travail de conception sera de deux ordres :

- conception du type de pilotage de l'appareil en fonction des attentes des utilisateurs ;
- conception technique d'une interface permettant de coupler l'ensemble de comptage au micro-ordinateur.

La réalisation pratique sera de type informatique (pilotage) et électronique (interface).

DEUXIEME PARTIE :

POSSIBILITES D'AUTOMATISATION

I- QUELLES FONCTIONS AUTOMATISER ?

I-1. L'amplificateur-sélecteur monocanal

L'amplificateur permet la mise en forme des impulsions en provenance des photomultiplicateurs

Le sélecteur monocanal les reçoit et délivre une impulsion calibrée en sortie suivant trois modes de seuillage :

- seuils inférieur et supérieur réglés indépendamment l'un de l'autre,
- prise en compte du seul seuil inférieur (mode discriminateur),
- prise en compte du seuil inférieur ainsi que d'une largeur de fenêtre de scrutation.

Les modes de seuillage étant choisis grâce à des interrupteurs-inverseurs et les seuils au moyen de potentiomètres 10 tours, aucune automatisation de cette partie ne pourra être effectuée.

L'utilisateur choisira le mode de seuillage ainsi que la valeur des seuils au début de chaque manipulation.

I-2. Les échelles de comptage

Elles comportent 8 décades avec visualisation décimale et sont équipées d'une sortie impression.

I-2.1. Commandes marche/arrêt

Ces commandes se font de deux façons différentes :

- par génération d'une impulsion dans les entrées "START" ou "STOP" (un inverseur est alors placé en position "PULSE"),
- par différence entre deux niveaux de tension (l'inverseur précédent est placé en position "DC").

La première méthode nécessite deux liaisons (une pour le démarrage, l'autre pour l'arrêt), au contraire de la seconde. La deuxième solution sera choisie pour démarrer et arrêter les comptages.

I-2.2. Commande de R.A.Z.

La remise à zéro est validée par un signal logique au niveau haut. Celui-ci peut être appliqué soit par l'avant (manuellement), soit par l'arrière de l'appareil (une broche est en effet prévue à cet effet).

I-2.3. Lecture des données

La sortie "impression" est constituée par huit groupes de quatre portes (pour chaque échelle) ouvertes par un signal d'interrogation.

Le signal d'interrogation validera une des échelles. C'est un signal codé en octal sur cinq bits (à l'aide de 5 cavaliers et 10 broches sur la prise de sortie).

La lecture automatique des données se fera donc en deux étapes :

- valider l'adresse d'une des deux échelles (signal envoyé par le micro-ordinateur),
- prélever le contenu de l'échelle à l'ouverture des portes.

II- PRISES DE RACCORDEMENT DES DIFFERENTS APPAREILS

II-1. Sortie de l'échelle de comptage

La sortie est un connecteur circuit imprimé de 50 contacts assurant, pour le moment, la liaison entre les trois modules de comptage (dont l'horloge) et le dispositif d'impression.

Le tableau qui suit montre le rôle de chaque broche (tableau déterminé à l'aide des schémas électroniques des deux échelles : voir annexe II).

Broches		Rôle / Remarque
Numéro départ	Numéro arrivée	
1	32	Décades (8)
33	34	Reliées à aucun composant dans les modules de comptage, mais sont utilisées dans le module impression
35		R.A.Z. automatique en fin de comptage (r.a.z. adressée)
36		R.A.Z. générale des compteurs Actif au niveau 1
37		Non connectée
38		Identique aux broches 33 et 34
39	48	Adresse de l'échelle
49		Non connectée
50		Masse

Les différents modules étant branchés en parallèle, ils ont tous le même brochage.

Chaque décade est codée sur 4 bits (BCD). Pour trouver les numéros "N" des broches correspondants aux différents bits (8, 4, 2 ou 1) des différentes décades (10^{+0} à 10^{+7}), nous pouvons utiliser les relations suivantes :

$$N_{8.10^n} = 1 + 4 n$$

$$N_{4.10^n} = 2 + 4 n$$

$$N_{2.10^n} = 3 + 4 n$$

$$N_{1.10^n} = 4 + 4 n$$

Avec :

- * $N_{X.10^n}$: le numéro "N" de la broche sur laquelle est codée le bit "X" (8,4,2 ou 1) de la décade "n" ;
- * n : numéro de la décade
 $0 < n < 7$

II-2. Sorties de l'ordinateur

Le Goupil G.4. possède en standard une sortie série et une sortie parallèle accessibles sur la face arrière de la console.

II-2.1. Connecteur série

Les signaux d' E/S arrivent sur un connecteur 25 points type D, à l'arrière de la console. Sur les 25 broches, 2 sont réservées à l'entrée et à la sortie des données. Chacune débouche sur un registre de 8 bits. Les autres servent à l'initialisation et l'utilisation de l'interface série de communication.

L'utilisation de cette sortie nécessiterait donc une sérialisation asynchrone des données (utilisation de registres à décallage). Une liaison série asynchrone implique en premier lieu, une notion de vitesse de transmission. Vient ensuite la notion de code ; celui-ci est presque toujours le code A.S.C.I.I. (les données en provenance de la cellule sont en B.C.D.).

Pour des raisons de facilité au niveau de l'utilisation aussi bien qu'au niveau du traitement, cette sortie ne sera pas utilisée.

II-2.2. Connecteur Parallèle

Un connecteur 25 points type D (femelle) est accessible à l'arrière de la console.

L'écriture et la lecture des données se font sur un port d'adresse 956 au niveau des broches 2 à 9. Les autres broches (1 et 10 à 17) servent, dans le cas unique où une imprimante serait branchée, à la transmission des commandes et à la lecture des signaux de contrôle de l'imprimante. Les broches 18 à 25 sont reliées à la masse.

L'écriture d'une donnée aux adresses correspondant aux broches 1 et 10 à 17 change le contenu de l'adresse de la donnée. C'est pour cette raison que seules les broches 2 à 9 seront utilisées (ainsi que la masse).

Le port d'adresse 956 est directement accessible aussi bien en lecture qu'en écriture (il ne nécessite pas de programmation).

III- CONCEPTION LOGIQUE DE L'INTERFACE

III-1. But

Le but de l'interface est de relier l'ordinateur à l'ensemble de comptage. Cette liaison doit pouvoir véhiculer les ordres de pilotage d'une part et les données d'autre part. La structure de l'interface doit permettre un traitement et un dépouillement informatique aisé.

Pratiquement, l'étude des possibilités d'interfaçage et du programme ont été menées de front.

L'interface doit donc répondre aux exigences présentées sur le schéma qui suit (fig 10).

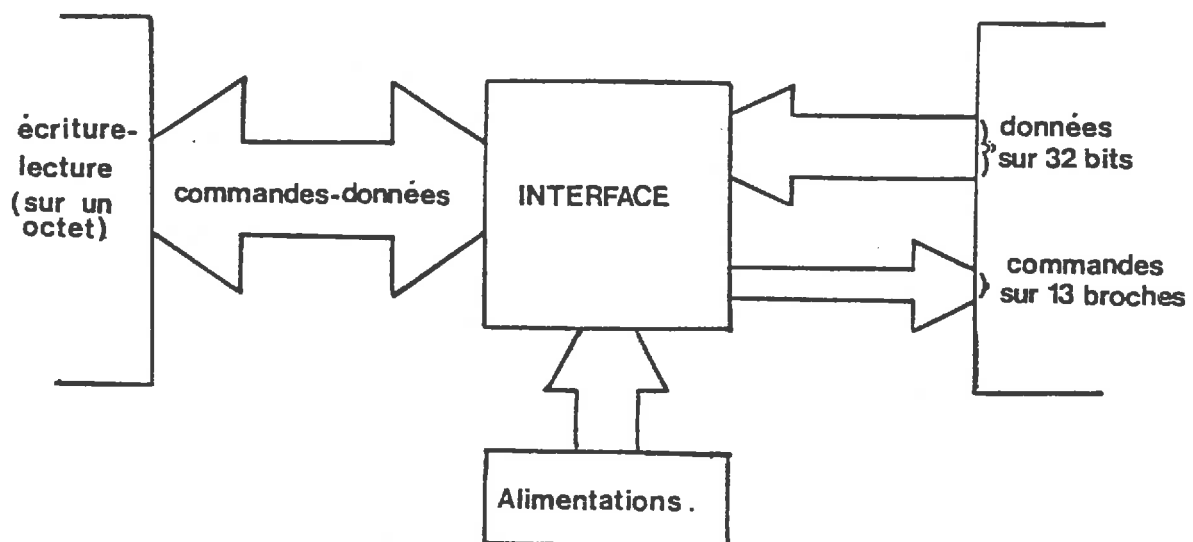


fig 10 : Rôle de l'interface -

III-2. Les outils de la réalisation

Plusieurs méthodes ont été envisagées. Toutes avaient en commun le principe de multiplexage des décades de comptage.

III-2.1. Le multiplexage en tension

Les décades arrivant simultanément, une nécessité de multiplexage apparaît. Le principe du multiplexage en tension est le suivant : pour " 2^n " entrées et une sortie, il y a " n " voies de commande permettant d'envoyer successivement les entrées sur la sortie. Le multiplexeur joue un rôle de commutateur électronique (fig 11).

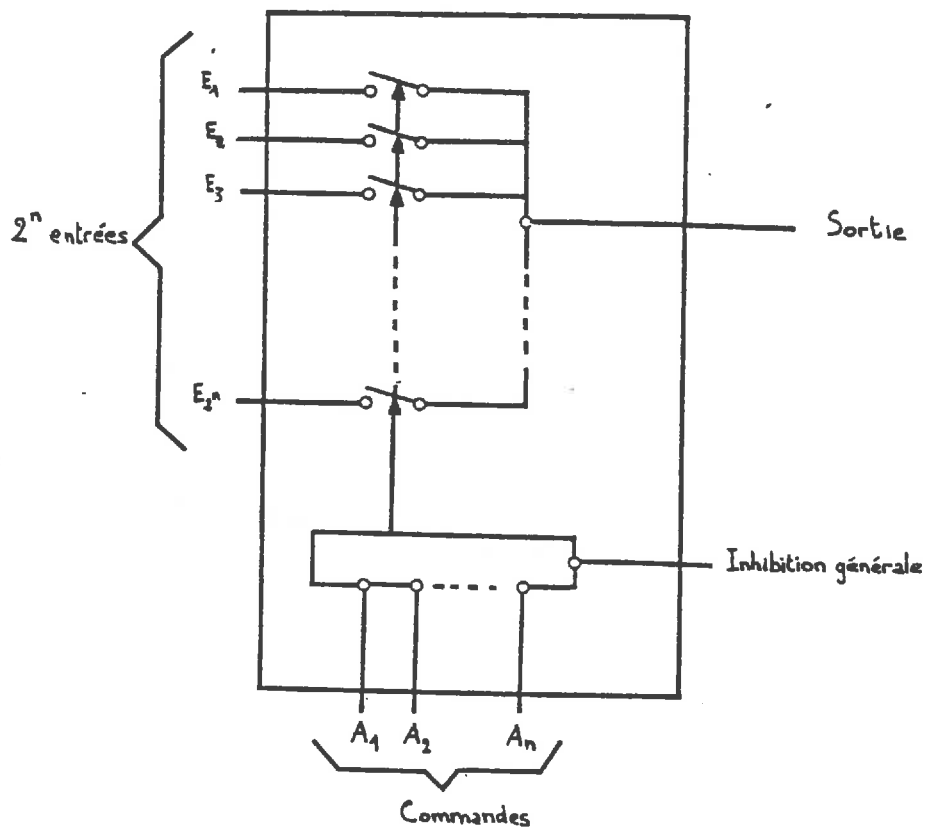


Fig 11 : Principe du multiplexeur -

Le multiplexeur possède une autre entrée OE [Output Enable ou Inhibition Generale] positionnant la sortie à l'état haute impédance (logique à 3 états).

III-2.2. La solution pour l'interface

La solution retenue consiste à diviser l'octet d'écriture/lecture (sortie de l'ordinateur) en deux parties de 4 bits chacune : l'une pour envoyer les commandes, l'autre pour récupérer le contenu des décades.

Ces commandes, au nombre de six (3 pour le pilotage et 3 pour l'adressage des multiplexeurs), seront regroupées sur trois bits du quartet de commande. Pour préserver les ordres de pilotage, il suffit de placer des bascules D sur les lignes. Celles-ci seront "transparentes" pour l'écriture des ordres, et en "position mémoire" le reste du temps. Le 4ème bit de commande sera donc réservé pour le signal d'horloge des bascules ainsi que pour l'inhibition générale des multiplexeurs. Ceux-ci seront inhibés lorsque les bascules seront "passantes", et inversement.

Le synoptique de l'interface peut donc être présenté de la façon suivante (fig 12) :

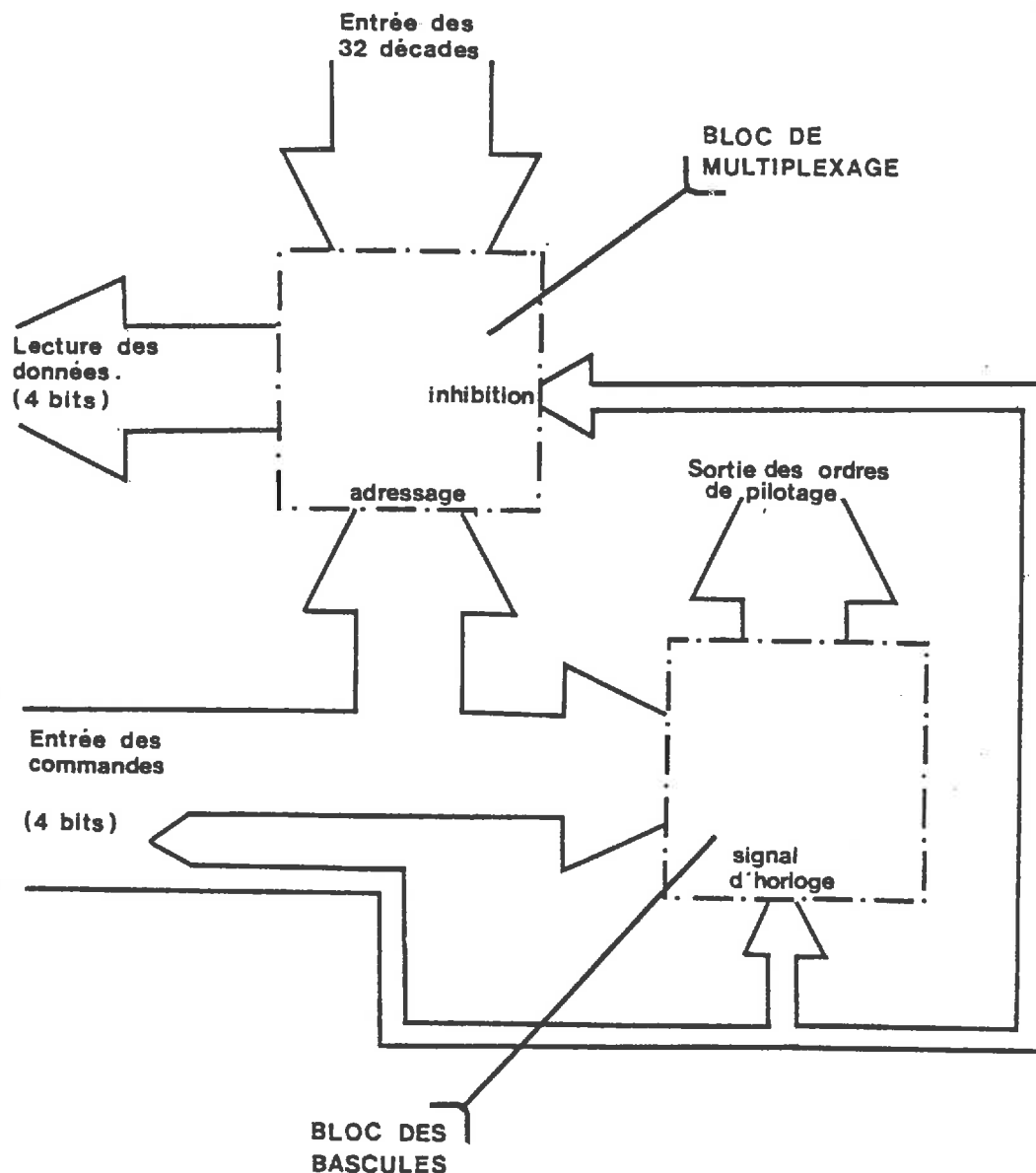


FIG.12 : SYNOPTIQUE DE L'INTERFACE

IV- PRINCIPE DE BASE DU PILOTAGE INFORMATISE DE L'APPAREIL

IV-1. Attente des utilisateurs

Pratiquement, l'automatisation de la prise de données devrait répondre à deux objectifs :

- assouplir le système des prises de données, ceci afin d'éviter un trop grand nombre de mesures en fin de manipulation et afin d'augmenter le nombre de celles-ci en début ;
- récupérer les données prétraitées sur disquette afin d'éviter tout transfert manuel entre l'ordinateur de traitement (MINI 6) et l'ordinateur de pilotage (GOUPIL G4).

IV-2. Fonctionnement de base pendant la manipulation

IV-2.1. Principes

Les objectifs sont les suivant :

- conserver la totalité de l'information,
- enregistrer à pas de temps rapprochés (on ne connaît pas a priori le découpage optimal).

Ceux-ci impliquent :

- une définition d'un pas élémentaire de comptage (Δt) qui sera fonction de l'échantillon et choisi par l'utilisateur,
- des comptages successifs par rapport à ce Δt nécessitant l'utilisation de l'horloge temps réel.

IV-2.2. Réalisation

L'utilisation de l'horloge temps réel se fera grâce à une fonction b.a.s.i.c. qui après chaque instruction élémentaire, examine l'état de l'horloge interne et effectue un branchement vers un sous-programme toutes les "N" secondes ("N" correspondra au pas de temps élémentaire Δt). Cette instruction est de la forme :

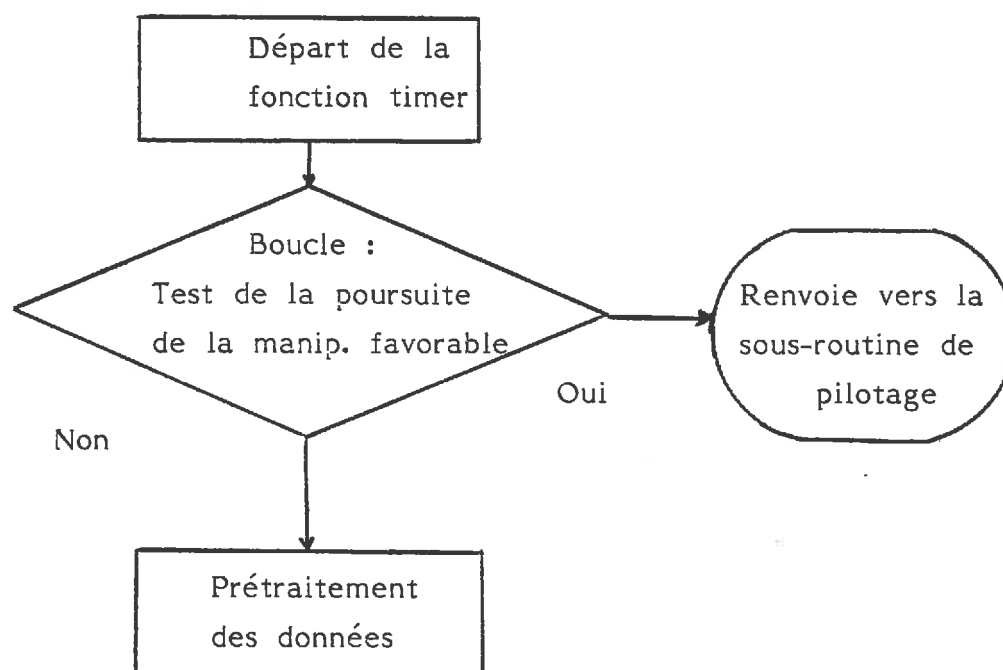
```
ON TIMER (N) GOSUB < nom d'un sous-programme >
```


Ce sous-programme comprendra :

- un programme assembleur permettant le pilotage et le stockage du contenu des décades,
- un programme b.a.s.i.c. reconstituant le contenu des échelles de comptage et testant le rapport du comptage de la chambre d'injection sur celui de la chambre de réception afin d'arrêter ou de poursuivre la manipulation.

Il suffira alors de faire suivre l'instruction "on timer" par une boucle qui se refermera sur elle-même ou qui inhibera la fonction "timer" si le test d'arrêt est favorable.

Le déroulement des opérations s'effectuera suivant le schéma suivant (fig 13) :



Le temps élémentaire de comptage devra être supérieur ou égal au temps d'exécution du sous-programme.

Sous-programme :

$$\text{durée} = t \quad (\text{Sous-programme assembleur}) + T \quad (\text{sous-programme basic})$$

$$(\Delta t)_{\text{min}} = T + t + \text{temps de protection.}$$

Grâce à la connaissance des durées d'exécution des instructions assembleur, il sera possible de calculer la valeur de "t". D'autre part, une fonction spéciale du basic déterminera la valeur de "T". Le "temps de protection" sera laissé à l'appréciation de l'utilisateur.

IV-3. Prétraitement des données

IV-3.1. Principe

Le principe du prétraitement est de transformer les nombreuses données brutes en un petit nombre de données évoluées, en tenant compte de l'étalonnage. Pour cela on se basera sur les comptages de la chambre d'injection, desquels on tirera une courbe simple de décroissance (décroissance de type polynomiale). Les données évoluées seront sélectionnées d'après le critère arbitraire suivant : la différence de concentration entre deux points sera constante, quel que soit la date.

A partir de ces données évoluées, une première approche du coefficient de diffusion apparente D_a , de la porosité ϵ et de la concentration initiale en krypton, sera faite. (La justesse de l'approximation influe sur la vitesse du traitement final [effectué sur MINI 6]).

A la fin de ce prétraitement, plusieurs fichiers sur disquette devront être formés :

- un fichier contenant les données brutes ;
- un fichier contenant les données évoluées ;
- un fichier contenant les caractéristiques de l'utilisateur (nom, prénom, date...) et celles de l'échantillon (nature du sol, D_a , ϵ ...).

Le travail sur GOUPIL G4 sera alors terminé, il faudra transférer la disquette contenant les fichiers sur le MINI 6 pour le traitement final.

IV-3.2. Réalisation

La courbe de décroissance sera obtenue par ajustement polynomial des données brutes de la chambre d'injection. Elle sera réalisée par la minimisation des carrés des écarts (voir annexe III).

IV-4. Options complémentaires

Ces options complémentaires sont l'étalonnage et le tracé de spectres. Leur programmation se fera uniquement en basic, car aucun problème de rapidité n'intervient.

D'autre part, le programme final comprendra un sous-programme de présentation et un menu permettant d'accéder à la manipulation aussi bien qu'aux options.

TROISIEME PARTIE

LA REALISATION

I- L'INTERFACE

I-1. Caractéristiques des signaux dans le circuit

Les Bascules ont les caractéristiques suivantes :

- niveau d'entrée haut : > 2 V
- niveau d'entrée bas : < 0,7 V
- niveau de sortie haut : > 2,4 V
- niveau de sortie bas : < 0,4 V

Les Multiplexeurs ont les caractéristiques suivantes :

- Tension d'entrée du niveau "1" : > 2 V
- Tension d'entrée du niveau "0" : < 0,7 V

On trouvera les caractéristiques détaillées des composants en Annexe IV.

I-2. Caractéristiques des signaux de sortie

La commande marche/arrêt se fait par niveau continu (un inverseur est alors en position "DC") :

- niveau marche : > 3 V
- niveau arrêt : < 0,8 V

La commande de remise à zéro se fait par un signal impulsionnel :

- niveau significatif : > 3 V
- niveau non significatif : < 0,8 V
- durée : > 20 ns

Le signal d'interrogation des échelles (tension "porte") se fait par niveau continu :

- porte ouverte : > 3 V
- porte fermée : < 0,8 V

I-3. Signification de l'octet d'entrée

La présence de "triggers inverseurs" explique l'inversion de combinaisons que le lecteur pourrait constater dans les schémas qui suivent.

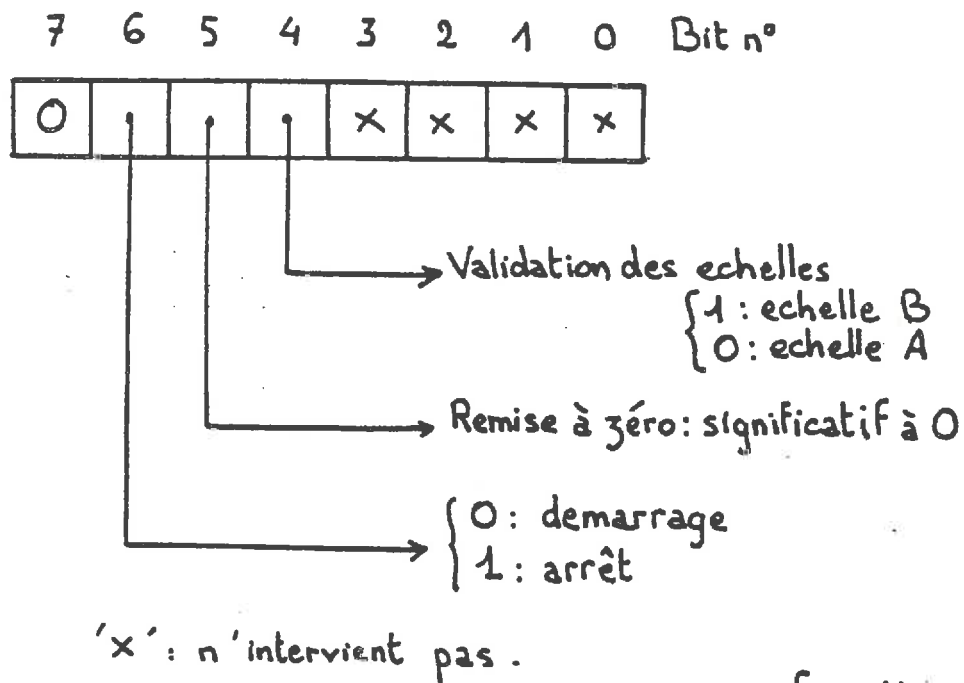
I-3.1. En mode "Pilotage" (fig 14)

Fig. 14

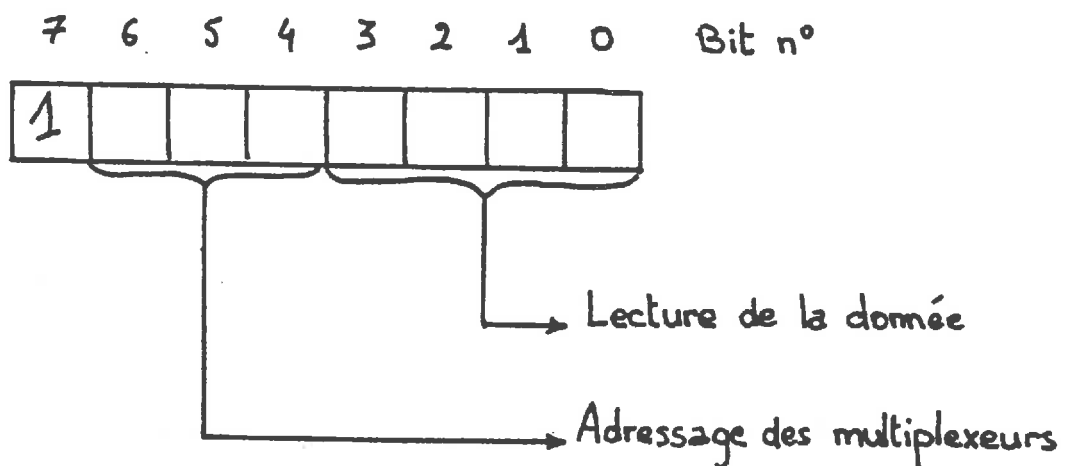
I-3.2. En mode "Prise de données" (fig 15)

Fig. 15

II- LA PROGRAMMATION

L'ordinateur utilisé pour l'automatisation est un GOUPIL G4 équipé d'un microprocesseur 80186 d'INTEL travaillant à 8 MHz (une période d'horloge est égale à 125 ns).

Trois langages évolués étaient disponibles :

- GW BASIC (BASIC interprété),
- QUICK BASIC (BASIC compilé),
- TURBO PASCAL.

Deux critères ont guidé notre choix :

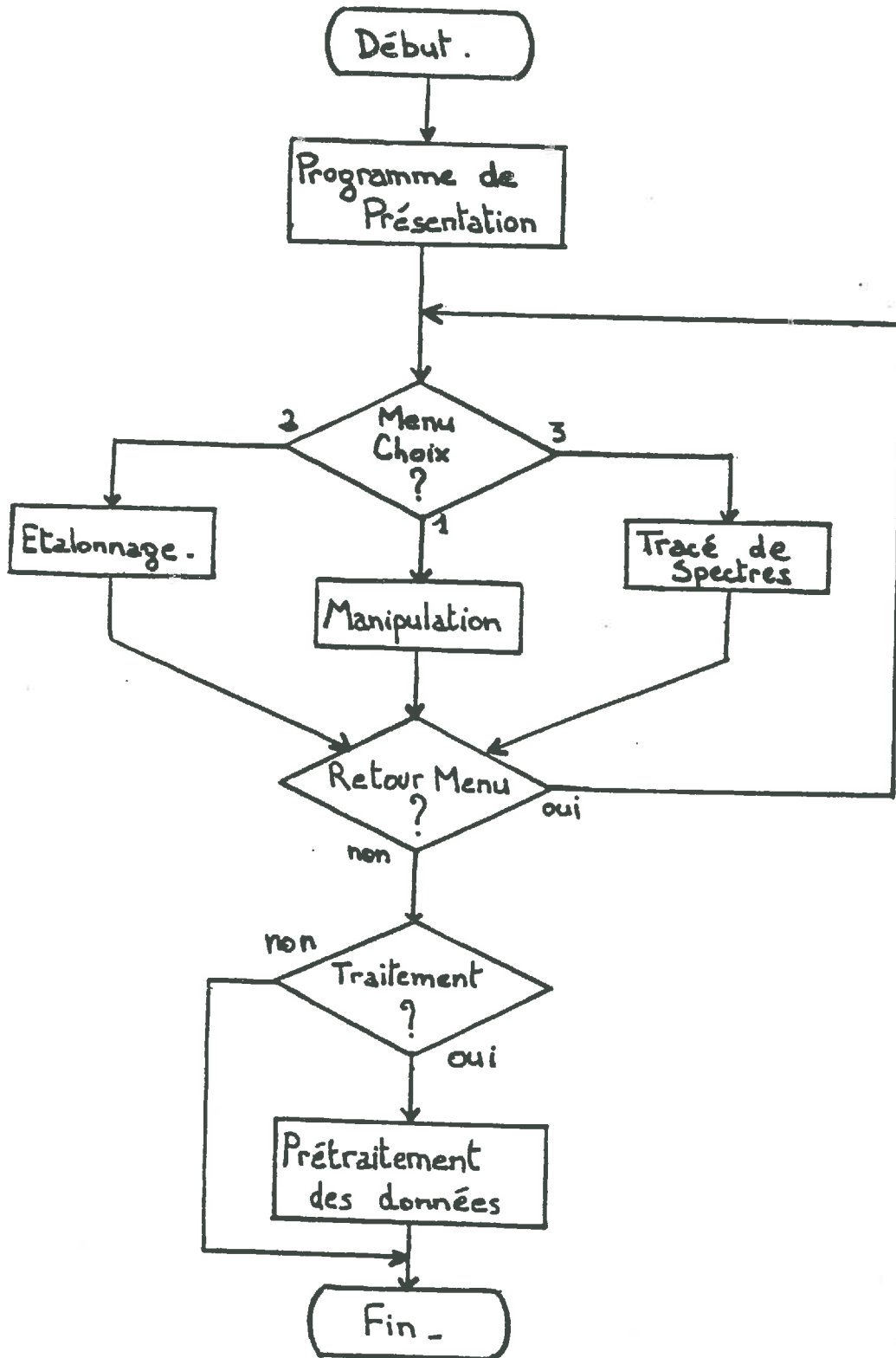
- rapidité d'exécution,
- facilité d'utilisation et de compréhension, aussi bien pour le programmeur que pour les utilisateurs (pour d'éventuelles modifications ultérieures).

C'est donc le BASIC compilé qui est utilisé pour le programme évolué (communication entre l'utilisateur et l'ordinateur ; prétraitement des données) et pour le pilotage de l'ensemble de comptage dans le cas où il n'y a pas de problème de rapidité temporelle (étalonnage, tracé de spectres). Pour effectuer le pilotage lors de la manipulation, il faudra directement programmer le microprocesseur en assembleur.

II-1. Les organigrammes

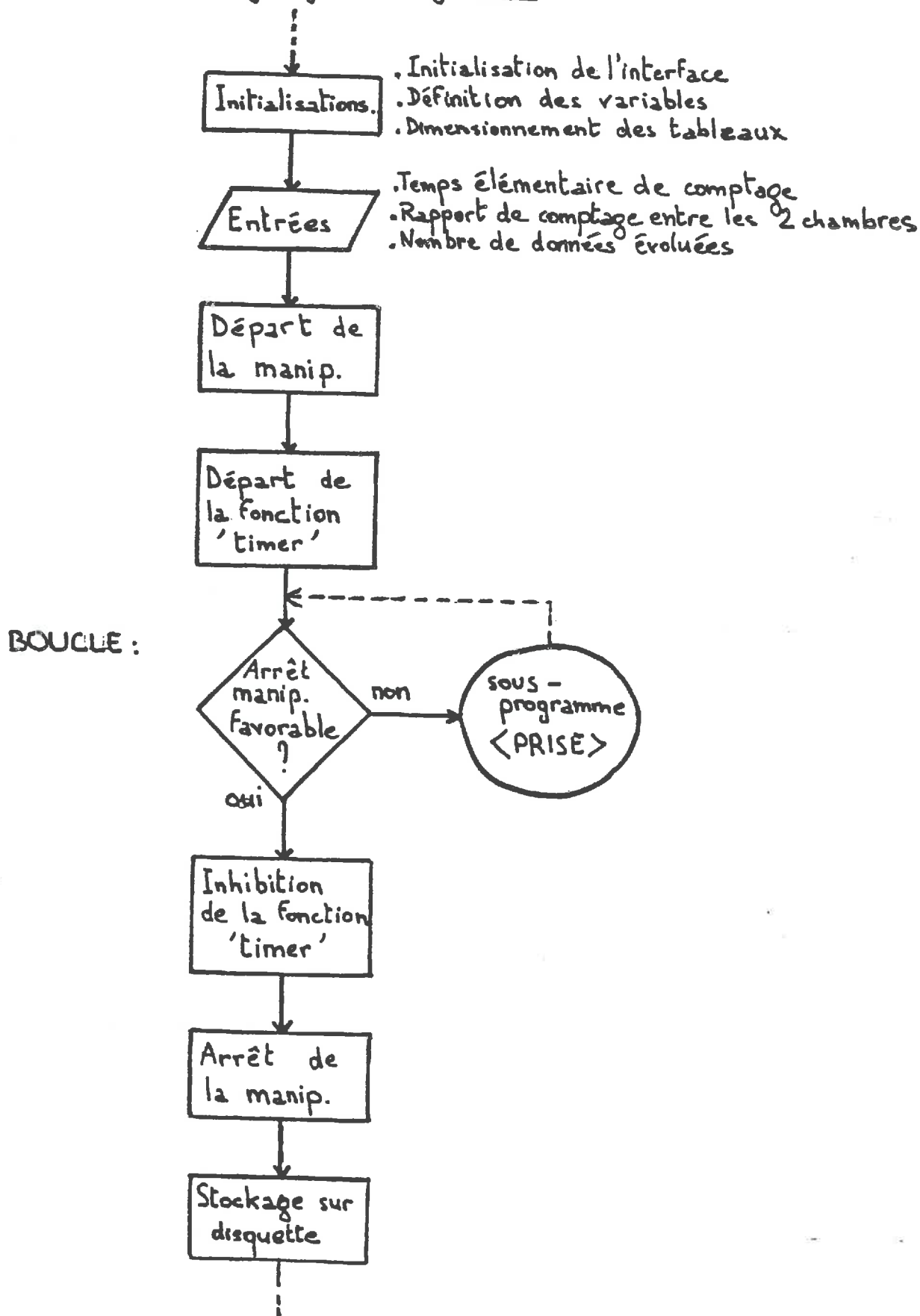
Dans cette partie sont présentés l'organigramme général du programme ainsi que les organigrammes présentant le détail de la manipulation proprement dite. A la suite de ceux-ci, se trouvent les listings du programme général (sans l'étalonnage, le tracé de spectres ni le prétraitement des données, effectués ultérieurement) et du programme assembleur.

Organigramme Général:



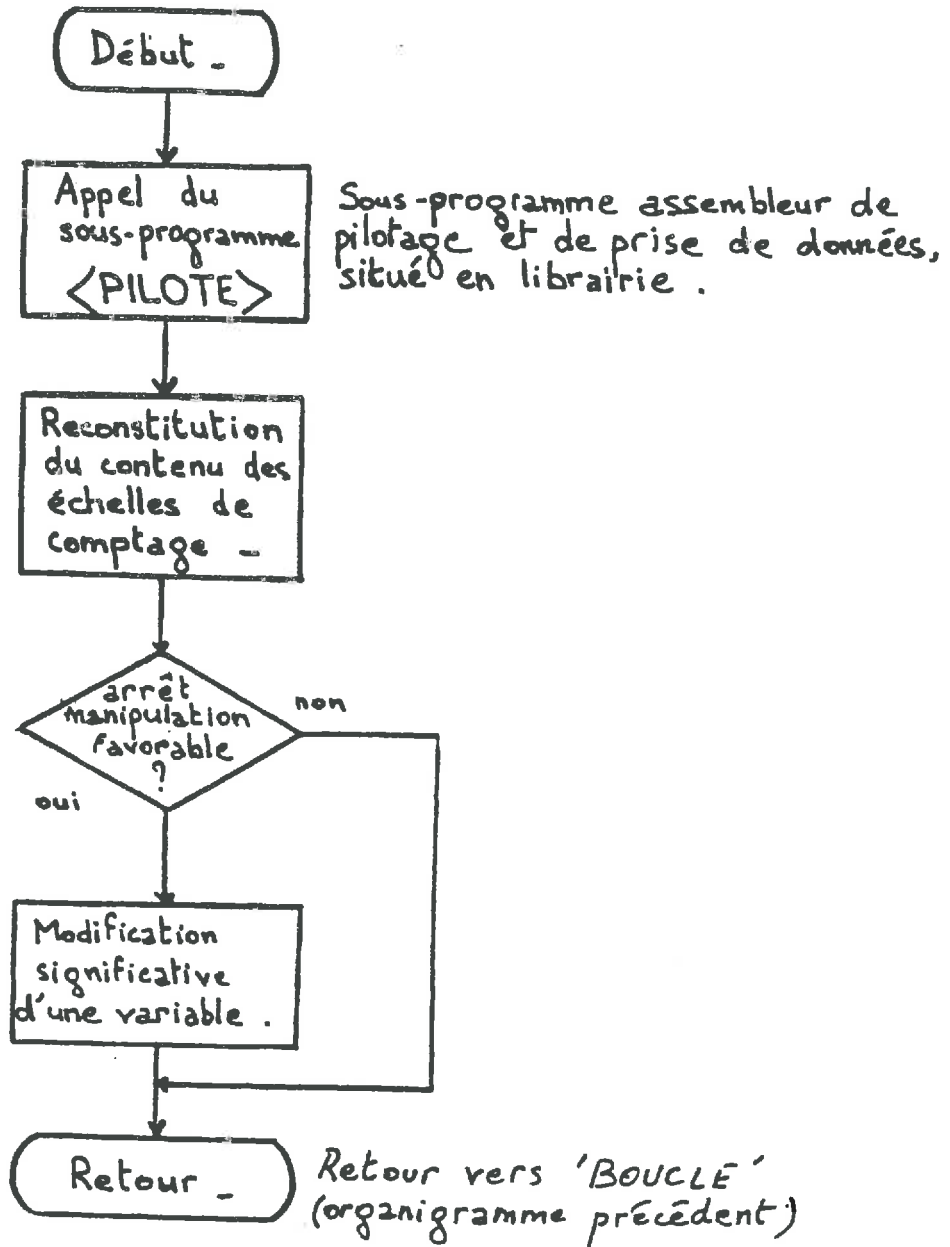
Organigrammes du programme de la manipulation.

Organigramme général :



Organigramme du sous-programme <PRISE>

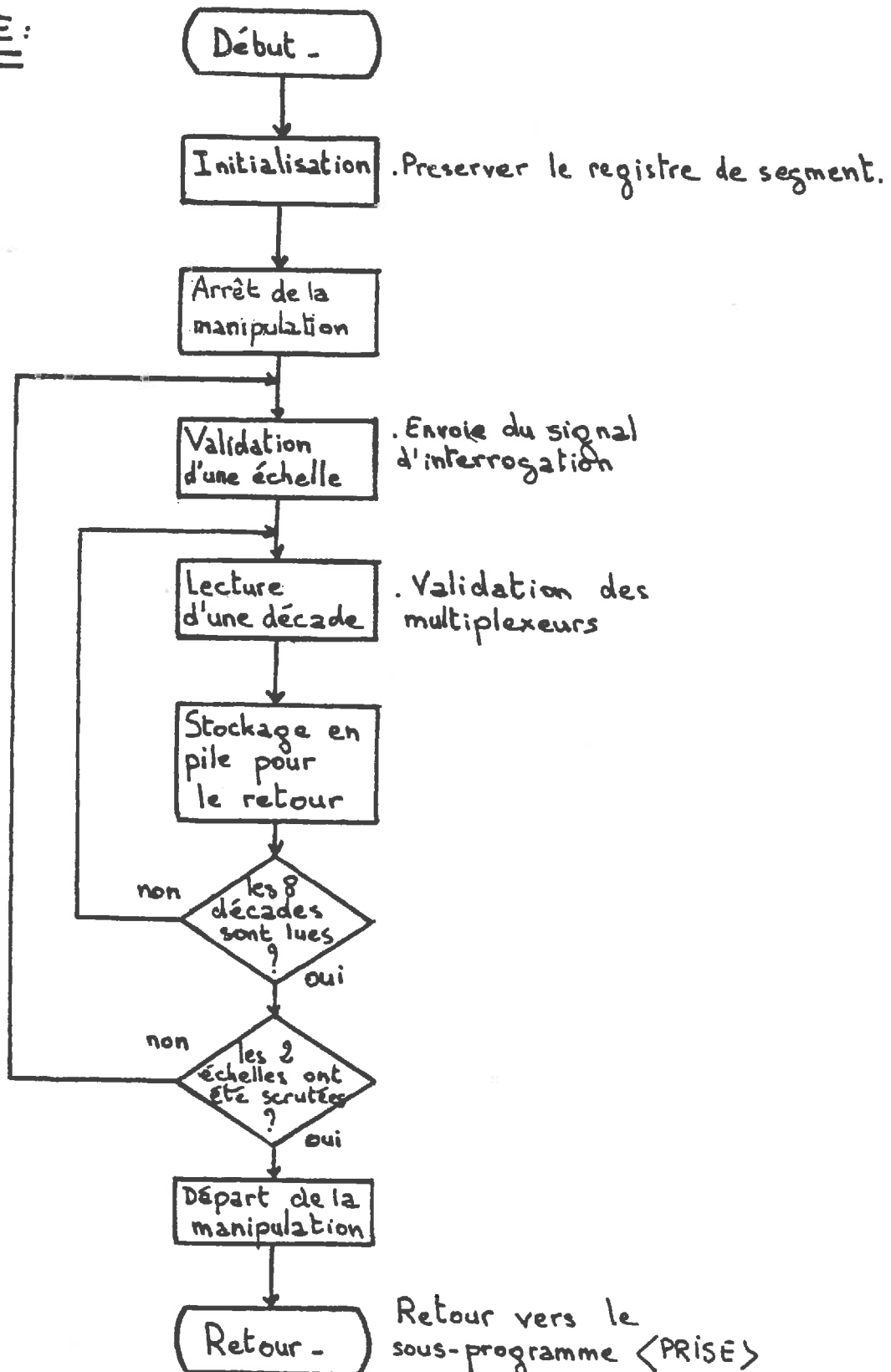
PRISE :



X

Organigramme du sous-programme <PILOTE>

PILOTE :



title Sous-programme <pilote>

page ,132

comment

```
*****
*
*   Programme de pilotage de la cellule de comptage de
*   produits radio-actifs et prise de donnees servant
*   la double determination d'un coefficient de diffusion
*   en phase gaseuse et d'une porosite libre l'air
*   accessible pour des echantillons de sol.
*
*****
*
*   Conception:  RENAULT  Pierre,
*                RICHARD  Guy,
*                BUGNET   Christophe.
*
*****
*
*   Realisation: BUGNET   Christophe.
*
*****
*
*   Creation:
*   . Ecrire le texte source dans le fichier:
*     PILOTE.ASM
*   . Assembler:
*     MASM PILOTE,PILOTE,PILOTE;
*   ce qui a pour effet de creer deux fichiers:
*     PILOTE.OBJ (texte objet),
*     et PILOTE.LST (listing du programme)
*   partir du fichier source:
*     PILOTE.ASM
*   . Ouvrir une librairie:
*     PILOTE.EXE
*   partir du programme utilitaire:
*     BUILDLIB.EXE
*
*****
*
*   Utilisation en B.A.S.I.C.:
*     CALL PILOTE (liste d'arguments)
*   Ces arguments (au nombre de 16) ne transmettent aucune
*   valeur,mais,lors du retour au B.A.S.I.C., contiendront
*   le contenu des decades.
*
*****
*
*   Remarque:
*     Toutes les constantes du programme
*
```

```
*
*          egales 0 restent definir.
*
* * * * *
```

```
= 03BC      port      equ      956 ;adresse du port
= 0000      arret1    equ      0   ;arret manip sans raz bascules passantes ech1 validee
= 0000      verrou1   equ      0   ;bascules en position memoire
                                     ;meme combinaison que ARRET1
= 0000      raz       equ      0   ;bascules transparentes + r.a.z.
= 0000      depart   equ      0   ;depart manip
= 0000      deraz     equ      0   ;inhibition de la fonction raz
= 0000      arret2    equ      0   ;identique arret1 mais validation ech2
= 0000      verrou2   equ      0   ;bascules en position memoire
                                     ;meme combinaison que ARRET2

0000        code      segment      byte      public
                                     assume cs:code

0000        pilote    public  pilote
                                     proc      far          ;la routine est une procedure LOINTAINE
                                     ;
                                     ; initialisations
                                     ;
0000 55      push     bp          ;sauvegarde du "base pointer"
0001 8B EC    mov      bp,sp      ;pointage de la pile
0003 BA 03BC  mov      dx,port
                                     ;
                                     ; pilotage et prise de donnees
                                     ;
0006 B0 00    mov      al,arret1
0008 EE      out      dx,al
0009 B0 00    mov      al,verrou1
000B EE      out      dx,al
                                     ;
000C BE 0006  mov      si,6          ; remplissage des variables de la
000F 8B 1A    empli:   mov      bx,*bp+si$     ; pile par la valeur du masque qui
0011 B8 000F  mov      ax,0fh        ; preservera le contenu des decodes
0014 89 07    mov      *bx$,ax
0016 83 C6 02  add      si,2
0019 83 FE 26  cmp      si,3B        ; saut tant qu'il reste en remplir
001C 7C F1    jl      empli
                                     ;
001E BF 0000  mov      di,0         ; depart de l'adressage des multiplex.
0021 BE 0024  mov      si,24h       ; depart en haut de la pile
0024 8B 1A    lec1:   mov      bx,*bp+si$
0026 8B C7    mov      ax,di
0028 EE      out      dx,al      ; validation des multiplexeurs
0029 83 C7 10  add      di,10h       ; changement d'adresse pour les multiplex.
002C 83 EE 02  sub      si,2         ; deplacement dans la pile
002F EC      in      al,dx      ; lecture d'une decade
0030 21 07    and      *bx$,ax     ; stockage en pile
```

```

0032 81 FF 0080      cmp     di,128      ; test:reste-t-il des decade lire ?
0036 7C EC          jl      lec1       ; retour si reponse affirmative
;
0038 B0 00          mov     al,arret2
003A EE           out     dx,al
003B B0 00          mov     al,verrou2
003D EE           out     dx,al
;
003E BF 0000          mov     di,0        ; depart des adresses des multiplex.
0041 8B 1A          lec2:  mov     bx,"bp+si"
0043 8B C7          mov     ax,di
0045 EE           out     dx,al      ; validation des multiplexeurs
0046 83 C7 10       add     di,10h     ; changement d'adresse
0049 83 EE 02       sub     si,2       ; deplacement dans la pile
004C EC           in      al,dx      ; lecture d'une decade
004D 21 07          and     "bx",ax    ; stockage en pile
004F 81 FF 0080     cmp     di,128     ; test
0053 7C EC          jl      lec2       ; retour s'il reste des decade lire
;
0055 B0 00          mov     al,raz
0057 EE           out     dx,al
0058 B0 00          mov     al,deraz
005A EE           out     dx,al
005B B0 00          mov     al,depart
005D EE           out     dx,al
005E 5D           pop     bp         ; restauration du BASE POINTEUR
005F CA 0020       ret     32         ; retour au programme B.A.S.I.C.
; et nettoyage de la pile

0062          pilote  endp

0062          code   ends

end

```

The Microsoft MACRO Assembler
Sous-programme <pilote>

06-24-87

PAGE

Symbols-1

Segments and groups:

Name	Size	align	combine	class
CODE	0062	BYTE		PUBLIC

Symbols:

Name	Type	Value	Attr	
ARRET1	Number	0000		
ARRET2	Number	0000		
DEPART	Number	0000		
DERAZ.	Number	0000		
EMPLI.	L NEAR	000F	CODE	
LEC1	L NEAR	0024	CODE	
LEC2	L NEAR	0041	CODE	
PILOTE	F PROC	0000	CODE	Global Length =0062
PORT	Number	03BC		
RAZ.	Number	0000		
VERROU1.	Number	0000		
VERROU2.	Number	0000		

Warning Severe
Errors Errors
0 0

```

REM ***** PROGRAMME DE PRESENTATION / VERSION 2.0 *****
REM ***** CONCEPTION ET REALISATION DE : BURNET Christophe *****
REM ***** REALISATION DE : RICHARD Guy *****

beep
a=3
debut:
  locate a,5
  print string$(70,205);
  a=a+1
  locate a,5
  a=a+1
  print string$(70,"*");
  if a<9 then goto debut
  if a>14 and a<20 then goto debut
  if a>=20 then goto suite

  locate 10,8:print "AUTOMATISATION DE LA CELLULE DE COMPTAGE DE PRODUITS RADIO-ACTIFS"
  locate 11,20:print "Pilotage et Prise de Donnees"
  locate 12,15:print "Conception et Realisation de : BURNET Christophe"
  locate 13,15:print "RICHARD Guy"
  locate 14,15:print "*****"

  if a=9 then a=15
  if a=15 then goto debut
end

suite:
  beep
  locate 22,8:print "Pour continuer, appuyer sur une touche . . ."
  s1:
    if inkey="" then goto s1

REM ***** ELABORATION DU MENU *****
REM ***** *****
REM ***** *****

cls
locate 1,5:print string$(70,"*")
a#=string$(10,"*"):b#=string$(50,32)
for i=2 to 6
  locate i,5:print a#+b#+a#
next
locate 7,5:print string$(70,"*")
locate 4,20:print "POSSIBILITES DU PROGRAMME :";
locate 10,20:print "Eetalonnage de la cellule (choix nx1)"
locate 11,20:print "Manipulation (choix nx2)"
locate 12,20:print "Trace de spectres (choix nx3)"
choix1:
locate 16,15:print string$(40,32)
locate 16,15:input "Faites votre choix (1,2 ou 3)",choix
on choix goto etal,manip,spectre
if choix<>1 or choix<>2 or choix<>3 then goto choix1
end
etal:
  cls
  print "etalonnage"
  end

manip:
REM ***** SOUS-PROGRAMME DE MANIPULATION *****
REM ***** *****
REM ***** *****

REM INITIALISATIONS:
cls
option base 1
comp=0 : a=0
dim cu%(8) : dim cd%(8)
dim cpu#(3000) : dim cpd#(3000) 'contenu des decades
'donnees brutes

locate 5,10:print "ENTREZ LE NOMBRE DE DONNEES EVOLUEES QUE VOUS DESIREZ"
locate 7,40:input " NB = ";nb

cls
'Initialisation du temps de comptage elementaire :
locate 5,10:print "ENTREZ LE TEMPS ELEMENTAIRE DE COMPTAGE "en sec$ : "
locate 7,40:input " TE = ";te

'Initialisation du rapport de comptage des deux chambres
'en fin de manipulation :
locate 10,10:print "ENTREZ LE RAPPORT DE COMPTAGE EN FIN DE MANIP "
locate 12,3:print "
locate 13,3:print " RAPPORT = "
locate 14,3:print "
locate 13,40:input " RAP = ";rap

```

```

REM *****
R.A.Z=0:DEPART=255
out 956,R.A.Z 'constante de remise zero definir

locate 18,15:print"MANIPULATION EN COURS . . ."
signal:
FOR T=1 TO 3:BEEP :FOR TT=1 TO 5000:NEXT TT:NEXT T

out 956,DEPART 'constante de dpart definir

REM Toutes les "TE" secondes,il y aura une
REM deviation vers le sous-programme <PRISE>

REM Bouclage tant que les mesures ne donnent pas un
REM rapport de comptage inferieur ou egal "RAP" :

STOP1=15:STOP2=240

timer on 'depart de la fonction TIMER
on timer (te) gosub prise 'depart du comptage

boucle:
if comp < 10 then goto boucle 'on boucle
timer off 'sinon : arret de la fonction TIMER
out 956,STOP1 'arret manip
out 956,STOP2 'arret manip

REM les 2 valeurs de STOP1 & STOP2 ont t definies pour les tests.
REM pour l'xcution,STOP2 disparaitra et STOP1 sera definie
REM ulterieurement.

REM *****
cls
locate 5,20:print"VOULEZ-VOUS : "
locate 10,15:print"Retourner au premier menu (choix nx1)"
locate 12,15:print"Effectuer le traitement des donnees brutes (choix nx2)"
locate 14,15:print"Arreter le programme (choix nx3)"
locate 18,20:input"FAITES VOTRE CHOIX : ";ch2
on ch2 goto suite,trait,fin

trait:

REM ***** PROGRAMME DE TRAITEMENT *****
REM *****
REM *** Programme de traitement ayant plusieurs
REM roles :
REM . lissage polynomial des points experimentaux ;
REM . pondration des donnees brutes pour en tirer
REM des donnees volues en fonction du lissage ;
REM . correction des donnees volues en fonction
REM de l'talonnage ;
REM . predetermination du coefficient de diffusion D
REM et de porosite libre E .
REM *** Puis construction de plusieurs fichiers
REM contenant :
REM . les caracteristiques du sol (origines et
REM predeterminations) ;
REM . les donnees brutes ;
REM . les donnees volues .

fin:
end

REM Sous-programme de la manipulation;le temps minimum TE
REM introduit par l'utilisateur sera superieur la duree
REM d'xcution du sous-programme <PRISE>

prise:
call pilote (cu%(1),cu%(2),cu%(3),cu%(4),cu%(5),cu%(6),cu%(7),cu%(8),cu%(9),cd%(1),cd%(2),cd%(3),cd%(4),
a = a + 1:cpu#(a)=0:cpd#(a)=0
for i = 1 to 8
j = i - 1
cpu#(a) = cpu#(a) + cu%(i) * 10^j
cpd#(a) = cpd#(a) + cd%(i) * 10^j
next:r=rap+1
if cpd#(a) <> 0 then r = cpu#(a)/cpd#(a)
if r < rap then comp = comp + 1 else let comp = 0

return

end

spectre:
end

```



```
REM Sous-programme de la manipulation: le temps minimum TE  
REM introduit par l'utilisateur sera supérieur la dure  
REM d'execution du sous-programme (PRISE)
```

```
prise:
```

```
call pilote (cu%(1),cu%(2),cu%(3),cu%(4),cu%(5),cu%(6),cu%(7),cu%(8),cu%(9),cd%(1),cd%(2),cd%(3),cd%(4),cd%(5),cd%(6),cd%(7),cd%(8))  
a = a + 1:cpu#(a)=0:cpd#(a)=0  
for i = 1 to 9  
  j = i - 1  
  cpu#(a) = cpu#(a) + cu%(i) * 10^j  
  cpd#(a) = cpd#(a) + cd%(i) * 10^j  
next i: r = a + 1  
if cpd#(a) <= 0 then r = cpu#(a)/cpd#(a)  
if r < rap then comp = comp + 1 else let comp = 0
```

```
return
```

```
end
```

```
spectre:  
end
```

CONCLUSION

Cette étude bien qu'inachevée à l'issu de ce stage, a néanmoins permis de progresser de manière importante en vue de l'automatisation. Deux gros problèmes ont pu être résolus :

- la réduction des 50 broches de la cellule de comptage, via l'interface, pour aboutir à 8 broches utilisables ;
- l'établissement des organigrammes et du programme assembleur, à partir desquels nous pourrons aboutir au pilotage et au découpage optimal des données.

Nous avons pu obtenir ce résultat en suivant une démarche générale qui peut se résumer de la manière suivante :

- la prise de contact avec les utilisateurs et avec la machine en vue de voir ce qui est désiré et ce qui peut être réalisé ;
- la recherche du système répondant le mieux au but que l'on s'est fixé.

Puis, une fois le système choisi, sachant qu'il est compatible avec le but recherché, nous avons pu passer à la réalisation pratique, au cours de laquelle de nouveaux problèmes, indépendants de notre volonté, sont apparus. Ils consistaient, par exemple, à :

- trouver de la documentation correcte et détaillée,
- trouver le spécialiste susceptible de nous aider ;
- résoudre des problèmes de fiabilité et de fonctionnement du matériel acheté.

Ces quelques points précis définissent assez bien, dans leur ensemble, les problèmes qui doivent se poser dans toute automatisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BALL B.C., HARRIS W. and BURFORD J.R., 1981 - A laboratory method to measure gas diffusion and flow in soil and other porous materials. *Journal of Soil Science*, 32, 323-333.

BRUCKLER L., BALL B.C. and RENAULT P., 1987 - Gaseous diffusion coefficient and available porosity in soil samples using Krypton-85 tracer and a finite element calculation method. Document interne.

FONTAINE A.B., 1984 - Le microprocesseur 16 bits 8086/8088. Masson (2ème édition).

FRIEDLANGER G. et KENNEDY J.W., 1960 - Chimie nucléaire et radiochimie. Dunod, Paris, 261-281.

GEOFFRION B., 1984 - 8086/8088 : Programmation en langage assembleur. Editions Radio.

NOUGIER J.P., 1983 - Méthodes de calcul numérique. Masson, 144-149.

PIETTE F., 1985 - Le livre du MS/PC ~ DOS. Editions Bow Ton (Belgique).

RECTOR R., ALEXY G., 1979 - The 8086 book. OSBORNE/McGraw-Hill.

ANNEXE I

Description probabiliste du processus radioactif

Soient n molécules de Krypton-85. Pendant un intervalle de temps Δt , chaque molécule a une probabilité p de se désintégrer avec émission d'un électron. p est proche de 0 et la désintégration d'une molécule peut être considérée comme un évènement indépendant des états des autres atomes de Krypton.

Pendant le temps Δt , la probabilité que r molécules se désintègrent est donc égal à :

$$W(r) = \frac{n!}{(n-r)! r!} p^r (1-p)^{n-r}$$

r suit une loi binomiale. On a, bien sûr, $E(r) = np$ et $V(r) = np(1-p) \approx np$ car p est voisin de 0.

Pour n très grand, np ayant une valeur finie et pour r toujours très petit devant n , il est possible de montrer que la loi binomiale définie précédemment tend vers une distribution normale (ou de Gauss).

Pour ceci, on définit U et $p(U)$ tels que :

$$U = \frac{r - np}{\sqrt{np(1-p)}}$$

$$P(U) = W(r) \cdot \sqrt{np(1-p)}$$

P ne correspond pas à une probabilité, mais à la fonction de densité associée à U .

Le terme $\sqrt{np(1-p)}$ intervenant au dénominateur de U , il intervient donc au numérateur de P car :

$$W(r) dr = P(U) dU$$

Sur le plan théorique, dr doit prendre la valeur 1 et dU la valeur $1/\sqrt{np(1-p)}$. On peut alors écrire :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial U} &= \frac{\partial P}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial U} \\ &= [W(r+1) - W(r)] \cdot \sqrt{np(1-p)} \cdot \sqrt{np(1-p)} \end{aligned}$$

Le calcul nous donnerait alors :

$$\frac{\partial P}{\partial U} = P(U) \cdot \frac{\frac{(1-p)}{\sqrt{np(1-p)}} - \frac{-U}{\sqrt{np(1-p)}}}{\frac{(1-p)}{\sqrt{np(1-p)}} + 1 + \frac{U(1-p)}{\sqrt{np(1-p)}}}$$

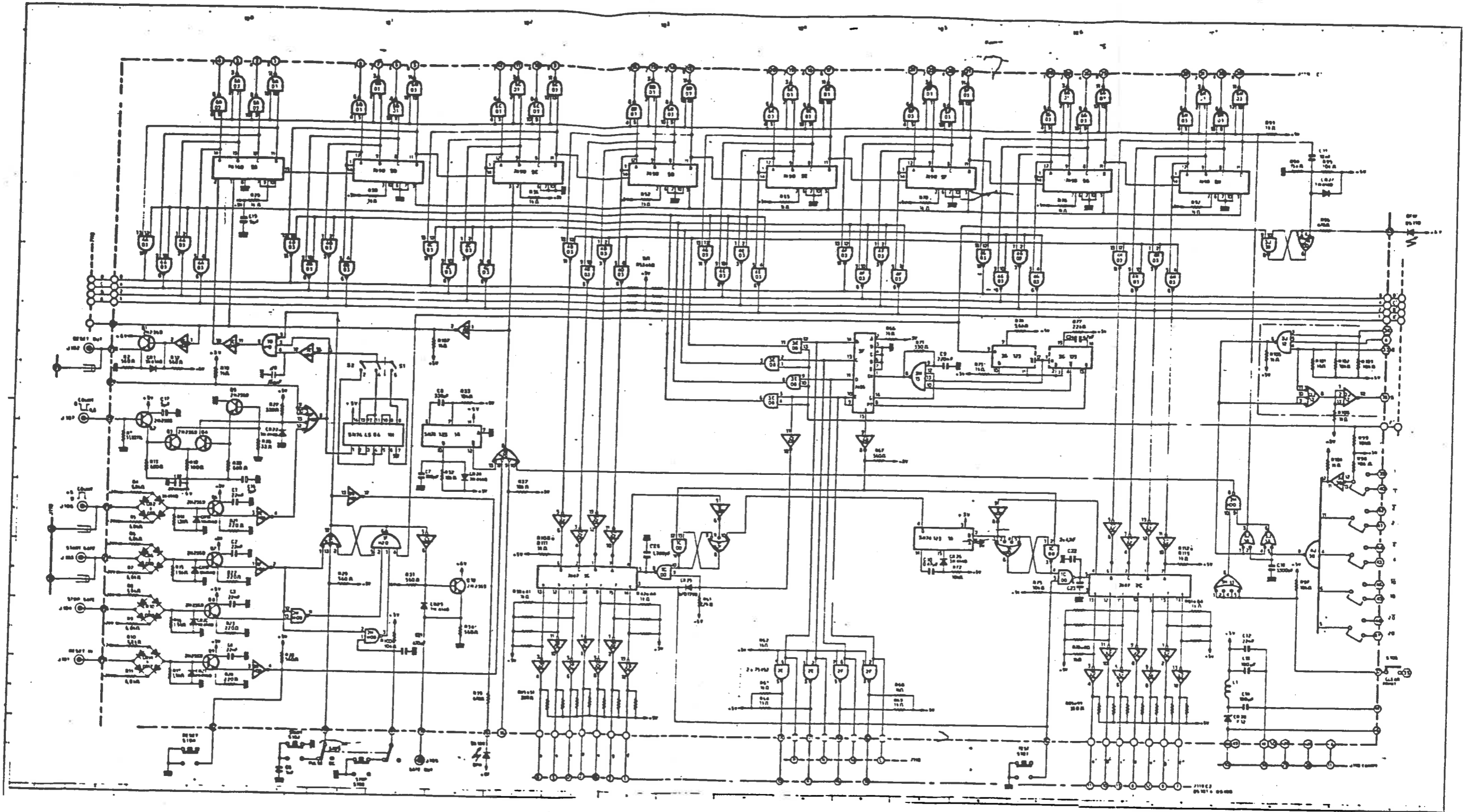
soit $\frac{\partial P}{\partial U} \approx -Up(U)$

On en déduit : $P(U) = \text{constante} \cdot e^{\frac{-U^2}{2}}$ et : $\text{constante} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$ car $P(U) dU = 1$. V suit donc une loi normale $N(0,1)$.

Vu le lien entre U et r , on peut dire que r suit une distribution normale d'espérance $M = np$ et d'écart-type égal à la racine carrée de cette espérance.

ANNEXE II

Schéma interne des échelles de comptage



ANNEXE III

Ajustement polynomial selon un critère des moindres carrés

Soit le polynome g tel que :

$$g(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$$

Soient les couples de réels (x_k, y_k) avec k compris entre 1 et m .

Si $g(x)$ est un estimateur de y , on peut définir R^2 tel que :

$$R^2 = \sum_{k=1}^m \left[y_k - \left(\sum_{i=0}^n a_i x_k^i \right) \right]^2$$

R^2 est la somme des carrés des écarts entre les y et leur estimation $g(x)$.

On cherche les a_i tels que R^2 soit minimal. Sachant que R^2 peut être considéré comme un polynome du 2ème degré par rapport à tout a_i et qu'il tend vers $+\infty$ quand a_i tend vers $\pm\infty$, il faut et il suffit que :

$$\frac{\partial R^2}{\partial a_i} = 0 \quad \forall i \in \{0, 1, \dots, n\}$$

On peut écrire :

$$\frac{\partial R^2}{\partial a_i} = \sum_{k=1}^m 2 \left[y_k - \left(\sum_{j=0}^n a_j x_k^j \right) \right] \times (-x_k^i) \quad \forall i \in \{0, 1, \dots, n\}$$

On en déduit :

$$\left(\sum x_k^i \right) a_0 + \left(\sum x_k^{i+1} \right) a_1 + \dots + \left(\sum x_k^{i+n} \right) a_n = \sum_{k=1}^m x_k^i y_k$$
$$\forall i \in \{0, 1, \dots, n\}$$

La recherche des a_i revient donc à résoudre un système de $n+1$ équations à $n+1$ inconnues. Pratiquement, n ne doit pas être trop élevé. Dans le cas inverse, les différences très importantes, qui existent entre les coefficients du système linéaire, donneraient des résultats sans signification.

Appliqué au comptage de la chambre d'injection, x représente la variable temps (t) et y le comptage de celle-ci (C_1). A cause de la remarque faite précédemment, nous limitons n à trois.

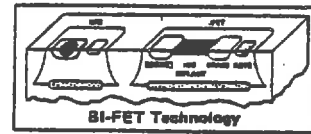
Dans ce cas, le système linéaire à résoudre peut s'écrire sous la forme de l'égalité matricielle suivante :

$$\begin{bmatrix} m & \sum t_k & \sum t_k^2 & \sum t_k^3 \\ \sum t_k & \sum t_k^2 & \sum t_k^3 & \sum t_k^4 \\ \sum t_k^2 & \sum t_k^3 & \sum t_k^4 & \sum t_k^5 \\ \sum t_k^3 & \sum t_k^4 & \sum t_k^5 & \sum t_k^6 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum C_{1k} \\ \sum t_k C_{1k} \\ \sum t_k^2 C_{1k} \\ \sum t_k^3 C_{1k} \end{pmatrix}$$

Le système peut être résolu de plusieurs façons. Pratiquement, nous utilisons la méthode de Gauss avec permutation de lignes et de colonnes afin de limiter les erreurs d'arrondis.

ANNEXE IV

Caractéristiques des composants essentiels



LF11508/LF13508 8-Channel Analog Multiplexer
LF11509/LF13509 4-Channel Differential Analog Multiplexer

General Description

The LF11508/LF13508 is an 8-channel analog multiplexer which connects the output to 1 of the 8 analog inputs depending on the state of a 3-bit binary address. An enable control allows disconnecting the output, thereby providing a package select function.

This device is fabricated with National's BI-FET technology which provides ion-implanted JFETs for the analog switch on the same chip as the bipolar decode and switch drive circuitry. This technology makes possible low constant "ON" resistance with analog input voltage variations. This device does not suffer from latch-up problems or static charge blow-out problems associated with similar CMOS parts. The digital inputs are designed to operate from both TTL and CMOS levels while always providing a definite break-before-make action.

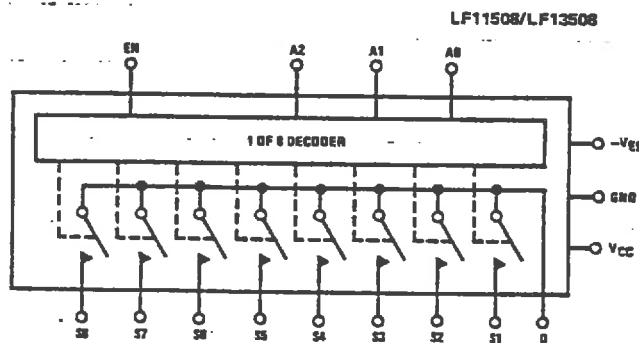
The LF11509/LF13509 is a 4-channel differential analog multiplexer. A 2-bit binary address will connect a pair

of independent analog inputs to one of any 4 pairs of independent analog outputs. The device has all the features of the LF11508 series and should be used whenever differential analog inputs are required.

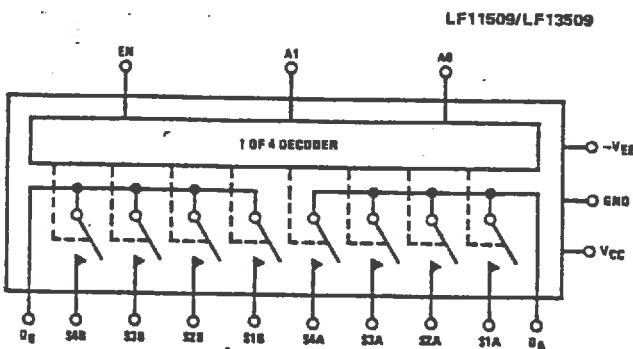
Features

- JFET switches rather than CMOS
- No static discharge blow-out problem
- No SCR latch-up problems
- Analog signal range 11V, -15V
- Constant "ON" resistance for analog signals between -11V and 11V
- "ON" resistance 380-Ω typ
- Digital inputs compatible with TTL and CMOS
- Output enable control
- Break-before-make action: $t_{OFF} = 0.2 \mu s$; $t_{ON} = 2 \mu s$ typ
- Lower-leakage devices available

Functional Diagrams and Truth Tables



EN	A2	A1	A0	SWITCH ON
H	L	L	L	S1
H	L	L	H	S2
H	L	H	L	S3
H	L	H	H	S4
H	H	L	L	S5
H	H	L	H	S6
H	H	H	L	S7
H	H	H	H	S8
L	X	X	X	NONE



EN	A1	A0	SWITCH PAIR ON
L	X	X	None
H	L	L	S1
H	L	H	S2
H	H	L	S3
H	H	H	S4

LF11508/LF13508, LF11509/LF13509



Absolute Maximum Ratings

	LF11508, LF11509	LF13508, LF13509
Positive Supply – Negative Supply ($V_{CC} - V_{EE}$)	36V	36V
Positive Analog Input Voltage (Note 1)	V_{CC}	V_{CC}
Negative Analog Input Voltage (Note 1)	$-V_{EE}$	$-V_{EE}$
Positive Digital Input Voltage	V_{CC}	V_{CC}
Negative Digital Input Voltage	$-5V$	$-5V$
Analog Switch Current	$ I_S < 10\text{ mA}$	$ I_S < 10\text{ mA}$
Power Dissipation (P_D at 25°C) and Thermal		
Resistance (θ_{JA}), (Note 2)		
Molded DIP (N)	P_D	500 mW
	θ_{JA}	150°C/W
Cavity DIP (D)	P_D	900 mW
	θ_{JA}	100°C/W
Maximum Junction Temperature (T_{JMAX})	150°C	100°C
Operating Temperature Range	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	-65°C to $+150^\circ\text{C}$	-65°C to $+150^\circ\text{C}$
Lead Temperature (Soldering, 60 seconds)	300°C	300°C

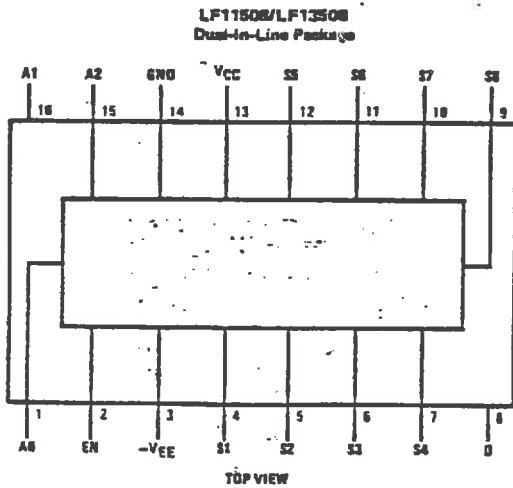
Electrical Characteristics (Note 3)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	LF11508, LF11509			LF13508, LF13509			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
R_{ON}	"ON" Resistance	$V_{OUT} = 0V, I_S = 100\ \mu A$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		380	500	380	650	Ω
					600	750	500	850	Ω
ΔR_{ON}	ΔR_{ON} with Analog Voltage Swing	$-10V \leq V_{OUT} \leq +10V, I_S = 100\ \mu A$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.01	1	0.01	1	%
$R_{ON\ Match}$	R_{ON} Match Between Switches	$V_{OUT} = 0V, I_S = 100\ \mu A$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		20	100	20	150	Ω
$I_S(OFF)$	Source Current in "OFF" Condition	Switch "OFF", $V_S = 11V, V_D = -11V$, (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$			1		5	nA
					10	50	0.09	50	nA
$I_D(OFF)$	Drain Current in "OFF" Condition	Switch "OFF", $V_S = 11V, V_D = -11V$, (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$			10		20	nA
					25	500	0.6	500	nA
$I_D(ON)$	Leakage Current in "ON" Condition	Switch "ON" $V_D = 11V$, (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$			10		20	nA
					35	500	1	500	nA
V_{INH}	Digital "1" Input Voltage				2.0		2.0		V
V_{INL}	Digital "0" Input Voltage					0.7		0.7	V
I_{INL}	Digital "0" Input Current	$V_{IN} = 0.7V$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.5	20	1.5	30	μA
						40		40	μA
$I_{INL(EN)}$	Digital "0" Enable Current	$V_{EN} = 0.7V$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.2	20	1.2	30	μA
						40		40	μA
t_{TRAN}	Switching Time of Multiplexer	(Figure 1), (Note 5)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		2.0	3	1.8		μs
t_{OPEN}	Break-Before-Make	(Figure 3)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.6		1.6		μs
$t_{ON(EN)}$	Enable Delay "ON"	(Figure 2)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.6		1.6		μs
$t_{OFF(EN)}$	Enable Delay "OFF"	(Figure 2)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.2		0.2		μs
$ISO(OFF)$	"OFF" Isolation	(Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		-86		-86		dB
CT	Crosstalk	LF11509 Series, (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		-86		-86		dB
$C_S(OFF)$	Source Capacitance ("OFF")	Switch "OFF", $V_{OUT} = 0V, V_S = 0V$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		2.2		2.2		pF
$C_D(OFF)$	Drain Capacitance ("OFF")	Switch "OFF", $V_{OUT} = 0V, V_S = 0V$	$T_A = 25^\circ\text{C}$		11.4		11.4		pF
I_{CC}	Positive Supply Current	All Digital Inputs Grounded	$T_A = 25^\circ\text{C}$		7.4	10	7.4	12	mA
					9.2	13	7.9	15	mA
I_{EE}	Negative Supply Current	All Digital Inputs Grounded	$T_A = 25^\circ\text{C}$		2.7	4.5	2.7	5	mA
					2.9	5.5	2.8	6	mA

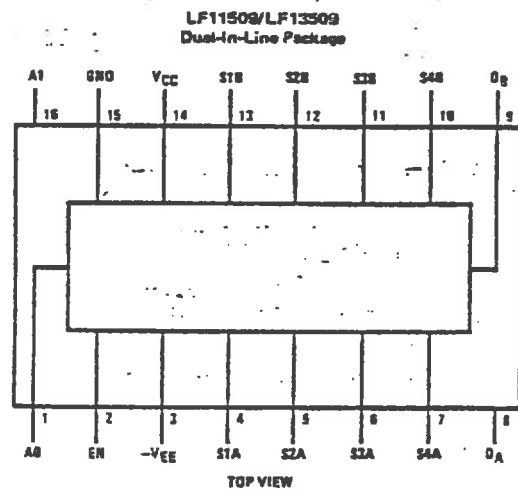
Notes

- Note 1: If the analog input voltage exceeds this limit, the input current should be limited to less than 10 mA.
- Note 2: The maximum power dissipation for these devices must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{jMAX} , θ_{JA} , and the ambient temperature, T_A . The maximum available power dissipation at any temperature is $P_D = (T_{jMAX} - T_A) / \theta_{JA}$ or the 25°C $P_{D(MAX)}$, whichever is less.
- Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm 15V$ and over the absolute maximum operating temperature range ($T_L \leq T_A \leq T_H$) unless otherwise noted.
- Note 4: Conditions applied to leakage tests insure worse case leakages. Exceeding 11V on the analog input may cause an "OFF" channel to turn "ON".
- Note 5: Lots are sample tested to this parameter. The measurement conditions of Figure 1 insure worse case transition time.
- Note 6: "OFF" isolation is measured with all switches "OFF" and driving a source. Crosstalk is measured with a pair of switches "ON", driving channel A and measuring channel B. $R_L = 200$, $C_L = 7$ pF, $V_S = 3$ Vrms, $f = 500$ kHz.

Connection Diagrams



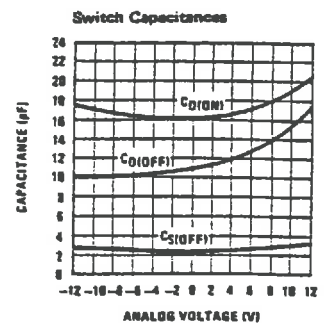
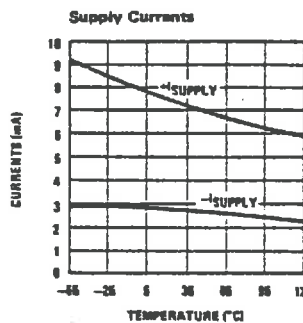
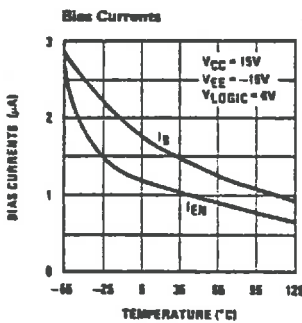
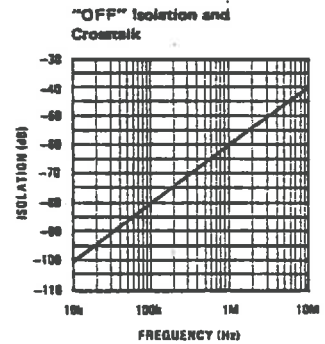
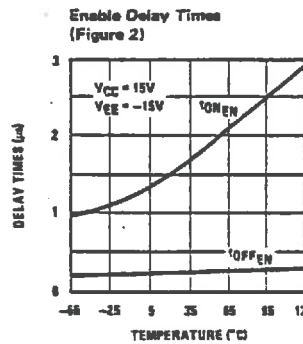
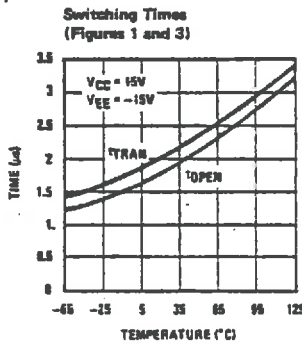
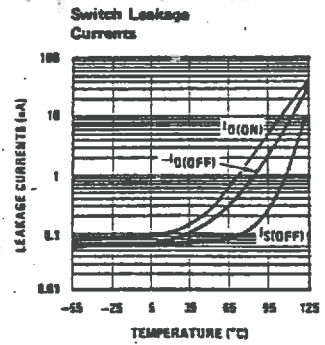
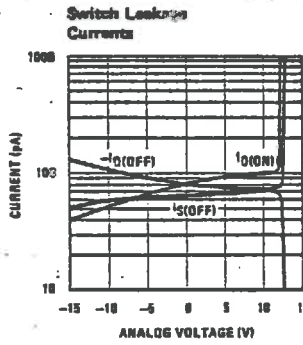
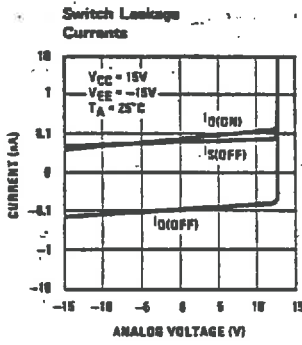
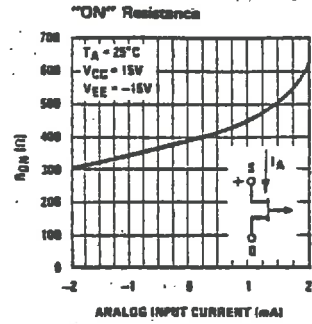
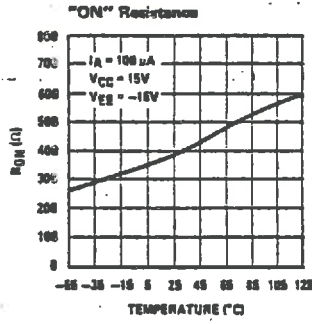
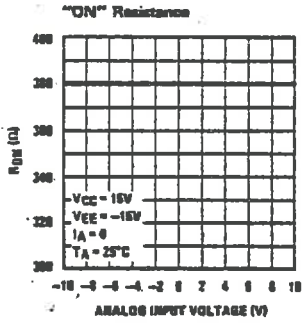
Order Number LF11508D or LF13508D
See NS Package Q16C
Order Number LF13508N
See NS Package N16A



Order Number LF11509D or LF13509D
See NS Package Q16C
Order Number LF13509N
See NS Package N16A

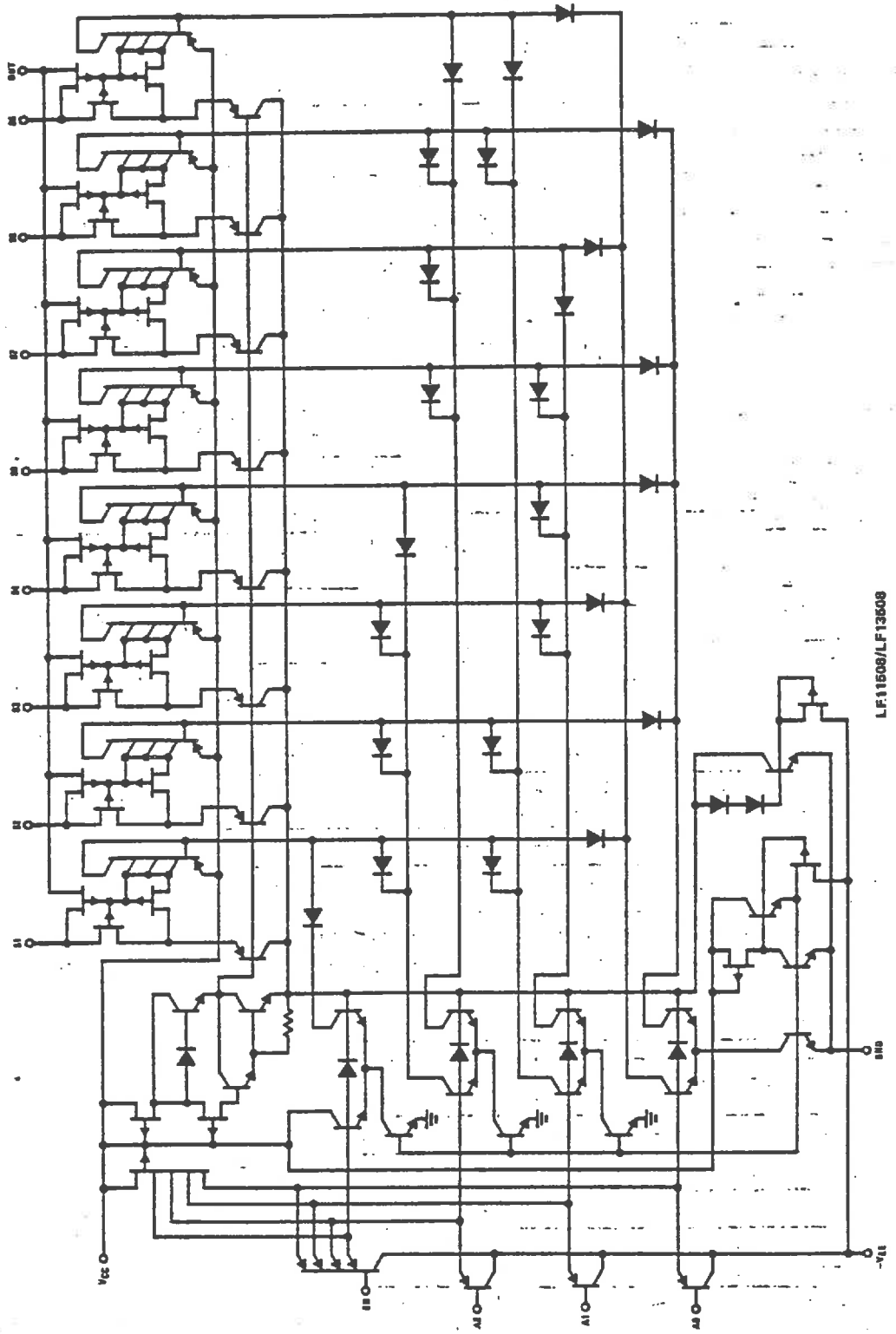


Typical Performance Characteristics



LF11508/LF13508, LF11509/LF13509

Schematic Diagrams



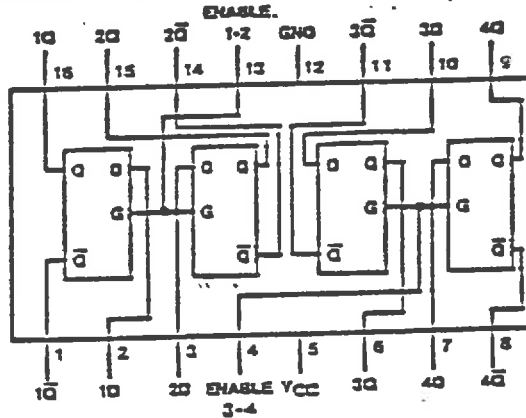
Quad Latches

General Description

These latches are ideally suited for use as temporary storage for binary information between processing units and input/output or indicator units. Information present at a data (D) input is transferred to the Q output when the enable (G) is high, and the Q output will follow the data input as long as the enable remains high. When the enable goes low, the information (that was present at the data input at the time the transition occurred) is retained at the Q output until the enable is permitted to go high.

The DM5475/DM7475, DM54L75A/DM74L75A, and DM54LS75/DM74LS75 feature complementary Q and \bar{Q} outputs from a 4-bit latch, and are available in 16-pin packages. For higher component density applications, the DM54LS77/DM74LS77 4-bit latches are available in 14-pin flat packages (only).

Connection Diagrams



5475 (J.W)
54L75A (J.W)
54LS75 (J.W)

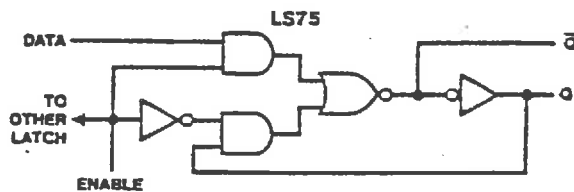
7475 (N)
74L75A (N)
74LS75 (N)

Truth Table (Each Latch)

Inputs		Outputs	
D	G	Q	\bar{Q}
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	Q_0	\bar{Q}_0

H = high level, L = low level, X = irrelevant
 Q_0 = the level of Q before the high-to-low transition of G

Logic Diagrams (Each Latch)





MSI

DM54/DM7475, L75A, LS75, LS77

Electrical Characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Parameter	Conditions	DM54/74			DM54/74			DM54/74			Units
		75			L75A			LS75, LS77			
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.8			0.7			0.8	V
V _I	Input Clamp Voltage			0.8			0.7			0.8	V
				-1.5			N/A			N/A	V
				-400			N/A			-1.5	μA
I _{OH}	High Level Output Current			-400			-200			-400	μA
V _{OH}	High Level Output Voltage										V
				2.4			2.4			2.5	3.5
				3.4			3.4			2.7	3.5
I _{OL}	Low Level Output Current			16			2			4	mA
				16			3.6			8	
V _{OL}	Low Level Output Voltage									0.25	0.4
				0.2			0.3			0.25	0.4
				0.4			0.4			0.35	0.5
I _I	Input Current at Maximum Input Voltage			1			0.2				mA
				1			0.4			0.1	
										0.4	
I _{IH}	High Level Input Current			80			20				μA
				80			40				
										20	
										80	
I _{IL}	Low Level Input Current			-3.2			-0.36			-0.4	mA
				-3.2			-0.72			-1.6	
I _{OS}	Short Circuit Output Current			-55			-15			-100	mA
				-16			-15			-100	
I _{CC}	Supply Current									6.3	12
										6.9	13
										6.3	12
										6.9	13



MSI

DM54/DM7475, L75A, LS75, LS77

Switching Characteristics VCC = 5 V, TA = 25°C

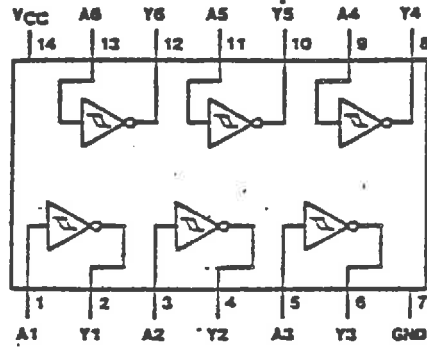
Parameter	From (Input)	To (Output)	DM54/74				DM54/74				DM54/74				Units
			75		L75A		LS75		LS77		LS75		LS77		
			Conditions	Min	Typ	Max	Conditions	Min	Typ	Max	Conditions	Min	Typ	Max	
tPLH Propagation Delay Time, Low-to-High Level Output	D	Q	CL = 15 pF RL = 400 Ω	16	18	30	CL = 15 pF RL = 2 kΩ	55	55	100	CL = 15 pF RL = 2 kΩ	15	15	27	ns
				14	14	25		18	18	30		9	9	17	
tPHL Propagation Delay Time, High-to-Low Level Output	D	Q	CL = 15 pF RL = 400 Ω	7	7	15	CL = 15 pF RL = 2 kΩ	50	50	100	CL = 15 pF RL = 2 kΩ	14	14	25	ns
				24	24	40		10	10	20		13	13	25	
tPLH Propagation Delay Time, Low-to-High Level Output	G	Q	CL = 60 pF RL = 4 kΩ	16	16	30	CL = 60 pF RL = 2 kΩ	60	60	100	CL = 60 pF RL = 2 kΩ	15	15	27	ns
				7	7	15		14	14	25		19	19	30	
tPHL Propagation Delay Time, High-to-Low Level Output	G	Q	CL = 60 pF RL = 4 kΩ	7	7	15	CL = 60 pF RL = 2 kΩ	48	48	100	CL = 60 pF RL = 2 kΩ	16	16	30	ns
				16	16	30		7	7	15		18	18	30	
tW Width of Enabling Pulse				20	20			100	100			20	20		ns
				20	20			20	20			20	20		
				5	5			0	0			0	0		
tSETUP Setup Time				20	20			100	100			20	20		ns
tHOLD Hold Time				5	5			25	25			0	0		ns

Note 1: All typical values are at VCC = 5 V, TA = 25°C.
 Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and for the DM54LS/74LS duration of short circuit should not exceed one second.
 Note 3: ICC is tested with all inputs grounded and all outputs open.



14 Hex Schmitt Triggers

$Y = \bar{A}$



5414 (J,W)
54LS14 (J,W)

7414 (N)
74LS14 (N)

See page 5-16

Switching Characteristics at $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Device	Conditions	t_{PLH} (ns) Propagation Delay Time, Low-To-High Level Output			t_{PHL} (ns) Propagation Delay Time, High-To-Low Level Output		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
13	$C_L = 15\text{ pF}$, $R_L = 400\ \Omega$		18	27		15	22
14, 132			15	22		15	22
LS13, LS14, LS132	$C_L = 15\text{ pF}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$	5	15	22	5	15	22
	$C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$	8	18	25	10	21	33



Electrical Characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

Parameter	Conditions	DM54/74						DM54/74						DM54/74						Units	
		13		14		132		13		14		132		LS13, LS14, LS132		LS13, LS14, LS132					
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max		
V _{T+}	Positive-Going Threshold Voltage V _{CC} = 5 V	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.4	1.6	1.9				V	
V _{T-}	Negative-Going Threshold Voltage V _{CC} = 5 V	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	1.0				V	
V _{T+} V _{T-}	Hysteresis V _{CC} = 5 V	0.4	0.6		0.4	0.8		0.4	0.8		0.4	0.8		0.4	0.6					V	
V _I	Input Clamp Voltage V _{CC} = Min I _I = -12 mA I _I = -18 mA			-1.5			-1.5				-1.5									V	
I _{OH}	High Level Output Current			-800			-800				-800									μA	
V _{OH}	High Level Output Voltage V _{CC} = Min, V _I = V _{T-} - Min I _{OH} = Max	2.4	3.4		2.4	3.4		2.4	3.4		2.4	3.4		2.5	3.4					V	
I _{OL}	Low Level Output Current DM54 DM74	2.4	3.4		2.4	3.4		18		18		18		16		4				mA	
V _{OL}	Low Level Output Voltage V _{CC} = Min I _{OL} = 4 mA I _{OL} = 8 mA I _{OL} = 16 mA															0.25	0.4			V	
I _{T+}	Input Current at Positive-Going Threshold V _{CC} = 5 V, V _I = V _{T+}		0.2	0.4					0.2	0.4				0.2	0.4					mA	
I _{T-}	Input Current at Negative-Going Threshold V _{CC} = 5 V, V _I = V _{T-}		-0.85			-0.43			-0.43					-0.43						mA	
I _I	Input Current at Maximum Input Voltage V _{CC} = Max V _I = 5.5 V V _I = 7.0 V			1			1												0.1	mA	
I _{IH}	High Level Input Current V _{CC} = Max V _I = 2.4 V V _I = 2.7 V			40			40							40						μA	
I _{IL}	Low Level Input Current V _{CC} = Max, V _I = 0.4 V		-1.0	-1.8		-0.8	-1.2		-0.8	-1.2		-0.8	-1.2							mA	
I _{OS}	Short Circuit Output Current V _{CC} = Max (2)		-18	-55		-18	-55		-18	-55		-18	-55							mA	
I _{CC}	Supply Current Total Output High Total Output Low	LS13														2.9	8			mA	
		LS14															8.6	16			mA
		LS132															5.8	11			mA
		Others		14	23					22	36						15	24			mA
		LS13														4.1	7			mA	
		LS14														12	21			mA	
		LS132														8.2	14			mA	
		Others		20	32			39	60							28	40			mA	

Note 1: All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
 Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and for DM54LS/DM74LS, duration of short circuit should not exceed one second.