

COMMISSION DE COOPERATION  
TECHNIQUE EN AFRIQUE  
AU SUD DU SAHARA

GOVERNEMENT  
DE LA  
REPUBLIQUE FRANÇAISE

CENTRE INTERNATIONAL  
D'APPLICATION  
DE  
STATISTIQUE DEMOGRAPHIQUE  
BANGUI-1959

**MECANOGRAPHIE ET CALCUL AUTOMATIQUE**

par

S. de SAILLY, Service de Statistique du Gouvernement - Bangui

et

J. P. PERRIER, Service de Statistique du Mali - Dakar

PARIS

GENERALITES SUR LA MECANOGRAPHIE

	Pages
Introduction	.....
<u>CHAPITRE I</u> : La carte perforée:	..4
a) cartes " standard"	5
b) cartes à cliché	5
<u>CHAPITRE II</u> :Le document de base:	6
a) Types de documents	7
b) Position des renseignements	8
<u>CHAPITRE III</u> : Les codes :	9
Méthodes de codification :	10
a) par séquence continue	10
b) par groupe	10
c) avec chiffres significatifs	12
d) alphabétique	12
e) particulières	12
<u>CHAPITRE IV</u> : Le chiffrement :	14
a) numérique	15
b) alphabétique	15
c) vérification du chiffrement	15
<u>CHAPITRE V</u> : Les machines à cartes perforées :	16
I) Machines principales	16
A) La perforatrice	16
B) La vérificatrice	17
C) La trieuse:	17
a) tris numériques	18
b) tris alphabétiques	18
D) La tabulatrice :	20
a) La tête d'alimentation	20
b) Le bloc d'impression	21
c) Les organes de contrôle	22
d) Les organes de sélection:	24
- sélection de ventilation	24
- sélection de regroupement	25

	Page
e) Les organes d'enregistrement	25
- Fonctionnement en addition	26
- Fonctionnement en soustraction	28
E) Les états tabulés :	29
- Présentation des états	29
- Vérification des états	30
- Notation symbolique des tableaux	31
II) Machines complémentaires	55
A) L'interclasseuse	54
B) La reproductrice comparatrice	56
C) La calculatrice	58
D) La traductrice (ou interpréter)	59

**ANNEXES**

## GENERALITES SUR LA MECANOGRAPHIE

---

par G.S.de SAILLY de l'I.N.S.E.E.

---

### INTRODUCTION.-

Le terme "mécanographie" signifie "écrire à l'aide de machines". Il se rapporte donc aux machines à écrire, à calculer et aux machines à cartes perforées.

La première machine à calculer est celle que Pascal inventa en 1642 pour les besoins de son père, l'intendant des Aides en Normandie. C'est une simple machine à additionner comportant le report automatique des retenues, et pouvant exécuter les quatre opérations, mais d'un maniement difficile.

La première construction industrielle de machines à calculer remonte à THOMAS de COLMAR en 1820.

Toute machine à calculer comprend :

- un dispositif d'imposition
- un dispositif de transmission
- un totalisateur ou compteur

Parmi celles-ci, on distingue:

- Les machines à totalisation directe: les nombres sont totalisés par simple enfoncement des touches.
- Les machines à chiffreurs intermédiaires; les nombres à additionner étant visibles sur un écran, on abaisse un levier ou une touche pour l'enregistrement. Le nombre est simultanément imprimé.  
Le total est obtenu par action sur une touche spéciale.

Certaines machines permettent de sortir un total cumulé.

La soustraction se produit par inversion du sens de rotation des roues du totalisateur. Le nombre apparaît en rouge ou est signalé par un signe -.

Ces machines sont mécaniques ou électriques.

- Les machines à entraîneurs :

Elles sont non imprimantes, semi-automatiques ou automatiques, et effectuent les quatre opérations.

### MACHINES COMPTABLES

Ces machines sont combinées de machines à calculer et à écrire. Certaines forment un bloc homogène, d'autres sont connectées. Il existe des types de machines constituant la trinité : machine à écrire, machine à calculer, perforatrice. Elles peuvent fonctionner, soit isolément, soit en accouplement.

### MACHINES A CARTES PERFOREES

Ce sont celles dont nous parlerons dans le présent cours, en raison de leur emploi de plus en plus grand. Elles répondent aux trois qualités : automaticité, souplesse et rapidité.

Les premières machines furent construites en 1885 par le Docteur HALLERITH (savant américain), qui fut chargé d'organiser le recensement de la population des Etats-Unis. Il fonda en 1895 la "TABULATING MACHINES CO". Dès 1903, les premières trieuses et tabulatrices automatiques sortirent de cette Compagnie.

En 1917, un homme d'affaires américain, Thomas WATSON, lança "L'INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION" (I.B.M.), qui possède à l'heure actuelle des filiales dans le monde entier.

C'est à partir de cette époque que l'on vit apparaître successivement sur le marché : la tabulatrice imprimante (1920), la tabulatrice à soustraction directe (1928), la tabulatrice alphanumérique (1932) et des machines accessoires telles que la reproductrice comparatrice (1933) et l'interclasseuse (1937). Les premières machines électroniques sortirent en 1938.

En 1907, un ingénieur américain, James POWERS, construisit également des machines à cartes perforées. Celles-ci étaient essentiellement mécaniques et moins souples que les machines électriques, mais plus sûres à cette époque.

En 1924, l'ingénieur norvégien BULL inventa des machines analogues à celles de la Compagnie I.B.M. Les brevets furent rachetés par une société suisse, puis par une société française, l'actuelle compagnie des machines BULL.

La nécanographie à cartes perforées trouve son application dans de nombreux domaines, à savoir : la statistique, le quittancement, la facturation, la comptabilité stock, la paye du personnel, le contrôle des ventes, l'ordonnement, etc..

Grâce à ce procédé, les documents ne sont manipulés qu'une seule fois. Les renseignements qui y figurent sont transférés sur des cartes comprenant généralement 80 colonnes.

Les erreurs de classement et de comptage sont évitées du fait que ces opérations sont faites automatiquement, et cela dans un minimum de temps.

Un classement alphabétique par noms de famille, correspondant à 2000 documents, par exemple, nécessiterait plusieurs jours de travail s'il était effectué manuellement, alors qu'avec une trieuse, ce classement est obtenu en moins de deux heures, dans l'hypothèse où le tri est entrepris sur 10 colonnes.

L'addition et la soustraction de 100 à 150 nombres peuvent être obtenues en une minute selon le type de tabulatrice utilisé.

Ces machines permettent en outre de tirer des états sous les formes les plus diverses.

## CHAPITRE I-

### LA CARTE PERFOREE :

La carte perforée est le support destiné à se substituer au document. C'est un rectangle de carton résistant, non conducteur de l'électricité, ayant pour dimensions :

- Longueur : 187,3 mm
- Largeur : 82,6 mm
- Epaisseur: 0,16mm

dont le poids est de 2gr 78. Elle comporte un coin coupé, généralement situé dans l'angle supérieur gauche, qui est destiné à éviter des erreurs de position.

La carte la plus employée comprend 10 lignes (chiffres de 0 à 9), et 80 colonnes numérotées de 1 à 80. Il est possible d'effectuer 2 perforations supplémentaires dans une colonne au-dessus de la ligne des zéros. Conventionnellement, on les appelle 11 (ou X) et 12 (ou Z). Ces perforations, dites "hors texte", sont utilisées pour la commande de certaines fonctions des machines, dans l'alphabet ou encore pour désigner le 11ème et le 12ème mois d'une année.

Une colonne ou un groupe de colonnes correspondant à une référence donnée se nomme "zone " de la carte.

Pour les cartes à 80 colonnes, la perforation est rectangulaire, de dimensions 1,4mm X 3,2mm.

Les éléments à perforer peuvent être numériques ou alphabétiques, indicatifs ou qualitatifs.

Les indicatifs aux références de classement permettent d'identifier les résultats obtenus à la tabulation.

### PERFORATION DES RENSEIGNEMENTS CHIFFRES :

Soit à perforer une région chiffrée 01 dans les colonnes 5 et 6 de la carte, on perforera d'abord le chiffre 0 dans la colonne 5, puis le chiffre I dans la colonne 6. Si une zone indicative comprend trois chiffres, 004 par exemple, on devra toujours perforer des zéros à la gauche des chiffres significatifs, afin de faciliter le tri des cartes. En revanche, si l'on doit perforer des quantités ou des valeurs, il n'est pas indispensable de perforer des zéros à la gauche des chiffres significatifs, si les quantités ou les valeurs sont nulles, on sautera la zone correspondante en cours de perforation.

### PERFORATION DE RENSEIGNEMENTS ALPHABETIQUES :

Une lettre est obtenue par la combinaison de deux perforations dans une même colonne ( voir en annexe codes IBM et BULL ).

La perforation s'effectue en commençant par la colonne de gauche et on laisse sans perforation les colonnes de droite de la zone qui ne seront pas perforées.

Exemple : Si on a retenu les colonnes 1 à 19 pour la perforation des noms de famille : Durand sera perforé dans les colonnes 1 à 6 et on sautera les colonnes 7 à 19; Alavoine sera perforé dans les colonnes 1 à 8 et on sautera les colonnes 9 à 19; de Larue sera perforé comme suit: on inscrira LARUE de et on perforera LARUE dans les colonnes 1 à 5; on sautera la colonne 6, et on perforera "de" dans les colonnes 7 et 8. Ceci dans le but de permettre un classement dans l'ordre alphabétique des noms.

Le calibrage des cartes, ainsi que les dimensions des perforations et leurs positions dans la carte étant standardisés, cela permet de les exploiter indifféremment sur du matériel IBM, BULL ou SAMAS. Ceci n'est vrai que dans le cas de perforations numériques. Si celles-ci sont alphabétiques, l'exploitation s'arrêtera au moment du passage des cartes dans la tabulatrice, qui ne peut analyser que le type de code conçu par son fabricant.

### MODELES DE CARTES :

#### a) Cartes "standard"

Ces cartes ne comprennent que l'impression des chiffres 0 à 9 dans chacune des 80 colonnes, et la numérotation des colonnes, à l'exclusion de tout autre renseignement. Elles sont utilisées pour des travaux ne nécessitant que l'exploitation d'un faible volume de cartes.

#### b) Cartes à cliché

Ce sont des cartes sur lesquelles sont imprimés tous les renseignements qui doivent y être perforés. Elles sont utilisées dans le cas où les fichiers présentent un volume assez important, par exemple celui d'un recensement exhaustif de population. Elles permettent de contrôler s'il n'y a pas de décalage de perforation au moment où celle-ci est entreprise, et de connaître la nature du fichier auquel elles se rapportent.

Parmi les cartes à cliché, on trouve également:

### Les cartes-documents:

Ces cartes comprennent deux parties: l'une destinée à recevoir des renseignements manuscrits, l'autre les perforations à effectuer à la lecture de ces renseignements. Elles constituent donc des documents de base. On les rencontre en comptabilité matière.

### Les cartes à talon :

Elles sont analogues aux cartes documents, mais possèdent en outre un talon que l'on détache avant de les perforer. On les utilise notamment pour la paye du personnel.

### Les cartes à double emploi.

Dans le cas où le nombre de renseignements à perforer ne dépasse pas 40 colonnes, on peut, dans certains cas particuliers, utiliser les 40 premières colonnes pour un document de base, et les 40 dernières pour un autre document de base.

### Les cartes à lecture graphique (mark-sensing)

Ce sont des cartes documents comprenant 27 groupes de 3 colonnes dont les inscriptions sont faites au crayon graphité sous forme de tirets dont la position correspond aux lignes des chiffres. Ces cartes sont passées dans une reproductrice qui effectue la traduction, à l'aide de perforations, des inscriptions portées au crayon, le graphite faisant office de conducteur de courant au moment du passage de la carte sous des balais de lecture.

Il existe également des cartes de couleur qui sont utilisées en particulier comme cartes maîtresses, cartes récapitulatives, ou cartes barânes.

## CHAPITRE II.-

### LE DOCUMENT DE BASE

Avant de dessiner un document de base, il importe de connaître les états que l'on désire obtenir, et de tenir compte des sujétions de la mécanographie, faute de quoi ce document ne serait qu'en partie exploitable et occasionnerait des pertes de temps parfois considérables.

Ce document, s'il doit être exploité par les machines, ne peut recevoir qu'un nombre de renseignements limité, et les codes, que l'on verra plus loin, doivent être

conçus de telle sorte que l'ensemble des renseignements à perforer ne dépasse par les 80 colonnes de la carte. Dans le cas contraire, il y aurait lieu de perforer deux cartes ou plus qui seraient rattachées entre elles par des références communes, telles que le lieu et la date par exemple.

Généraloment, un document de base comprend trois parties : Celle de gauche concernant la question posée, celle du milieu, la réponse à cette question, et celle de droite destinée à recevoir la traduction des réponses sous forme de codes qui seront perforés par la suite.

L'ensemble des cases dans lesquelles seront inscrites les réponses codifiées se nomme "grille". Il y a autant de cases que de chiffres au code. Elles ont comme dimensions 5mm sur 7mm.

Ceci est très important car des cases plus étroites entraîneraient une difficulté d'inscription des chiffres, ainsi qu'une difficulté dans leur lecture au cours de la perforation, d'où des pertes de temps et des risques d'erreurs.

Types de cases :



Les grilles successives seront trouées en quinconce ou en escalier, afin de faciliter la lecture des cases au moment de la perforation. Il peut être utile de numérotter les colonnes qui correspondent aux cases. Ces numéros seront inscrits en petits caractères à la partie inférieure des cases. On notera seulement la première et la dernière case d'une grille.

Les cases seront, si possible, imprimées avec une encre de couleur pâle, afin que les chiffres qui seront inscrits à l'intérieur puissent ressortir.

Les documents de base devront être d'un format maniable ( 21 x 27 ou 13,5 x 21). on évitera l'impression recto-verso, ce qui ne sera pas toujours réalisable.

a) Types de documents de base :

Il existe de nombreux types de documents de base. Le plus simple et le plus couramment employé est celui dans lequel les trois critères: questions, réponses et cases se

trouvent placés dans le format 211 x 27 ou 13,5 x 21, et imprimés au recto seulement.

Si le document doit être inclus dans un registre, il peut être accompagné d'un volet détachable sur lequel ne figureront que les cases. Un numéro de rattachement au document initial sera inscrit sur ce volet aux fins de recherches éventuelles ultérieures.

Un troisième type est celui de la carte document (que nous avons vu à la première partie), dans laquelle les renseignements à perforer sont inscrits directement.

Lorsqu'un document n'a pas été conçu pour un dépouillement mécanographique, ou si l'encombrement des questions et des réponses ne permet pas d'y inclure une colonne pour les cases, on a recours à ce que l'on nomme un "document auxiliaire", sur lequel sont inscrites les questions (ou les numéros des questions), et la traduction en code des réponses. C'est ce "document auxiliaire" qui sera traité à la mécanographie. On notera qu'un même document auxiliaire peut éventuellement contenir des renseignements se rapportant à plusieurs documents de base. Chaque document auxiliaire devra être affecté d'un numéro de rattachement au document de base.

b) Position des renseignements dans un document de base :

La position des renseignements à l'intérieur d'un document de base est d'une importance capitale tant sur le plan pratique que psychologique.

Les renseignements généraux tels que le lieu de l'enquête, sa date, et éventuellement le numéro de l'enquêteur ainsi que le numéro d'ordre du document devront figurer dans la partie supérieure du questionnaire. Dans le corps de celui-ci figureront les renseignements individuels dans l'ordre décroissant de leur importance. En fin de document figureront les questions auxquelles l'enquêteur répugne à répondre, par exemple : Quel est le montant de votre revenu ?

Examinons point par point le modèle de "bulletin individuel" ci-annexé.

Le numéro d'identification est placé dans l'angle supérieur gauche ; le numéro d'ordre dans l'angle supérieur droit.

Cette disposition facilite la recherche dans un lot de documents.

Le nom et les prénoms doivent être inscrits en lettres majuscules pour être lisibles et éventuellement perforés. Il n'est pas nécessaire de prévoir des cases pour ce critère.

Date de naissance : On ne chiffrera que le groupe d'âge et l'âge c'est pourquoi il n'a été tracé que deux groupes de deux cases.

Lieu de naissance, race, tribu : Autant de groupes de cases qu'il y a de critères.

Sexe : La case située immédiatement à la droite de la désignation du sexe est destinée à recevoir une croix dans le cas d'une réponse positive. Dans l'exemple, l'enquêté est du sexe masculin. Cette croix sera traduite en code et le chiffre inscrit dans la case correspondant au sexe.

Etat matrimonial : Il suffit de rayer les mentions inutiles ou d'encadrer la mention valable.

Langues parlées : Deux cases ont été prévues pour le cas où l'enquêté parlerait plusieurs langues. Ce qui entraîne la constitution d'un code de combinaisons dont nous parlerons au chapitre "codes".

Possédez-vous un fusil ? On raje la mention inutile ou l'en encadre la mention valable.

A remarquer que les questions délicates telles que la "dot" et le "revenu" ont été posées intentionnellement à la fin du questionnaire. Pour le revenu, deux cases seulement ont été prévues. Elles correspondent à la "tranche de revenu" qui est le seul critère qui nous intéresse

### CHAPITRE III.-

#### LES CODES

L'élaboration d'un code est une opération délicate. Celui-ci doit être simple, aussi condensé que possible, et conçu de telle sorte que les opérations de tri et de tabulation puissent être effectuées avec le maximum de rapidité et dans les meilleures conditions. Tel code qui répond au tri ne répond pas forcément à une bonne tabulation et réciproquement.

Plus des codes seront condensés, plus on pourra inclure de renseignements dans la carte qui, rappelons-le, est limitée à 80 colonnes.

Au delà d'une vingtaine d'éléments correspondant à une rubrique donnée, il y aura intérêt à constituer un code alphabétique ou logique et un code analytique. Le premier sera utilisé pour le chiffrement des documents, le second pour la vérification du chiffrement.

METHODES DE CODIFICATION :

a) Codification par séquence continue

Elle consiste à numéroter à la suite dans un ordre numérique ou alphabétique. Cette méthode est employée pour l'établissement de codes très simples, tels que ceux se rapportant au sexe, à l'état matrimonial, aux lieux de résidence ou de naissance et au numérotage d'objets à l'intérieur d'un groupe donné. Elle présente l'inconvénient de ne pas tenir compte de certains classements logiques ni des groupements par catégories.

Exemples de codes à séquence continue:

<u>Sexe:</u> Masculin 1	<u>Situation matrimoniale:</u>
Féminin 2	Célibataire 1
	Marié 2
	Veuf 3
	Divorcé 4
	Non déclaré 0 - 5 ou 9

Résidence

<u>Régions :</u> Onbella-M'Poko 01	Lobaye 06
Bouan Babana 02	M'Bonou 07
Keno Gribinghi 03	Ouaka 08
Kotto (Basse) 04	Ouhan 09
Kotto (Haute) 05	Ouhan Pendé 10
	Sangha (hte) 11

Nota.- La région de l'Onbella-M'poko a été placée en tête du fait qu'elle comprend l'agglomération de Bangui. Les autres régions ont été classées dans l'ordre alphabétique.

b) Codification par groupe

C'est la méthode qui se prête le mieux à une exploitation mécanographique. Elle permet de séparer aisément les groupes à la trieuse et d'obtenir des totaux par groupes et sous-groupes à la tabulatrice.

Considérons le cas du lieu de résidence : Les Districts seront codifiés dans un ordre numérique croissant

à l'intérieur de chaque région :

Régions	Districts	Codes	
		Régions	Districts
Ombella M'Poko	Commune de Bangui	01	1
	District de Binbo	01	2
	- Bamara	01	3
	- Bassenbélé	01	4
Bouar Babana	District de Bouar	02	1
	- Babana	02	2
-----		---	---
-----		---	---

Le district de Binbo sera donc défini par le numéro de code 012, celui de Bouar par 021, etc...

Autre exemple :

Produits alimentaires	1	Produits laitiers	1	Beurre	1
				fromage	2
				-	-
				-	-
				-	-
				Viande	2
				Boeuf	1
				mouton	2
				porc	3
				cheval	4
-	-				
-	-				
-	-				
Vin	3	Ordinaire	11°	1	
				- 12°	2
				supérieur	3
-	-				
-	-				
Produits textiles	2	Vêtements	1	gilet corps	1
				slip	2
				-	-
				-	-
Tissus	2	coton	1	1	
				laine	2
				-	-
-	-				
-	-				

Un gilet de corps sera défini par le numéro de code

c) Codification avec chiffre significatifs :

Il suffit de lire le chiffre ou le nombre pour savoir à quoi il se rapporte.

Exemple : Soit les groupes d'âges 0 à 4 ans, 5 à 9 ans, 10 à 14 ans, 15 à 19 ans, etc... on les codifiera respectivement : 00,05,10,15,etc... En lisant le nombre 10 on saura qu'il s'agit du groupe d'âges 10 à 14 ans.

Le type de code ne pourra être employé que dans le cas où la capacité de la carte sera suffisante. Sinon on devra se contenter d'un code à un seul chiffre.

d) Codification alphabétique :

Cette codification permet de perforer 26 éléments dans une seule colonne au lieu de 10 ou 12 d'une part et de connaître par lecture directe ( sous certaines conditions) à quoi se rapportent la ou les lettres d'autre part. Sur le plan mécanographique, la codification alphabétique a l'inconvénient de nécessiter deux passages à la trieuse pour une même colonne au lieu d'un seul pour un tri numérique.

Cette méthode de codification n'est employée que très rarement.

e) Codifications particulières

- Codification du mois :

Le mois peut être traduit en code de trois façons différentes :

1°/ On chiffrera 01 à 12. Il sera nécessaire d'utiliser deux colonnes dans la carte .

2°/ On chiffrera 1 à 9 pour les 9 premiers mois, puis 0 et 1 pour le 10ème mois, 1 et X pour le 11ème mois, et 2 et 1 pour le douzième mois. Pour classer les mois,

deux passages à la trieuse seront nécessaires. Dans un premier passage, on placera les cartes les X en avant; les cartes perforées 1 à 9 tomberont dans les cases 6 à 12, celles perforées X dans la case 8. Il suffira ensuite de trier les cartes X normalement (9 en avant) pour terminer le tri. On évite ainsi deux passages de toutes les cartes du fichier. A la tabulatrice, la perforation X permettra d'envoyer le chiffre 1 à la gauche des chiffres 0, 1 et 2 et l'on imprimera les mois 10, 11 et 12.

3°/ On chiffrera 1 à 9 pour les 9 premiers mois, 0 pour le dixième, X pour le 11ème, Z pour le 12ème. Les 12 possibilités de perforations dans une même colonne seront donc utilisées. Au tri, les cartes seront classées en un seul passage, dans l'ordre des mois. Sur certaines tabulatrices, il sera difficile de repérer les mois 11 et 12.

En résumé, c'est la 2ème façon qui le plus souvent est adoptée.

#### - Codification des combinaisons.

Soit à codifier des langues parlées. Un enquêté peut parler plusieurs langues.

Deux solutions se présentent: Ou bien il est affecté une colonne de la carte par langue : Exemple: Français: Col 10, Anglais: Col 11, Portugais: Col 12, Espagnol: Col 13, etc.. ce qui présente l'inconvénient de réduire la capacité de la carte, ou bien on utilise un code basé sur les puissances successives de 2 :

Codifions donc: Français 01  
Anglais 02  
Portugais 04  
Espagnol 08

-----

Supposons qu'un enquêté parle l'Anglais et le Portugais, on codifiera 02 + 04, c'est-à-dire 06; s'il parle le Français, l'Anglais et le Portugais, on codifiera 01 + 02 + 04, c'est-à-dire 07; s'il parle le Portugais et l'Espagnol on codifiera 04 + 08 = 12.

Ainsi, rien qu'à la lecture du code, on saura

quelles langues sont parlées par les enquêtés, et cela n'aura nécessité que l'emploi de deux colonnes de la carte au lieu de quatre ou plus.

Ce type de code peut également être employé pour les permis de conduire.

#### CHAPITRE IV

##### Le Chiffrement :

Le chiffrement est l'opération qui consiste à traduire en chiffres ( à l'aide de codes), les réponses figurant en clair dans un document.

De la qualité du chiffrement dépend toute l'exploitation mécanographique. C'est pourquoi on devra s'attacher à ce qu'il soit exécuté très correctement.

Préalablement au chiffrement, on devra s'assurer si certaines réponses aux questions posées sont exactes. Il a parfois été constaté qu'un enquêté en bas âge avait été signalé comme "marié" à la question "état matrimonial" ou bien encore qu'il possédait le certificat d'études. On effectuera d'office la ou les rectifications. Pour certains cas on devra retourner auprès du ménage enquêté ou annuler le document de base en totalité ou en partie. On peut également se trouver en présence d'une absence de réponse à laquelle il est parfois possible de remédier. Exemple : S'il n'a pas été répondu à la question "Sexe", on le déterminera par le prénon ( cas d'enquête par correspondance ).

Un chiffrement doit être lisible, les caractères bien formés, afin d'éviter des pertes de temps et des erreurs d'interprétation à la perforation.

Il est recommandé d'utiliser un stylo à bille de préférence au crayon graphité, afin d'éviter les gonnages qui maculent le papier et rendent les caractères illisibles.

Les codes étant plus ou moins complexes ou volumineux, il importe, préalablement au chiffrement, d'étudier la répartition des charges entre les employés. Dans ce but, on procédera à des essais au cours desquels on mesurera le temps passé pour le chiffrement des réponses aux diverses questions, ainsi que son exactitude.

Chaque employé devra être spécialisé dans le chiffrement d'une ou de plusieurs réponses. En opérant ainsi, on obtiendra un rendement optimum en qualité et en quantité

et l'on connaîtra la durée approximative du chiffrement.

### MODES DE CHIFFREMENT

#### a) Chiffrement numérique :

Quand les renseignements seront qualitatifs, on portera toujours un ou plusieurs zéros à la gauche des chiffres significatifs. Lorsqu'ils seront quantitatifs, il ne sera pas nécessaire de porter un zéro à la gauche des chiffres significatifs; si les quantités ( ou les valeurs) sont nulles, les cases seront laissées en blanc.

#### b) Chiffrement alphabétique

Dans ce cas, on chiffrera en commençant par la case de gauche, les cases de droite non utilisées seront laissées en blanc.

#### c) Vérification du chiffrement

Tout chiffrement doit être vérifié car des erreurs ont pu être commises, des chiffres ou des lettres mal faits. La vérification sera confiée à du personnel plus compétent que celui du chiffrement.

Toute erreur décelée sera rectifiée et comptabilisée sur une fiche (dite: fiche d'accompagnement), afin de connaître le nombre d'erreurs, et partant, son pourcentage qui servira pour la détermination du montant de la prime de rendement et permettra de contrôler la qualité du personnel employé.

Le rendement à la vérification est supérieur à celui du chiffrement, du fait qu'il n'y a pas de caractères à inscrire, et que les employés qui y sont affectés sont plus expérimentés.

On compte généralement deux employés à la vérification pour trois employés au chiffrement.

Quand les codes présentent une certaine importance, on effectue le chiffrement à l'aide de codes alphabétiques et la vérification à l'aide de codes analytiques.

Après vérification, les documents sont survérifiés par sondage, en prélevant par exemple un document sur dix. Ainsi, chaque employé, sachant que son travail sera contrôlé, et que sa prime de rendement sera fonction de la qualité de son travail, fera son possible pour fournir des documents d'une bonne présentation et exempts d'erreurs.

## CHAPITRE V :

### Les machines à cartes perforées:

#### Classification :

Parmi les machines à cartes perforées, on distingue: les machines principales et les machines complémentaires :

#### I) Machines principales

- A) La perforatrice;
- B) La vérificatrice;
- C) La trieuse;
- D) La tabulatrice

#### A) La perforatrice

Cette machine peut être numérique ou alphanumérique. Dans ce dernier type, le clavier est analogue à celui d'une machine à écrire.

L'alimentation et l'éjection des cartes sont automatiques. L'éjection est obtenue, soit par action sur une touche "libération", dans le cas où il n'y a pas 80 colonnes à perforer, soit automatiquement après perforation de la 80ème colonne. La carte éjectée, l'alimentation d'une autre carte se produit.

Les cartes défilent colonne par colonne sous une rangée de poinçons.

Un magasin placé au dessus du chemin des cartes à perforer permet d'y introduire une carte dite "carte maîtresse", dont les perforations préalablement effectuées peuvent être automatiquement reproduites, en totalité ou en partie, dans la carte placée dans le chemin de perforation.

Cas de reproduction de constantes : Si l'on dispose d'un nombre important de documents se rapportant à une même Région et à un même District, le numéro de code de la Région et du District seront perforés dans une carte maîtresse qui sera introduite à la main dans le magasin supérieur. Chaque fois qu'une carte sera alimentée, les codes Région et District seront automatiquement reproduits dans les colonnes correspondantes de la carte se trouvant dans le chemin de perforation.

Le rendement moyen d'un bon employé est de l'ordre de 8000 perforations à l'heure, soit 100 cartes à 80 colonnes.

Ce rendement augmente proportionnellement au nombre de colonnes reproduites automatiquement. La vitesse de reproduction se situe entre 10 et 12 perforations par seconde.

### B) La vérificatrice

Comme la perforatrice, cette machine peut être numérique ou alphanumérique.

Sur cette machine, il n'existe pas de magasin supérieur, la carte est entièrement vérifiée par l'employé. Toutefois, celui-ci peut éviter de vérifier les constantes à la main. Il lui suffit de mirer les cartes pour s'assurer si les constantes ont bien été perforées.

Le rendement moyen à la vérification est de l'ordre de 10.000 colonnes à l'heure. Ceci s'explique du fait que les cartes sont éjectées dès qu'une erreur de perforation a été décelée, et qu'il n'y a pas de carte à refaire à la vérification quand une erreur a été constatée, contrairement à ce qui se passe au moment de la perforation des cartes.

Dans un atelier mécanographique important, on utilise quatre vérificatrices pour cinq perforatrices.

### C) La trieuse

C'est une machine qui, selon le type, fonctionne à la vitesse de 400, 550 ou 1000 cartes à la minute. Les cartes défilent sous le balai d'exploration ligne par ligne et non colonne par colonne. Les vitesses indiquées sont essentiellement théoriques. Elles ne tiennent pas compte de la manipulation des cartes (ramassage, cadrage, mirage, introduction dans le magasin d'alimentation). Les vitesses sont également fonction du nombre de cartes et du nombre de colonnes à trier. Si le nombre de passages est élevé et le nombre de cartes faibles, la vitesse diminue considérablement. Plus le nombre de cartes est élevé, plus on se rapproche de la vitesse théorique.

Certaines trieuses sont pourvues d'un compteur par case. Elles comprennent 13 et parfois 15 compteurs. Les 13 compteurs correspondent aux 12 perforations possibles dans une colonne plus l'absence de perforation (case rebut). Les deux compteurs supplémentaires permettent d'obtenir un total et un sous-total de l'ensemble des cartes, quelles que soient les perforations qui s'y trouvent.

Comment s'effectue un tri?

Les cartes sont placées dans un ordre quelconque dans le magasin d'alimentation, face imprimée en dessous, les 9 tournés vers les cases. Elles passent d'abord sous le balai de tri, qui n'explore qu'une colonne à la fois. Quand celui-ci traverse une perforation, il y a, selon le type de matériel, aiguillage entre deux lames ou ouverture de la case qui doit recevoir la carte. Si la colonne comprend plusieurs perforations, c'est la première perforation lue qui sera retenue.

a) Tris numériques

Soit à trier des groupes de professions sur les colonnes 26 et 27. Si le nombre de cartes est faible, (2000 à 3000), on commence le tri sur la colonne des unités (col.27), puis on passera à la colonne des dizaines (col.26). Si le nombre de cartes est élevé (10.000 et plus), on aura intérêt à effectuer le tri en commençant par la colonne des dizaines (col.26). On prendra ensuite le lot 0 que l'on passera sur la colonne des unités (col.27), puis le lot 1 sur lequel on effectuera la même opération, etc... Cette façon de procéder présente l'avantage de permettre l'exécution d'un travail à la tabulatrice sans attendre que toutes les cartes soient triées, d'où gain de temps.

Si l'on désire obtenir, à l'aide d'un fichier de 10.000 cartes, un état comprenant des totaux par groupes de professions à l'intérieur de groupes d'âges, on effectuera le tri en commençant par la zone relative aux groupes d'âges. Les lots seront ensuite séparés et chacun d'eux sera trié isolément sur les groupes de professions.

Cas particulier : Soit à trier sur une date perforée comme suit: Jours: colonnes 10/11; Mois: colonne 12; An: colonnes 15/14.

Pour obtenir un classement dans l'ordre chronologique on effectuera le tri dans l'ordre suivant: colonnes 11/10, 12,14/13.

b) Tris alphabétiques

Une lettre étant composée de deux perforations dans une même colonne ( voir codes IBM et BULL), pour obtenir un classement alphabétique, il sera nécessaire d'effectuer deux passages sur une même colonne.

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées:

1ère méthode : Tri par suppression de lecture

C'est la méthode la plus couramment employée.

### Code IBM

Le premier passage s'effectuera comme dans un tri numérique ordinaire. Les perforations 0,11 et 12 seront ignorées puisqu'avant se présenteront les perforations 1 à 9.

Au second passage, sur la même colonne, la lecture des perforations 1 à 9 sera supprimée en agissant sur un interrupteur placé sous la tête d'alimentation de la trieuse. Seules les perforations 0,11 et 12 pourront être lues. Les cartes seront placées dans le magasin d'alimentation dans la même position qu'au premier passage, elles tomberont dans les cases 0,11 et 12. Le tri sur une colonne sera alors terminé, et l'on passera à la colonne suivante (celle de gauche).

Au premier passage, on obtient le classement :

Case 1: lettres AJ; case 2: lettres B K S; case 3: lettres C L T, etc... case 9: lettres I R Z ( voir code IBM)

Au second passage, on obtient le classement :

Case 12: lettres A à I; case 11: lettres J à R; case 0: lettres S à Z.

### Code BULL

Au premier passage, on obtiendra des groupes dans lesquels les lettres seront placées dans n'importe quel ordre:

case 9 : lettres S à Z; case 8: lettres J à R; case 7: lettres A à H; case 0: lettre O; case 1 : lettre I.

Au second passage, on supprimera la lecture des perforations 7,8 et 9. On passera d'abord les cartes tombées dans la case 7, ce qui classera dans l'ordre les lettres A à H. On y ajoutera les cartes tombées dans la case 1 (lettre I), au cours du premier passage; puis on passera les cartes tombées dans la case 8, ce qui classera dans l'ordre les lettres J à R on intercalera la lettre O obtenue lors du premier passage. On passera enfin les cartes tombées dans la case 9, ce qui classera les lettres S à Z dans l'ordre. Le tri sur une colonne sera terminé. On recommencera les mêmes opérations sur la colonne suivante, c'est-à-dire celle de gauche.

Les cartes non perforées dans la colonne explorée tomberont dans la case "Rebut". On les placera en tête de paquet pour le passage à la colonne suivante.

2ème méthode : Tri par retournement des cartes.

Etudions comment on opère avec des cartes perforées selon le code IBM.

Au premier passage, les cartes seront placées dans le magasin d'alimentation la face imprimée au-dessous, la ligne des 9 tournée vers les cases. Le tri sera fait normalement: les cartes perforées 9 tomberont dans la case 9, celles perforées 8 dans la case 8, et enfin celles perforées 1 dans la case 1.

On opérera le ramassage des cartes en commençant par la case 1.

Au second passage, les cartes seront placées dans le magasin d'alimentation, la face imprimée au-dessus, les 12 tournés vers les cases. Les cartes perforées 12 tomberont dans la case 9, celles perforées 11 dans la case 8, et enfin celles perforées 0 dans la case 7. Le tri sur une colonne sera terminé. On passera ensuite à la colonne de gauche pour effectuer les mêmes opérations.

#### D) La tabulatrice

La tabulatrice sert à produire des états d'après les cartes perforées et triées dans l'ordre désiré. Elle peut fonctionner en "liste", c'est-à-dire imprimer carte par carte, ou en "tabulation", c'est-à-dire imprimer après le passage d'un groupe de cartes. Elle effectue des totaux additifs ou soustractifs et les soldes correspondant à des groupes de cartes portant un indicatif commun; elle imprime les indicatifs numériques et alphabétiques.

Cette machine fonctionne, selon le type, en liste à 80, 100 ou 150 cycles par minute; en tabulation à 100 ou 150 cycles par minute. Un cycle correspond à la hauteur d'une carte plus la distance qui sépare une carte de la suivante.

Une tabulatrice se compose :

- d'une tête d'alimentation
- d'un bloc d'impression
- d'organes de contrôle
- d'organes de sélection
- d'organes d'enregistrement

#### a) La tête d'alimentation:

La tête d'alimentation comprend un magasin d'alimentation dans lequel on place les cartes face imprimée au-dessous, la ligne des 9 tournée vers les galets; une première rangée de 80 balais appelés balais de contrôle ou "lecture 1" ou encore brosse supérieure (B S); une seconde rangée de 80 balais appelés balais d'addition ou "lecture 2" ou encore

brosse inférieure (BI). La distance qui sépare les deux rangées de balais correspond à un cycle.

Lorsqu'une rangée lit la ligne des 8 d'une carte par exemple, la seconde rangée lit la ligne des 8 de la carte suivante.

La première rangée de balais (lecture 1 ou BS) est utilisée pour le contrôle des indicatifs et pour lire les perforations destinées à commander certaines fonctions de la tabulatrice (sélection, soustraction). La seconde rangée (lecture 2 ou BI) est utilisée également pour le contrôle des indicatifs, elle permet en outre d'enregistrer dans les compteurs ou totalisateurs les perforations lues dans les cartes.

Après leur passage sous les balais de lecture 2 ou BI, les cartes sont entraînées dans le magasin de réception.

#### b) Le bloc d'impression:

Les blocs d'impression IBM et BULL: étant totalement différents, nous les étudierons séparément.

##### - Bloc d'impression IBM

Le bloc d'impression IBM se compose de barres à caractères montant verticalement. Ces barres sont arrêtées dès qu'un chiffre est lu sur la carte (liste) ou dès qu'une impulsion se produit au moment de la prise de total (tabulation). En fin de cycle, les marteaux frappent sur le talon des caractères provoquant ainsi l'impression.

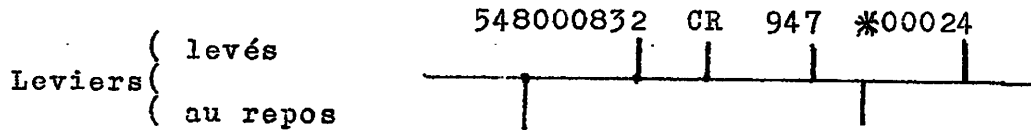
Généralement, le bloc d'impression comprend deux secteurs de 50 barres séparés l'un de l'autre par le guide du ruban. La séparation correspond à l'épaisseur d'une barre. Les machines sont livrées soit avec toutes les barres alphanumériques ou 50 barres alphanumériques (barres 1 à 50; secteur de gauche).

Les barres alphanumériques portent 37 caractères, soit: 26 lettres, 10 chiffres, et un symbole (signe CR ou astérisque ou tout autre signe à la demande). En principe, les barres paires portent le symbole CR, les barres impaires, un astérisque.

Les barres numériques portent 11 caractères (0 à 9 et un signe CR ou astérisque ou tout autre signe à la demande) celles-ci ont la même dimension que les barres alphanumériques. La partie réservée aux lettres de l'alphabet est vide de caractères.

Des leviers dits de "splittage des zéros", servent à éviter l'impression de zéros mécaniques à la droite des nombres ou des signes.

Exemple :



Seules ne montent que les barres qui ont reçu une impulsion de commande.

#### - Bloc d'impression BULL

Le bloc d'impression des tabulatrices BULL, appelé "inprinante" par le constructeur, se compose de 92 roues portant 36 caractères, à savoir: les chiffres 0 à 9, 24 lettres (les lettres o et i étant données pour les chiffres zéro et un), un point et un second zéro, dit mécanique.

Chaque roue de l'imprimante est montée sur un mécanisme qui se déplace verticalement. A chaque passage des cartes, il y a rotation des roues à caractères. La lecture d'une perforation entraîne le blocage de la roue correspondante et sa projection sur le papier en fin de cycle.(p.17)

Sur les tabulatrices IBM et BULL, l'avancement du papier est automatique, il se produit pendant le retour des barres ou des roues à leur position initiale. L'espacement, le déplacement du ruban et le rouleau entraîneur sont identiques à ceux d'une machine à écrire ordinaire.

#### c) Les organes de contrôle

Les organes de contrôle permettent de détecter les groupes automatiquement. Lorsque les cartes appartenant à un groupe donné, c'est-à-dire comprennent des perforations identiques dans la zone indicative explorée passent sous les balais de lecture 1 ou BS, et de lecture 2 ou BI, il n'y a pas d'arrêt de la machine. Si les perforations lues dans la carte qui passe sous les balais de lecture 1 ou BS sont différentes de celles de la carte qui passe sous les balais de lecture 2 ou BI, c'est-à-dire lorsqu'il y a changement de groupe, la machine s'arrête.

Exemple: Supposons que les cartes soient triées par District, puis par Régions et que l'on veuille obtenir des

totaux par District et par Région. A l'aide de connexions, on contrôlera un premier étage sur le District et un deuxième étage sur la région. Quand les cartes porteront le même numéro de District, c'est-à-dire chaque fois qu'il y aura lecture identique sous les balais de lecture 1 ou BS et de lecture 2 ou BK, la machine continuera à tourner, les compteurs enregistreront. Au moment où les perforations seront différentes, il y aura l'arrêt de la machine et pose du total du District. Le compteur "District" se remettra à zéro et la tabulatrice reprendra sa marche automatiquement (à moins d'avoir commandé l'arrêt après prise du total). Quand les perforations seront différentes dans la zone "Région", la machine s'arrêtera et posera le total du dernier District ainsi que celui de la Région, les deux compteurs se remettront à zéro et la machine reprendra sa marche automatiquement. On retiendra qu'après chaque prise de total, il y aura impression des indicatifs, en totalité ou en partie, au moment du passage sous les balais de lecture 2 ou BI de la carte qui a provoqué l'arrêt de la machine.

Sur les tabulatrices, il y a trois étages ( et parfois quatre) de contrôle automatique : Mineur au 1er étage; Intermédiaire au 2ème étage; Majeur au 3ème étage et Super Majeur au 4ème étage.

La coupure de contrôle d'un étage supérieur entraîne automatiquement celle des étages inférieurs.

Exemple: Une coupure de contrôle en 3ème étage provoque les coupures de contrôle en 2ème et 1er étage.

Les tabulatrices IBM possèdent 20 positions indépendantes de contrôle, les tabulatrices BULL en possèdent 18.

Le contrôle peut être numérique ou alphanumérique sur les deux matériels.

Après une coupure de contrôle, il est possible de n'imprimer que l'indicatif qui correspond à l'étage en cause. Cette opération se nomme "splittage contrôlé des indicatifs".

Exemple

	Indicatifs	
	2ème étage	1er étage
Inpression de la totalité	01	01
	01	02
	02	01
	02	02
	-	-
Inpression selon l'étage de contrôle	01	01
		02
		-
		-
	02	01
		02
		-
		-

d) Les organes de sélection

Nous parlerons tout d'abord du "compte-cartes" qui est très employé en statistique, particulièrement pour les statistiques démographiques, du fait que l'on compte les individus répondant à une ou plusieurs caractéristiques données, et qu'il n'y a qu'une seule carte par individu.

Le compte cartes émet le chiffre 1 au passage de chaque carte sous les balais de lecture 2 ou B I. Il est généralement ventilé dans les compteurs se rapportant à divers critères.

La sélection s'effectue en utilisant des sélecteurs ou alternatifs, qui sont contrôlés par des "commandes de sélection".

Les tabulatrices IBM sont équipées de 21 sélecteurs indépendants. Les sélecteurs 1 à 6 sont à 10 positions, les sélecteurs 7 à 21 à 4 positions, soit 120 positions. Les tabulatrices BULL sont équipées de 32 alternatifs à 3 positions, soit 96 positions.

Il existe deux sortes de sélection:

- La sélection de ventilation;
- la sélection de regroupement.

On distingue sur les cartes la zone à sélectionner, et la zone qui sélectionne, cette dernière commande l'aiguillage.

Dans le cas où l'on utilise uniquement le compte-cartes, c'est celui-ci qui est sélectionné, il n'y a donc pas de zone à sélectionner dans la carte.

La commande de sélection intervient au moment du passage de la carte sous les balais de lecture 1 ou BS, au cycle suivant, c'est-à-dire au passage de la carte sous les balais de lecture 2 ou BI la sélection s'opère.

- Sélection de ventilation:

Supposons que la situation de famille soit perforée dans une colonne et le sexe dans une autre colonne, si l'on désire obtenir un état de la forme indiquée ci-dessous:

SEXE							
M a s c u l i n				F é m i n i n			
Célib.	Marié	Veuf	Divorcé	Célib.	Marié	Veuf	Divorcé

on effectuera les connexions comme indiqué en annexe.

Dans le cas d'un célibataire du sexe masculin, il y aura excitation du sélecteur célibataire et du sélecteur masculin un cycle après la lecture des perforations correspondantes sous les balais de lecture 1 ou BS, cette excitation se maintiendra jusqu'à la fin du passage de la carte sous le balai de lecture 2 ou BI, le compteur enregistrera le chiffre 1 émis par le compte-cartes (les exemples 1 et 2 donnent les mêmes résultats avec des connexions différentes).

- Sélection de regroupement :

Elle consiste à envoyer dans un même compteur les perforations lues dans des zones différentes non situées sur une même carte.

Supposons qu'un nombre ait été perforé dans une zone A de cartes perforées 1 dans une colonne donnée; dans une zone B de cartes perforées 2 dans la même colonne, et enfin dans une zone C de cartes perforées 3 dans la même colonne.

On effectuera les connexions indiquées en annexe. Les zones A, B et C seront ainsi regroupées dans un même compteur ou totalisateur, en effet: un cycle après, la lecture de la perforation 2 (sous lecture 1 ou BS), le sélecteur 2 sera excité, et celui-ci seulement, la lecture de la zone B passera par la position transférée du sélecteur 2 (excité) puis par le "commun" (C) du sélecteur 2, le "Normal" (N) du sélecteur 1 (non excité) et le "commun" de ce dernier pour être enregistrée dans le compteur. Le même raisonnement peut se faire pour les zones A et C.

- Commande de sélection:

La lecture d'une perforation de commande est filtrée à l'aide d'un dispositif appelé "Digit" qui ne laisse passer que le chiffre lu par les balais de lecture 1 ou BS. En fait, ce n'est pas le chiffre lu qui passe au travers du digit mais un courant à un point du cycle qui correspond à la position du chiffre lu dans la colonne explorée.

e- Les organes d'enregistrement:

Ces organes sont constitués par des compteurs (IBM) ou totalisateurs (BB).

Les tabulatrices comprennent en général 120 roues de compteur ou totalisateur. Dans le matériel IBM on trouve des compteurs à 2-4-6 et 8 roues associées électriquement dans chaque compteur. Dans le matériel BULL on trouve des totalisateurs de 3 roues associées également électriquement dans chaque totalisateur. Aussi bien pour le matériel IBM que pour le matériel BULL, ces compteurs ou totalisateurs peuvent être accouplés jusqu'à concurrence de 12 roues à l'aide de fiches de connexions. Les roues sont numérotées de 1 à n, leur circonférence est divisée en 10 parties égales qui correspondent aux chiffres 0 à 9. Chaque roue de compteur ou totalisateur remplit deux fonctions : la première consistant à enregistrer les nombres perforés dans les cartes ou accumulés dans d'autres compteurs ou totalisateurs; la seconde à déterminer le nombre totalisé et à l'imprimer ou le transférer dans d'autres compteurs ou totalisateurs, ou bien encore à perforer des cartes récapitulatives au moment des prises de total.

Les tabulatrices IBM et BULL effectuent des opérations d'addition et de soustraction. Exceptionnellement on les utilise pour effectuer des multiplications, par additions successives ou des divisions, par soustractions successives, mais ces opérations nécessitent un nombre élevé de cycles, ce qui diminue considérablement le rendement de la machine, on préfère utiliser un calculatrice.

Avant de commencer un travail, toutes les roues des compteurs ou totalisateurs devront être mises à zéro.

#### Compteurs IBM:

Les compteurs IBM sont soit à "balance directe", c'est-à-dire que le solde apparaît directement en clair, soit à "Non Balance directe" aux compteurs soustractifs sans redressement de solde. Dans le premier cas, il y a automatiquement détection du sens du signe: les soldes positifs apparaissent en clair; les soldes négatifs apparaissent en clair ou en complément selon la connexion effectuée. Dans le second cas, les soldes ne peuvent être redressés, s'ils sont négatifs, ils apparaissent donc en complément.

#### Fonctionnement en addition:

Les roues des compteurs et à zéro au départ, elles sont enbrayées dès qu'une perforation est lue et débrayées à la fin de chaque cycle d'addition.

Après le point 0, il y a report sur la roue de gauche en fin de cycle.

On a vu que les cartes étaient mises dans le magasin d'alimentation les 9 en avant et face imprimée au-dessous.

Supposons que l'on veuille enregistrer le nombre 59728 dans un compteur à 6 roues, voici ce qu'il se produira dans le dit compteur:

: points du cycle :	: Positions du compteur :						
	: CM :	: DM :	: M :	: C :	: D :	: U :	
: Départ :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	
: 9 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: enbrayage roue M
: 8 :	: 0 :	: 0 :	: 1 :	: 0 :	: 0 :	: 0 :	: enbrayage roue U
: 7 :	: 0 :	: 0 :	: 2 :	: 0 :	: 0 :	: 1 :	: enbrayage roue C
: 6 :	: 0 :	: 0 :	: 3 :	: 1 :	: 0 :	: 2 :	
: 5 :	: 2 :	: 0 :	: 4 :	: 2 :	: 0 :	: 3 :	: enbrayage roue DM
: 4 :	: 0 :	: 1 :	: 5 :	: 3 :	: 0 :	: 4 :	
: 3 :	: 0 :	: 2 :	: 6 :	: 4 :	: 0 :	: 5 :	
: 2 :	: 0 :	: 3 :	: 7 :	: 5 :	: 0 :	: 6 :	: enbrayage roue D
: 1 :	: 0 :	: 4 :	: 8 :	: 6 :	: 1 :	: 7 :	
: 0 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 2 :	: 8 :	: débrayage de toutes
							: les roues

On a donc eu: au point 9 enbrayage de la roue des mille, au point 8 enbrayage de la roue des unités, au point 7 enbrayage de la roue des centaines, etc.. et au point zéro débrayage de toutes les roues.

Si la carte suivante porte le nombre 591, on aura:

: Points du cycle :	: Positions du compteur :						
	: CM :	: DM :	: M :	: C :	: D :	: U :	
: Départ :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 2 :	: 8 :	
: 9 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 2 :	: 8 :	: enbrayage roue D
: 8 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 3 :	: 8 :	
: 7 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 4 :	: 8 :	
: 6 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 5 :	: 8 :	: enbrayage roue C
: 5 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 7 :	: 6 :	: 8 :	
: 4 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 8 :	: 7 :	: 8 :	
: 3 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 9 :	: 8 :	: 8 :	
: 2 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 0 :	: 9 :	: 8 :	
: 1 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 1 :	: 0 :	: 8 :	: enbrayage roue U
: 0 :	: 0 :	: 5 :	: 9 :	: 2 :	: 1 :	: 9 :	
: Reports :		: 1 :	: 1 :	: 1 :			
: Total :		: 6 :	: 0 :	: 3 :	: 1 :	: 9 :	

En addition, les totalisateurs BULL fonctionnent d'une façon identique à celle des compteurs IBM.

\* Fonctionnement en soustraction:

Le fonctionnement en soustraction est basé sur le principe de l'addition des compléments à 9 des nombres à soustraire :

Soit à soustraire le nombre 327 du nombre 741:

Opération classique

$$\begin{array}{r} 741 \\ -327 \\ \hline 414 \end{array}$$

Opération par complément

$$\begin{array}{r} \text{à 9} \\ 741 \\ \hline 999672 \\ 1000413 \\ \hline 1 \\ \hline 000414 \end{array}$$

Dans l'opération par complément à 9 le chiffre 1 de gauche est envoyé sur la roue des unités, la complémentant ainsi à 10.

Les totalisateurs BULL n'étant pas du type commandé, les nombres positifs sont enregistrés dans un totalisateur principal, les nombres négatifs dans un totalisateur secondaire. Quand toutes les cartes sont passées dans la tabulatrice, on à chaque coupure de contrôle, on effectue un transfert en complément à 9 du totalisateur secondaire dans le totalisateur principal.

Dans le matériel IBM, la soustraction est commandée par une perforation X ou 11 (ou toute autre perforation) au moment du passage des cartes sous les balais de lecture 1. Les roues des compteurs au lieu d'être enbrayées à la lecture des perforations lors du passage des cartes sous les balais de lecture 2, le sont au début de chaque cycle, c'est-à-dire au point 9.

Exemple: Soit à soustraire le nombre 327 du nombre 741, ce dernier étant supposé enregistré au moment du départ, nous aurions:

Points du cycle	Positions du compteur				
	M	C	D	U	
départ	0	7	4	I	
9	0	7	4	I	embrayage général
8	I	8	5	2	
7	2	9	6	3	débrayage roue U
6	3	0	7	3	
5	4	I	8	3	
4	5	2	9	3	
3	6	3	0	3	débrayage roue C
2	7	3	I	3	débrayage roue D
I	8	3	I	3	
0	9	3	I	3	
Reports	I	I		I	
Total	0	4	I	4	

Le I de report de la roue M est transféré, par connexion, sur la roue des unités (U) pour le compléter à 10.

Remarque importante :

On a vu que les tabulatrices ne doivent, de préférence, être utilisées que pour effectuer les opérations d'addition ou de soustraction.

Par conséquent, lorsqu'on aura à entreprendre un sondage, on devra s'efforcer de ne retenir que des fractions simples d'échantillonnage, à savoir  $1/10$ ,  $1/100$ ,  $1/1000$ , etc... ou  $1/2$ ,  $1/20$ ,  $1/200$ ,  $1/2000$ , etc...

En opérant ainsi, on pourra redresser aisément l'échantillon à la tabulatrice. Dans le premier cas, il suffira d'enregistrer en décalant d'une ou de plusieurs positions vers la gauche, dans le second cas en décalant également d'une ou de plusieurs positions vers la gauche et en enregistrant chaque carte (ou le compte cartes) dans deux compteurs. L'un sera transféré dans l'autre au moment de la prise de total, on obtiendra ainsi la multiplication par 2, 20, 200, etc..., et cela n'aura nécessité qu'un cycle supplémentaire (celui du transfert).

E) Les états tabulés :

Présentation des états :

Les tirages sont obtenus soit sur du papier

blanc ordinaire, soit sur du papier à entête sur lequel sont tracées les colonnes devant recevoir les nombres. A ce sujet, il est utile de préciser que l'étude des distances entre les lignes verticales doit être faite avec minutie si l'on veut éviter que les chiffres n'empiètent sur les lignes. On aura intérêt à laisser un espace d'une ou de deux barres ou roues entre deux nombres adjacents, ce qui ne sera pas toujours réalisable. On devra se baser sur le nombre probable de chiffres au total général.

Il est possible d'obtenir des états en plusieurs exemplaires par carbones intercalés, mais il est recommandé de ne pas dépasser trois exemplaires en raison de la force de frappe des marteaux aux roues d'imprimante.

On utilise souvent du papier en continu plié en accordéon. Un appareil appelé "saut de papier" permet de passer automatiquement d'une feuille à la suivante d'un état. Le total bas de page peut parfois être reporté dans le haut de la page suivante.

La Compagnie IBM monte sur ses machines un dispositif de saut de papier appelé "bande pilote". Le saut du papier est provoqué par des perforations faites dans la bande pilote à des emplacements qui correspondent au saut du papier sur lequel on imprime. Le déplacement de la bande-pilote et celui du papier sont synchronisés.

Sur les tabulatrices de la Compagnie des machines BULL, le saut de papier se compose d'une plaque conductrice située derrière le rouleau d'impression de l'imprimante sur laquelle frottent latéralement deux séries de balais. Ces balais sont isolés de la plaque par le papier sur lequel on tire les états. Dès qu'ils rencontrent une perforation, il y a saut du papier jusqu'au moment où les balais rencontrent de nouveau une perforation faite au haut de la feuille suivante, perforation qui provoque l'arrêt du saut.

Le saut de papier est très employé dans les compagnies d'eau, de gaz et d'électricité, les banques et les compagnies de chemins de fer et d'assurances, pour la paye, le quittancement, etc....

#### Vérification des états :

Après leur sortie de la tabulatrice, les états doivent être vérifiés, car il peut s'être produit des erreurs de machine. On s'assurera de l'exactitude de certains totaux en contrôlant par exemple si un total général correspond exactement à la somme des totaux partiels. La vérifica-

tion devra également porter sur un contrôle de vraisemblance. Un tableau pouvant être exact sur le plan comptable, et ne pas l'être sur le plan vraisemblance.

### Notation symbolique des tableaux

L'expérience montre que certains travaux nécessitent l'établissement d'un nombre assez important de tableaux statistiques, parfois compliqués. C'est le cas des enquêtes par sondages (plusieurs dizaines de tableaux).

Les instructions rédigées en pareil cas sont nécessairement volumineuses, car il faut décrire de façon complète et précise chacun des tableaux dont l'exécution est demandée.

Cette description peut se faire de plusieurs façons :

a) Description littérale, au moyen de phrases, par exemple: "Répartition de la partie active de la population dans chaque Région, par sexe, âge, profession et nationalité; on utilisera pour la profession le code à 33 postes, pour l'âge: le code... etc...

On effectuera le tri sur.....

On mettra en contrôle.....

On ventilera....

Ce procédé est assez lourd, la rédaction est longue et parfois laborieuse, elle peut prêter à confusion. La lecture de la description qui est donnée permet difficilement de se représenter visuellement la forme du tableau.

On a donc plus couramment recours au procédé ci-dessous :

b) Dessin du cadre du tableau

On représente, au format près, le cadre du tableau demandé et on indique les titres des lignes et des colonnes. Parfois on remplit numériquement, à titre d'exemple, certaines lignes ou certaines colonnes.

Ce procédé est plus précis que le précédent puisqu'il permet d'indiquer, sans erreur possible, la disposition et le contenu de chaque ligne et de chaque colonne. Il est aussi plus parlant, puisqu'il permet de se

rendre compte "de visu" de la contexture exacte du tableau. On peut ainsi plus facilement évaluer l'importance (en surface des tableaux, éviter les doubles emplois, rapprocher les tableaux présentant des caractères communs en vue d'une exploitation plus rationnelle.

Ce second procédé présente cependant deux inconvénients majeurs: il prend beaucoup de place car il faut une page pour dessiner correctement un tableau, à la rigueur une demi-page; le dessin demande beaucoup de temps: traits à tirer, libellés à reproduire.

Devant les inconvénients de ces deux procédés, on a été amené à étudier un procédé dit de "notation symbolique des tableaux", susceptible de les réduire au minimum.

Un tel procédé doit permettre de décrire sous forme schématique n'importe quel tableau courant. La notation doit satisfaire aux conditions suivantes:

- être simple: aussi bien pour celui qui conçoit et commande le tableau que pour l'exécutant;
- être précise: c'est-à-dire décrire complètement le tableau et ne pas donner lieu à ambiguïté en ce qui concerne son contenu et sa présentation;
- tenir peu de place: pour permettre de mentionner de nombreux tableaux sur un petit nombre de pages;
- être d'une écriture rapide et facile: pour pouvoir être reproduite facilement et rapidement à la machine à écrire.

On retiendra que la notation symbolique ne supprime pas automatiquement toute explication donnée sous forme littérale pour attirer l'attention sur les particularités éventuelles des tableaux et la façon de les réaliser lorsque la solution n'est pas classique

#### Description du procédé

Considérons, pour une population donnée, les caractères suivants :

Caractère	Notation symbolique	Code utilisé	Nombre de rubriques du code
Sexe	S	Masc.=1 - Fém.= 2	2
Nationalité	N	Fr=1      RCA=2 Etr=3      Non décl=9	4
Situation matrimoniale	SM	0=1      M=2 V=3      D= 4   ND=9	5
Age	A	1er code: Millésime de l'année de naissance (ex:1920=20) et ND=XX 2ème code: Groupes 01 à 20: ND: XX 3ème code: 0 à 14 ans=1 15 à 64 ans=2 65 ans et +=3 ND = X	101 21 4
Profession	P	1er code 001 à 200 sans prof= 000 ND=XXX 2ème code regroupé en 31 postes : SP= 00 ND= XX	200 33
Situation dans la profession	SP	code à 4 postes 1 à 3 et ND =9	4

1°/ Tableaux à 2 caractères croisés.

Le tableau N°1 ci-dessous, qui donne la répartition de la population par nationalité et par sexe, est représenté, en notation symbolique, par la formule suivante:

TABLEAU 1 :

$$N = S \\ 4/T \quad 2/T$$

TABLEAU I

Nationalité	Sexe M	Sexe F	Total
Français....			
RCA.....			
Etrangers			
N.D.			
TOTAL.....			

La formule de la notation symbolique comprend 2 lignes:

La première ligne : N x S

indique les caractères selon lesquels on opère la répartition avec la convention suivante :

- le symbole placé à gauche du signe de multiplication x indique la répartition "verticale" (lignes du tableau)

- le symbole placé à droite du signe x indique la répartition "horizontale" (colonnes du tableau).

La deuxième ligne : 4/T 2/T

précise respectivement pour chaque caractère :

- le nombre des rubriques suivant lesquelles s'opère la répartition, à savoir, dans l'exemple choisi, 4 postes pour la Nationalité et 2 postes pour le Sexe.

- Les totalisations à effectuer (symbole T); dans l'exemple choisi, la répartition par Nationalité et la répartition par sexe sont chacune suivies d'un total.

Au point de vue mécanographique, les opérations à effectuer sont les suivantes:

- tri sur le caractère N;
- tabulation avec le caractère N en contrôle et le caractère S en ventilation

La notation symbolique permet de connaître immédiatement le nombre des lignes, des colonnes et des cases élémentaires du tableau. Dans l'exemple donné, le nombre maximum (I) des lignes est 5 (4 + 1 total); le nombre des colonnes est 3 (2 + 1 total); le nombre (maximum) des cases élémentaires du tableau est:

- nombre des cases "détail" :  $4 \times 2 = 8$
- nombre total de cases  
(y compris les totaux :  $5 \times 3 = 15$ )

Certains tableaux sont parfois demandés avec les totalisations en tête du tableau. Dans ce cas, le symbole de totalisation T sera placé avant le chiffre indiquant le nombre des rubriques. Par exemple, le tableau I bis ci-après aura la notation suivante :

TABLEAU I bis

N x S  
T/4    T/2

TABLEAU I bis

Nationalité	Ensemble	Deux Sex.	
		M	F
<u>TOTAL</u>			
dont: Français			
RCA			
Etrangers			
N.D.			

Lorsque, pour une ou plusieurs des répartitions, il n'est pas demandé de totalisation, le symbole T est supprimé à la 2ème ligne de la notation symbolique (page 26)

---

(1) Il s'agit, pour les lignes, d'un nombre maximum, car il peut se produire qu'il n'y ait aucune carte perforée correspondant à certaines rubriques prévues au tableau.



La 1ère parenthèse de la notation symbolique correspond à la répartition verticale, la 2ème parenthèse correspond à la répartition horizontale.

Dans chaque parenthèse, l'ordre des symboles indique l'ordre dans lequel sont effectuées les répartitions successives.

La 2ème ligne de la notation indique le nombre de rubriques à prévoir et les totalisations à effectuer.

REMARQUE IMPORTANTE : les "facteurs" du "produit" indiqué symboliquement ne sont pas permutables. On voit immédiatement que les tableaux suivants, obtenus par permutation des symboles autour des signes de multiplication X, se présenteraient de façon différente du Tableau II ci-dessus : (tout en donnant d'ailleurs en définitive les mêmes renseignements mais dans un autre ordre).

$$\begin{array}{l} (A \times P) \\ (SM \times N) \\ (N \times SM) \end{array} \quad \begin{array}{l} \times \\ \times \\ \times \end{array} \quad \begin{array}{l} (N \times SM) \\ (P \times A) \\ (A \times P) \end{array}$$

Revenons au TABLEAU II:

$$\begin{array}{l} (P \times A) \\ T/33 \quad 4/T \end{array} \quad \begin{array}{l} \times \\ \times \end{array} \quad \begin{array}{l} (SM \times N) \\ T/5 \quad 4 \end{array}$$

Au point de vue nécanographique, les opérations à effectuer seront les suivantes :

- tri sur le caractère A, puis sur le caractère P,
- tabulation avec le caractère A en contrôle 1er étage (ou mineur), le caractère P en contrôle 2ème étage (ou intermédiaire) et avec les caractères SM et N en ventilation - (en ventilant d'abord la situation matrimoniale puis en ventilant chaque situation matrimoniale suivant la nationalité).

Le nombre maximum des lignes du tableau est

$$34 \times 5 = 170$$

Le nombre des colonnes est

$$6 \times 4 = 24$$

Le nombre des cases détail est

$$33 \times 4 \times 5 \times 4 = 2.640$$

Le nombre total des cases (y compris les totaux est:

$$(34 \times 5) \times (6 \times 4) = 170 \times 24 = 4.080$$

3°/ Juxtaposition dans un même cadre de 2 ou plusieurs tableaux

Supposons qu'en plus du Tableau II on désire obtenir le tableau III ci-dessous:

TABLEAU III  
ENSEMBLE DES SEXES

Profession et Age	Situation dans la Profession				
	1	2	3	N.D.	TOTAL
L					
Ensemble	{ 0-14 ans				
	{ 15-64 »				
	{ 65 et +				
	{ N.D.				
	{ TOTAL				
Profession 01	{ 0-14 ans				
	{ 14-64 »				
	{ 65 et +				
	{ N.D.				
	{ TOTAL				
Profession 02	{ idem				
	{ etc....				

Le tableau III se note :

$$(P \times A) \times SP$$

$$T/33 \quad 4/T \quad 4/T$$

Ce tableau, dont la répartition verticale est la même que celle du Tableau II, peut être obtenue en même temps que le Tableau II, au cours du même passage à la tabulatrice(I)

On est donc conduit à réunir les Tableaux II et III en un tableau unique qui sera obtenu en un seul passage et que l'on note comme suit:

TABLEAU IV :  $(P \times A) \times (SM \times N + SP)$

$$T/33 \quad 4/T \quad T/5 \quad 4 \quad 4/T$$

(I) Si la capacité de la machine en compteurs le permet, bien entendu, ce que nous supposons.



Pour différencier les Tableaux IV et V, on pourrait utiliser comme en algèbre des parenthèses et des crochets; on écrirait alors:

- pour le Tableau IV:

$$(P \times A) \times [(SM \times N) + SP]$$

- pour le Tableau V :

$$(P \times A) \times [SM \times (N + SP)]$$

ce qui ne prête plus à confusion

Comme le crochet n'existe pas sur les machines à écrire, on peut le remplacer par un souligné, ce qui donne:

- Pour le Tableau IV :

$$(P \times A) \times (\underline{SM \times N} + SP)$$

- Pour le Tableau V:

$$(P \times A) \times (SM \times \underline{N + SP})$$

En pratique, nous ne recourrons au souligné que lorsque cela sera indispensable, et en particulier, afin de simplifier les notations, nous poserons comme principe, comme en algèbre, que lorsqu'il n'y a pas de terme souligné, le signé + a la priorité sur le signe X c'est-à-dire que :

$$SM \times N + SP$$

se lit comme s'il y avait :

$$\underline{SM \times N} + SP$$

De sorte qu'en définitive, nous notons comme suit les Tableaux IV et V :

- Tableau IV :  $(P \times A) \times (SM \times N + P)$

- Tableau V :  $(P \times A) \times (SM \times \underline{N + P})$

La "mise en facteur" de deux ou plusieurs tableaux peut également se faire verticalement. On a par exemple, le Tableau VI, qui s'écrit :

Tableau VI :  $(P \times A + SP) \times (SM \times N)$   
T/33 4/T 4/T T/5 4

et se présente ainsi :

TABLEAU VI  
(Ensemble des sexes)

	: Profession	: Situation matrimoniale							
		: et Age	: Ensemble	: CJI	: Mar	: V.	: Div	: ND	
	: Situation dans	: Fr.	: RCA	: Etc	: id	: id.	: id.	: id.	: id.
	: la profession	:	:	:	:	:	:	:	:
	{ 0-14 ans	:	:	:	:	:	:	:	:
	{ 15-64 »	:	:	:	:	:	:	:	:
Ensemble	{ 65 et +	:	:	:	:	:	:	:	:
	{ N.D.	:	:	:	:	:	:	:	:
	{ Total	:	:	:	:	:	:	:	:
Profession:	{ d°	:	:	:	:	:	:	:	:
01	{	:	:	:	:	:	:	:	:
Profession:	{ d°	:	:	:	:	:	:	:	:
02	{	:	:	:	:	:	:	:	:
Situation	: 1	:	:	:	:	:	:	:	:
dans la	: 2	:	:	:	:	:	:	:	:
profession:	: 3	:	:	:	:	:	:	:	:
	: ND	:	:	:	:	:	:	:	:
	: Total	:	:	:	:	:	:	:	:

La juxtaposition verticale de plusieurs tableaux est moins intéressante que la juxtaposition horizontale, car elle ne réduit pas le nombre des passages de cartes. Mais, elle permet d'exprimer que l'on veut obtenir plusieurs tableaux juxtaposés dans un même cadre, sans répétition des en-têtes des colonnes.

#### 4°/ - Cas particuliers (1)

##### a) Tableaux scindés en plusieurs cadres

Supposons que le Tableau IV ci-dessus soit demandé non plus pour l'ensemble des sexes, mais séparément

(1) Il est recommandé de n'aborder l'étude des cas particuliers développés dans ce chapitre qu'en deuxième lecture, lorsqu'on possédera parfaitement les principes généraux exposés jusqu'à présent.

pour le sexe masculin (noté S1), le sexe féminin (noté S2) et l'ensemble des deux sexes (noté S), soit IV bis ce nouveau Tableau.

Le nombre des lignes et des colonnes nécessaires aux autres répartitions étant déjà élevé, la répartition supplémentaire par sexe oblige pratiquement à scinder le Tableau IV bis en 3 tableaux élémentaires, un Tableau pour S1, un pour S2 et un pour S. De cette façon, on a 3 tableaux de format acceptable, alors qu'un tableau unique aurait été trop grand et difficile à manier.

Cette scission en plusieurs "cadres" ou "tableaux" élémentaires, s'indique en ajoutant, à gauche de la notation symbolique (1) la parenthèse suivante :

( S1 - S2 - S ), ce qui donne :

Tableau IV bis

$$( S1 - S2 - S ) \quad ( P \times A ) \times ( SM \times N + SP )$$

$$T/33 \quad 4/T \quad T/5 \quad 4 \quad 4/T$$

b) Tableaux n'intéressant qu'une fraction de la population.

Supposons que le Tableau IV ne soit à établir que pour le sexe masculin (noté S1). Par analogie avec la notation précédente, on écrit :

Tableau IV ter

$$( \text{pour S1} ) \quad ( P \times A ) \times ( SM \times N + SP )$$

$$T/33 \quad 4/T \quad T/5 \quad 4 \quad 4/T$$

Si le tableau IV n'est à établir que pour les hommes âgés de plus de 14 ans et pour la seule région de l'Onbella M'Poko, on écrit ( en désignant par "lot A" les cartes concernant la population âgée de plus de 14 ans :

Tableau IV quater

$$( \text{pour lot A, S1, Onbella M'Poko} ) ( P \times A ) \times ( SM \times N + SP )$$

$$T/33 \quad 3/T \quad T/5 \quad 4 \quad 4/T$$

(remarquer que sous le symbole Age on a indiqué 3 rubriques et non plus 4, puisqu'il s'agit de la seule population de plus de 14 ans)

---

(1) ou en haut si on n'a pas de place pour tout faire tenir sur une même ligne : ( S1 - S2 - S )

$$( P \times A ) \times ( SM \times N + SP )$$

$$T/33 \quad 4/T \quad T/5 \quad 4 \quad 4/T$$

c) Ordre des rubriques du tableau

On a admis jusqu'à présent que dans les tableaux, l'ordre des rubriques, aussi bien pour la répartition verticale que pour la répartition horizontale était l'ordre croissant des numéros de codes.

Au tableau II par exemple, pour l'âge, on a fait apparaître l'ordre suivant :

0-14 ans	numéro	de	code	I
15-64	"	"	"	2
65 et +	"	"	"	3
ND	"	"	"	X

Certains tableaux peuvent être demandés dans l'ordre inverse de celui des numéros de code : par exemple pour l'âge, en commençant par l'âge le plus élevé :

65 ans et +	numéro	de	code	3
15-64	"	"	"	2
0-14	"	"	"	I
ND	"	"	"	X

Il est donc nécessaire d'introduire dans la notation du tableau une précision supplémentaire; pour cela au lieu d'indiquer à la 2ème ligne simplement le nombre des rubriques prévues, on indique les numéros extrêmes du code inscrits dans l'ordre demandé.

Par exemple, le Tableau II s'écrit, si l'on veut en préciser que l'âge est dans l'ordre croissant :

$$\left( \begin{array}{c} P \\ T/33 \end{array} \times \begin{array}{c} A \\ I-3, X/T \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} SM \\ T/5 \end{array} \times \begin{array}{c} N \\ 4 \end{array} \right)$$

ce qui se lit pour l'âge : rubrique I à 3, puis rubrique X (= N.D.) puis total.

Et le tableau II bis, établi en commençant par l'âge le plus élevé, s'écrit :

$$\left( \begin{array}{c} P \\ T/33 \end{array} \times \begin{array}{c} A \\ 3-I, X/T \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} SM \\ T/5 \end{array} \times \begin{array}{c} N \\ 4 \end{array} \right)$$

ce qui se lit, rubriques 3 à I, puis rubrique X puis total.

Dans la pratique, étant donné que la quasi-totalité des tableaux se fait dans l'ordre des codes, il ne sera pas nécessaire de recourir à ce procédé, et pour simplifier

nous poserons comme principe que lorsque seul le nombre des rubriques est indiqué, le tableau doit se présenter dans l'ordre des numéros de code croissants.

d) Cas où le nombre des rubriques est indéterminé.-

Prenons l'exemple d'un tableau régional comportant une répartition par district. D'une région à l'autre, le nombre de districts est variable; on ne peut donc pas dans une instruction générale indiquer, à la 2ème ligne de la notation, le nombre exact des rubriques. On utilise alors un symbole alphabétique, par exemple la lettre " n ", ce qui donne par exemple le Tableau suivant (D étant le symbole du "District") :

Tableau VII :

$$\begin{array}{ccc} ( D & \times & P ) & \times & ( SM & \times & N ) \\ n/T & & T/33 & & T/5 & & 4 \end{array}$$

Pour chaque région, n vaut 2 ou 3 ou 4 ...

Dans certains cas, le nombre des rubriques est indéterminé, mais on en connaît l'ordre de grandeur (exemple : pour l'activité collective à 3 chiffres, le nombre des postes susceptibles d'être rencontrés dans un District est d'environ 30). On indique alors le nombre approximatif, ce qui donne, par exemple :

Tableau VII bis :

$$\begin{array}{ccc} ( D & \times & P ) & \times & ( SM & \times & N ) \\ n/T & & T/33 & & T/5 & & 4 \end{array}$$

e) Cas de plusieurs étages de totalisation.-

Considérons le Tableau VIII ci-après, dans lequel la répartition totale est la même qu'au Tableau II et la répartition verticale est la suivante :

- l'Age en IOI postes avec :
- un 1er sous-total pour chaque groupe quinquennal,
- un 2ème sous-total pour chaque rubrique du code à 4 postes.
- un total général.



TABLEAU VIII  
(Ensemble des sexes)

AGE (année de naissance)	Même répartition qu'au Tableau II
1959	
1958	
1957	
1956	
1955	
Total groupe 0-4 ans	
1954	
1953	
1952	
1951	
1950	
Total groupe 5-9ans	
1949	
1945	
Total groupe 10-14ans	
Total tranche 0-14ans	
1944	
.....	
.....	
Total tranche 15-64	
.....	
.....	
.....	
1861	
1860	
Total groupe 95-99	
Total tranche 65 & +	
Non déclaré	
TOTAL GENERAL	

Le nombre des lignes du Tableau VIII est:

$$101 + 20 + 3 + 1 = 125$$

Les contrôles à établir pour la tabulation sont:

- contrôle 1er étage : l'année de naissance
- - 2ème - : groupe quinquennal
- - 3ème - : la tranche

et total manuel pour le Total Général

Considérons maintenant le Tableau IX ci-après, qui diffère du Tableau VIII en ce sens qu'on a bloqué à la fin du tableau les différents sous-totaux:

TABLEAU IX  
(Ensemble des Sexes)

AGE (année de naissance)	Même répartition qu'au Tableau II
1959	
1958	
1957	
...	
...	
1861	
1850	
N.D.	
è	
Totaux 0-4	
quinquennaux 5-9	
...	
95-99	
N.D.	
Totaux 0-14	
tranches 15-64	
65 & +	
N.D.	
<b>TOTAL GENERAL</b>	

Pour obtenir ce Tableau IX, il est nécessaire de passer plusieurs fois les cartes dans la tabulatrice, alors que le Tableau VIII s'obtient en un seul passage - ou bien, solution plus élégante, on opérera un premier passage des cartes qui donnera la 1ère partie du tableau, puis on perforera des cartes récapitulatives qui permettront d'obtenir les autres parties du tableau.

De toute façon, le Tableau IX est en réalité la juxtaposition verticale de 3 tableaux correspondant chacun à une répartition de l'Age différente, et cela conduit à adopter pour le Tableau IX la notation suivante :

Tableau IX

$$( A + A + A ) \times ( SM \times N )$$
$$101 \quad 21 \quad 4/T \quad T/5 \quad 4$$

Le nombre de lignes du tableau IX est :

$$101 + 21 + 4 + 1 = 127$$

On remarquera que le Total général a été considéré comme appartenant à la 3ème partie du tableau, car il peut s'obtenir au 3ème passage des cartes dans la tabulatrice, en même temps que la 3ème répartition par tranche d'âge.

f) Cas des totalisations ou "sommations" de certaines zones des cartes.

Jusqu'à présent, nous n'avons étudié que le cas le plus simple où l'on a 1 carte par individu et où l'exploitation consiste à compter les cartes portant certaines perforations déterminées, ce qui s'obtient en ventilant le compte-cartes de la tabulatrice entre diverses colonnes - ou en relevant les indications données par la trieuse à compteurs. C'est le cas le plus général des tableaux statistiques.

Considérons maintenant le cas où l'on a à effectuer la totalisation ou "sommation" de certaines zones des cartes, ce qui est le cas dans les exemples suivants ( qui nécessitent l'emploi de la tabulatrice ) :

1er exemple : On a une carte par individu des salariés et l'on désire connaître le montant des rémunérations versées aux salariés, selon le sexe, l'âge et la profession.

La rémunération est perforée dans une certaine zone

de la carte, il faut lire cette zone au moyen des balais de lecture de la tabulatrice, et envoyer la lecture dans les compteurs ou totalisateurs convenables.

Le Tableau X ainsi obtenu est noté comme suit (R étant le symbole de la Rémunération - et en supposant que l'on doive scinder le tableau en deux tableaux partiels, un pour chaque sexe).

Tableau X

$$(S1 - S2) \quad \underline{\text{Somme de R}} \quad P \times A$$


---


$$33/T \quad T/4$$

Autrement dit, l'indication de la sommation à effectuer ( en remplacement de l'emploi du compte-cartes) est portée à gauche du "produit" symbolique, et soulignée de 2 traits pour attirer l'attention de l'exécutant.

2ème exemple : On a une cartothèque des Ménages avec le nombre des membres du ménage, (soit M) perforé dans les cartes, ainsi que les principales caractéristiques du chef de ménage; on désire connaître le nombre total des personnes du ménage, réparties suivant la profession, l'âge et le sexe du Chef de Ménage. Le Tableau XI correspondant sera noté ainsi :

Tableau XI

$$\underline{\text{Somme de M}} \quad P \times (S \times A)$$


---


$$33/T \quad T/2 \quad 4$$

3ème exemple : Un cas particulier de totalisation de cartes est le cas de l'établissement des tableaux récapitulatifs au moyen de cartes récapitulatives (perforées à raison d'une carte par ligne de chaque tableau partiel).

Reprenons l'exemple du Tableau VII donné plus haut, établi par District dans chaque Région:

Tableau VII

$$\left( \begin{array}{cc} D \times P \\ n/T & T/33 \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{cc} SM \times N \\ T/5 & 4 \end{array} \right)$$

Si l'on veut préciser que le tableau VII R, établi pour les 41 Districts, est un tableau récapitulatif obtenu en totalisant des zones de cartes récapitulatives, on écrira:

TABLEAU VII R

$$\underline{\text{Récap.}} \quad \left( \begin{array}{cc} D \times P \\ 41/T & T/33 \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{cc} SM \times N \\ T/5 & 4 \end{array} \right)$$

En pratique, l'opération à effectuer ne prêtant pas à confusion, on pourra supprimer l'indication "Récap," et le Tableau VII R pourra être noté comme un Tableau ordinaire :

Tableau VII R:

$$( D \times P ) \times SM \times N )$$

$$90/T \quad T/33 \quad T/5 \quad 4$$

g) Cas d'un tableau à colonne unique :

Le Tableau XII ci-dessous, qui comporte une seule colonne donnant la répartition de la population suivant la Profession, se note ainsi;

Tableau XII

P x Ens.

(Ens. = abréviation de ensemble)

TABLEAU XII

:	:	Nombre de:
:	Professions	personnes:
:	:	:
:	Prof. 01	.....
:	02	.....
:	.....	.....
:	33	
:	_____	_____
:	TOTAL	.....
:	:	:

Cette notation trouve principalement son emploi dans le Tableau XIII ci-après qui se note ainsi :

TABLEAU XIII

$$P \times (Ens. + S \times A)$$

$$33/T \quad 1 \quad 2 \quad T/4$$

TABLEAU XIII

Profession	Ensemb.	Sexe M.			Sexe F.		
		0 à 15	15 à 65	65 et ND	0 à 15	15 à 65	65 et ND
		Tot: 14	à 64	+ ans	Tot: 14	à 64	+ ans
Prof. 01							
02							
....							
33							
TOTAL							

Bien remarquer que le Tableau XIII est différent du Tableau XIII bis qui se noterait :

TABLEAU XIII bis

P x ( S x A )  
33/T      T/2      T/4

et se présenterait ainsi :

TABLEAU XIII bis

Professions	Ensemb. des Sex	Sexe M.			Sexe F.		
		0 à 15	15 à 65	65 et ND	0 à 15	15 à 65	65 et ND
		Tot: 14	à 64	+ ans	Tot: 14	à 64	+ ans
Profession 01							
02							
....							
33							
TOTAL							

h) Juxtaposition de comptages et de sommations

Reprenons l'exemple N°1 du § ci-dessus, dans lequel on désire obtenir le montant des rémunérations versées aux salariés en fonction du sexe, de l'âge et de la profession. Supposons qu'en outre, et dans un même tableau on veuille avoir par profession le nombre des salariés de chaque sexe et des deux sexes réunis. On aura un tableau formé en fait de la juxtaposition de 2 tableaux.

On devra, pour obtenir un tel tableau, utiliser à la fois:

- les balais de lecture de la tabulatrice (pour totaliser le montant des rémunérations comme il a été vu au § f)
- le compte cartes (pour dénombrer les salariés.)

Il y aura donc un mélange des deux opérations étudiées jusqu'ici: le comptage et la sonnation.

Le tableau sera en fait formé par la juxtaposition horizontale de 2 tableaux qui se noteraient respectivement:

TABLEAU XIV a

(sous-entendu : comptage)

$$\begin{array}{ccc} P & \times & S \\ 33/T & & T/2 \end{array}$$

TABLEAU XIV b

(Somme de R)

$$\begin{array}{ccc} P & \times & (S \times A) \\ 33/T & & 2 \quad T/4 \end{array}$$

Par suite; le tableau complet se note comme suit:

TABLEAU XIV

Comptage: pour  $P \times S$  et Somme de R, pour  $P \times (S \times A)$

$$\begin{array}{cccc} P & \times & (S + S \times A) \\ 33/T & & T/2 \quad 2 \quad T/4 \end{array}$$

et se présente ainsi :

TABLEAU XIV

Profession	Nombre de salariés		Montant des rémunérations			
	Ensemble	Sexe M	Sexe F	Sexe M	Sexe F	Sexe F
		M	F	0 à 15 ans	15 à 64 ans	65 ans et N.D.
Profession 01						
- 02						
...						
33						
<u>        </u>						
TOTAL	Nombres		Montants (salaires de lecture)			
	compte-					
	cartes)					

Le tableau XIV bis dans lequel les 2 colonnes donnant le nombre de salariés de chaque sexe seraient supprimées, la colonne "Nombre de salariés - ensemble" subsistant seule, se noterait :

Tableau XIV bis

Comptage pour P x Ens. et Somme de R pour P x ( S x A )

$$P \times ( \text{Ens.} + S \times A )$$

$$33/T \quad 1 \quad 2 \quad T/4$$

A) Remarque d'ordre général

Les règles qui viennent d'être exposées permettent de décrire par notation symbolique la plupart des tableaux.

Mais le système proposé n'a pas la prétention d'être absolument universel. Certains genre de tableaux peuvent lui échapper. Il faudra dans ce cas recourir à des explications littérales. Plus généralement, il resté bien entendu que la notation symbolique des tableaux n'exclut pas systématiquement toute indication donnée sous forme

littérale, il est au contraire vivement recommandé, dans les cas déliés de préciser tous les points sur lesquels l'attention des exécutants doit être attirée.

Il est certain que les tableaux XIV et XIV bis par exemple, tout en étant relativement simples de conception, conduisent à des notations qui se révèlent assez compliquées et qui ont surtout été données pour montrer que le procédé est susceptible d'extension.

Dans un premier temps, la notation symbolique ne sera donc utilisée que pour des tableaux simples - les autres tableaux étant décrits explicitement, sous peine d'obliger les exécutants à effectuer une gymnastique intellectuelle hors de proportion avec les économies de frappe et de papier procurées par la méthode, dont l'intérêt serait en définitive moindre que les inconvénients.

Plus tard si la méthode donne satisfaction et entre dans les habitudes, des notations plus hardies pourront être employées.

## II) - MACHINES COMPLEMENTAIRES

- A) L'interclasseuse;
- B) La reproductrice comparatrice;
- C) La Calculatrice;
- D) La traductrice ( ou interpreter )

### A) L'interclasseuse :

Cette machine permet d'interclasser en un seul passage deux fichiers préalablement triés dans le même ordre, à la vitesse de 14.400 cartes à l'heure pour chaque fichier.

Elle comprend deux magasins d'alimentation superposés, le magasin inférieur dit "Primaire" et le magasin supérieur dit "Secondaire"; deux chemins de cartes et quatre cases de réception: la case "Sélection Primaire", la case "Assortiment Primaire en fusion", la case "Assortiment Secondaire" et la case "Sélection Secondaire".

Les cartes posées dans le magasin primaire passent d'abord sous une première rangée de 80 balais dits "balais primaires" de séquence puis, au second cycle, sous une autre rangée de 80 balais dits "balais primaires" et tombent finalement, soit dans la case "sélection primaire", soit dans la case "Assortiment Primaire en fusion", selon le travail demandé.

Les cartes posées dans le magasin secondaire ne passent que sous une seule rangée de 80 balais dits "balais secondaires" au même cycle que celle qui passent sous les "balais primaires"

Entre les "balais primaires de séquence" et les "balais primaires" on peut disposer de 16 positions de contrôle de séquence; entre les "balais primaires" et les "balais secondaires", on peut disposer de 16 positions de contrôle de sélection.

### POSSIBILITES DE L'INTERCLASSEUSE

#### - Interclassement :

C'est l'opération qui consiste à fusionner deux fichiers préalablement triés dans le même ordre. On peut également substituer des cartes du magasin secondaire à des cartes du magasin primaire portant le même indicatif, les secondes tomberont dans la case "Sélection Primaire". Simultanément on peut s'assurer s'il n'y a pas eu d'erreur dans les tris en vérifiant la séquence des cartes. En cas d'erreur, la machine s'arrête.

#### - Sélection :

A l'aide d'une ou de plusieurs cartes chercheuses dont l'indicatif ou les indicatifs sont enregistrés dans les "unités de séquence", on peut sélectionner toutes les cartes du magasin secondaire dont le ou les indicatifs sont identiques, ces cartes tombent dans la case de réception "Sélection Secondaire", les cartes non sélectionnées tombent dans la case de réception "Assortiment Secondaire" et les cartes chercheuses, soit dans la case "Assortiment Primaire en fusion", soit dans la case "Sélection Primaire", selon la connexion effectuée. Ce problème ne peut être résolu que si les deux fichiers ont été préalablement triés dans le même ordre. Toutefois, dans le cas où il n'y a qu'une seule carte chercheuse au Primaire, il n'est pas nécessaire que les cartes du magasin secondaire soient triées pour sélectionner les cartes portant le même indicatif.

On peut également rechercher dans un fichier préalablement trié, des cartes dont les indicatifs sont compris entre deux limites; des cartes déclassées -(par vérification de séquence), etc..

L'interclasseuse est utilisé en particulier pour la mise à jour des fichiers.

Des zones situées à des emplacements différents peuvent être comparées, exemple : Soit un fichier A, dans lequel le sexe est perforé dans la colonne 10 et le groupe d'âge dans les colonnes 15/16, et un fichier B dans lequel le sexe est perforé dans la colonne 8 et le groupe d'âge dans les colonnes 10 et 11. Si le fichier A a été trié sur les colonnes 16/15 et 10 et le fichier B sur les colonnes 11/10 et 8, ces deux fichiers peuvent très bien être comparés à l'interclasseuse.

On notera que cette machine est uniquement numérique, elle ne contrôle donc pas les perforations alphabétiques. Elle ne possède pas de compteurs.

### B) La Reproductrice comparatrice:

Comme son nom l'indique, cette machine est utilisée pour reproduire et comparer, ou comparer seulement, deux fichiers de cartes. Elle fonctionne à la vitesse de 100 cartes par minute et comprend deux chemins de cartes situés l'un derrière l'autre (IBM) ou l'un à côté de l'autre (BULL). Dans le matériel IBM, les cartes défilent sous une rangée de 80 poinçons ( donc ligne par ligne) après avoir été placées face imprimée au-dessous, la ligne des 0 tournée vers l'alimentation. Dans le matériel BULL, les cartes défilent sous un bloc de 960 poinçons qui correspondent à toutes les perforations possibles dans la carte.

Les possibilités standard étant identiques sur les deux matériels, nous ne décrivons que la reproductrice comparatrice IBM.

La machine comprend deux chemins de cartes ou pistes. L'un dit de lecture, dans lequel se trouvent les cartes à reproduire, l'autre dit de perforation, dans lequel se trouvent les cartes à perforer.

Sur le chemin de lecture ou "unité de lecture", on trouve un magasin d'alimentation, une première rangée de 80 balais dits "balais de lecture", puis, un cycle après, une seconde rangée de balais dits "balais de comparaison", et enfin un magasin de réception. Sur le chemin de perforation, ou "unité de perforation", on trouve: un magasin d'alimentation, une rangée de 80 poinçons, puis, un cycle après, une rangée de 80 balais dits "balais de perforation", et enfin un magasin de réception.

## POSSIBILITES DE LA REPRODUCTRICE COMPARATRICE

### - Reproduction:

Les cartes à reproduire sont placées dans le magasin d'alimentation de lecture, les cartes vierges dans le magasin d'alimentation de perforation.

Quand elles passent sous les "balais de lecture", les cartes vierges passent sous les poinçons, et il y a perforation dans les zones désirées. Ces dernières peuvent être identiques ou différentes de celles du fichier que l'on reproduit. Au second cycle, il y a comparaison des zones des cartes reproduites avec les zones des cartes nouvellement perforées. En cas d'erreur de perforation, la machine s'arrête.

On notera que cette machine compare des perforations, quel que soit leur nombre et leur position dans une colonne donnée.

### - Perforation en série :

Dans ce cas, les cartes ne sont placées que dans le magasin d'alimentation de l'unité de perforation. Une carte maîtresse affectée d'une perforation X de commande est placée en tête (à la trieuse), de chaque groupe de cartes détail. Les perforations lues dans une ou plusieurs zones de chaque carte maîtresse sont reproduites automatiquement dans les cartes détail qui les suivent. Il est possible de vérifier l'exactitude des perforations effectuées dans les cartes détail en passant le fichier dans l'unité de lecture, on compare alors les cartes qui passent sous les balais de comparaison avec celles qui passent sous les balais de lecture.

### - Lecture graphique (mark sensing)

Cette machine permet en outre de traduire en perforations des tirets tracés au crayon graphité dans les cartes, on dispose pour cela de 81 balais de lecture graphique formant vingt sept groupes de trois balais.

Dans chaque groupe, les balais extrêmes sont réunis. Le courant ne peut atteindre le balai central que par l'intermédiaire du tiret graphité tracé dans la carte.

Une autre possibilité de la reproductrice consiste à pouvoir la connecter à une tabulatrice pour la perforation de cartes récapitulatives après la prise de certains totaux.



Nota : Le multiplicateur devra toujours être le nombre comprenant le moins de chiffres. Dans l'exemple ci-dessus, si on avait pris le nombre 548 comme multiplicateur, la calculatrice aurait effectué un cycle de plus pour parvenir au même résultat.

On peut également effectuer la multiplication par groupe, c'est-à-dire enregistrer un multiplicateur fixe (non perforé dans les cartes détail) et le multiplier par un nombre quelconque de multiplicandes. Le résultat de chaque multiplication sera perforé dans chaque carte détail.

#### D) La traductrice ( ou interpreter)

Cette machine imprime directement sur les cartes les renseignements perforés en lettres ou en chiffres. Elle comprend un magasin d'alimentation et 60 caractères (IBM) ou 80 caractères (BULL).

Elle fonctionne à la vitesse de 60 cartes à la minute quand elle est alphanumérique et de 75 cartes à la minute quand elle est numérique.

#### Possibilités :

L'impression peut être faite sur trois lignes: A un premier passage à la partie supérieure des cartes; à un second passage entre la ligne des 12 et celle des 11; à un troisième passage entre la ligne des 11 et celle des 0. On peut imprimer tout ou partie des cartes dans un ordre indépendant de celui des perforations.

Cette machine est utilisée pour des fichiers tels que des cartes d'électeurs, des cartes de paye, cartes quittances d'électricité, des cartes stock, etc... destinés à être compulsés manuellement.



ANNEXE I

n°d'identification BULLETIN INDIVIDUEL

n°d'ordre

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

R D C V Conces.n° Année de l'enquête

Résidence:

Région:..... District:.....  
Canton:..... Village:.....  
Concession:..... n°dans la conce.sion.....

-----  
Ne rien écrire dans cette colome  
-----

Nom:.....Prénoms:.....

Né le:.....Village:.....

Canton:.....District:.....

Région:.....Territoire:.....

Race:.....Tribu:.....

Sexe:Masculin  Féminin

Religion:.....

Etat matrimonial(1):Célib.Marié(e) Veuf (ve)Divorcé(e)

Nombre de personnes composant le ménage....

Nombre d'enfants....dont..à charge.

Nombre d'adultes....dont..à charge.

Profession principale:.....secondaire..

Situation dans la profession principale..

Degré d'instruction.....

Langues parlées.....

Signes de richesses.....

Possédez-vous un fusil (1) Oui Non

Dot:.....

Revenu annuel:.....

-----  
(1) rayer les mentions inutiles

## Disposition des cases dans les trieuses.

Alimentation Trieuses I.B.M. 

9	8	7	6	5	4	3	2	I	0	11	12	R
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	---

Trieuses B U L L 

R	12	11	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Codes Alphabétiques :

Code I.B.M.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	A	B	C	D	E	F	G	H	I
11	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
0		S	T	U	V	W	X	Y	Z

Code B U L L :

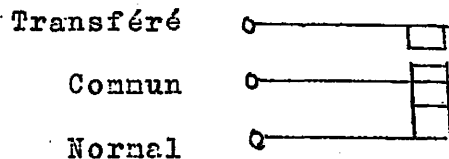
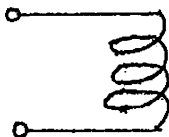
	11	0	1	2	3	4	5	6
7	A	B	C	D	E	F	G	H
8	J	K	L	M	N	P	Q	R
9	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Les lettres i et o sont obtenues par les perforations I et 0

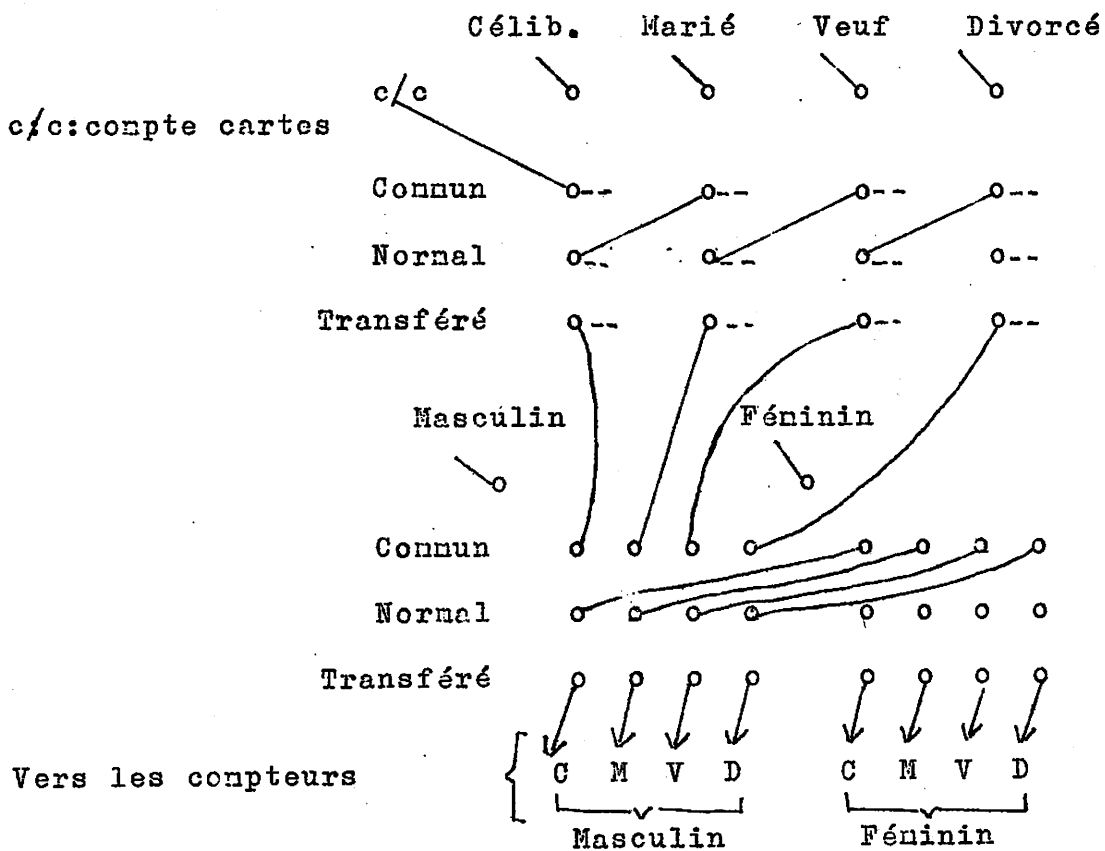
Sélection de ventilation horizontale:

Electro-aimant

ou relais .

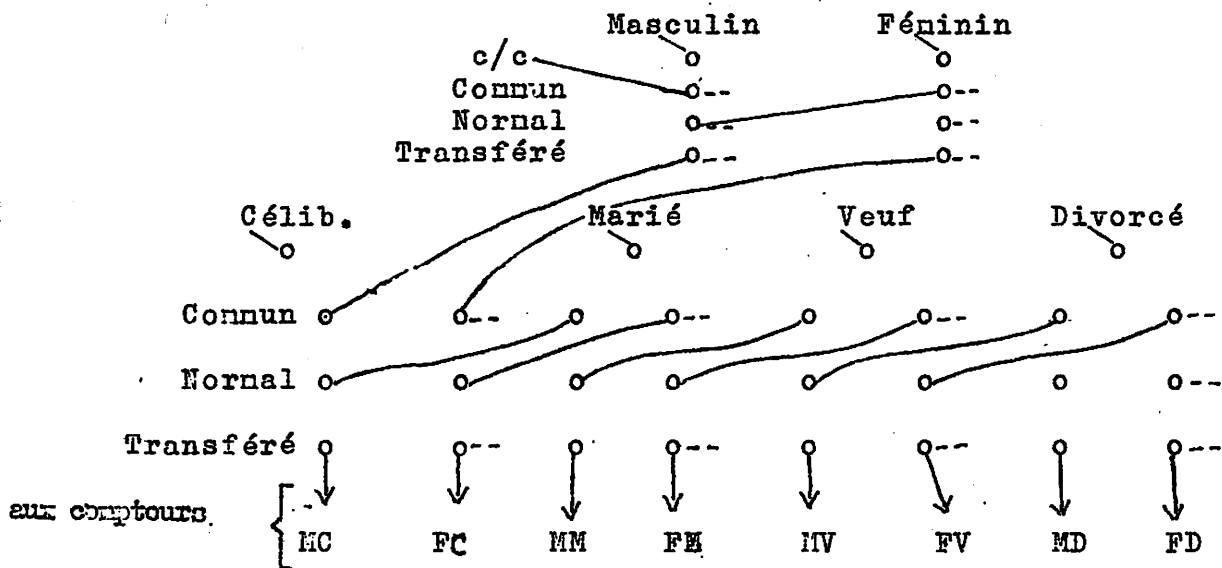


Exemple 1 :

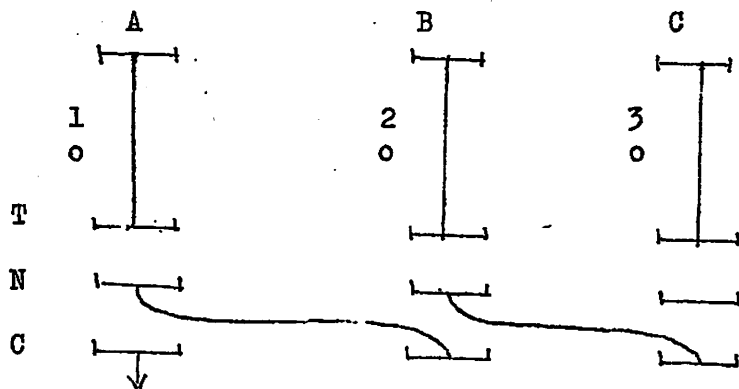


Sélection de ventilation horizontale:

Exemple 2 :



Sélection de regroupement



Vers le compteur

# EXPOSE SUR LE CALCUL AUTOMATIQUE

PAR J.P. PERRIER

## I. - GENERALITES

- a) atelier de calcul automatique
- b) organes et fonctionnement des calculateurs électroniques;
- c) calculogramme

## II.- LA PROGRAMMATION

## III.- CALCUL NUMERIQUE

Exemple sur une méthode de calcul numérique appliquée à l'analyse statistique.

## IV. - BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

## I. - GENERALITES

Différents domaines, différentes techniques, et particulièrement les plus récentes, comme la recherche opérationnelle appliquée à l'industrie ou au négoce, la recherche scientifique ( énergie nucléaire, études sur le cancer), la gestion des grandes entreprises (électricité, gaz, sociétés de transports, banques); enfin, le dépouillement des enquêtes statistiques, nécessitent l'emploi de moyens de calcul importants.

Pour faire face à ces besoins au fur et à mesure de leur apparition des méthodes et des machines nouvelles doivent être sans cesse créées. Depuis le calcul manuel jusqu'aux modernes calculatrices électroniques, la vitesse d'exécution n'a cessé de croître. Ainsi la multiplication d'un nombre de 10 chiffres par un autre de même importance demande :

à la main: 10 minutes

à la machine de bureau mécanique: 1 à 2 minutes

à la machine de bureau électrique : 15 à 20  
secondes

avec un calculateur électronique : 1 à 20 millis  
secondes

suyvant le type. Des calculatrices 20 fois plus rapides sont déjà à l'étude.

Une heure de calcul sur ordinateur, en remplace mille cinq cents effectuées avec une machine de bureau.

La supériorité des calculateurs électroniques ne réside pas uniquement dans une plus grande rapidité, mais encore dans le fait qu'elles peuvent :

a) conserver dans des "mémoires" un grand nombre de données et de résultats;

b) effectuer des opérations logiques : comparaison de deux nombres a et b entre eux, intersections ou réunions de plusieurs éventualités.

Parmi les modèles de calculatrices actuellement existantes, nous citerons :

- Pour la Société I.B.M. types : 650, 704 et 705
- Pour la Compagnie des Machines Bull : Gamma A.E.T.  
Gamma 60.
- Pour la S E A : C A B
- La calculatrice Ferranti

#### A.- L'atelier de calcul automatique

1°/ Le Personnel doit comprendre :

- des analystes qui étudient le problème, recherchent la méthode de traitement la plus efficace et la plus rapide, établissent le calculogramme, tracent les grandes lignes du programme d'instructions, en langage-machine ou en langage symbolique.

- des programmeurs qui traduisent en code, opération par opération, le schéma des calculs à effectuer (programme); vérifient le programme ( mise au point).

- des agents de perforation et de vérification qui établissent les cartes sur lesquelles sont perforés programme et données numériques;

- des opérateurs qui s'occupent du matériel mécanographique traditionnel.

- Un ou deux suiveurs de calcul qui surveillent le déroulement du calcul et la bonne marche de la machine.

2°/ Le Matériel composé de :

- L'ensemble de calcul

- Des machines annexes: perforatrices, vérificatrices, trieuses, interclasseuses, poinçonneuses, tabulatrices,... qui constituent un atelier mécanographique normal et ne sont pas, à l'exception des perforatrices et vérificatrices indispensables.

#### B.- Organes et fonctionnement des calculatrices électroniques

Une calculatrice électronique est composée d'un ensemble d'éléments appelés "mémoires" reliés entre eux par des circuits plus ou moins complexes.

Ces mémoires peuvent être distinguées par leur principe et par la fonction qu'elles remplissent.

## 1°/ Classification selon leur principe de fonctionnement

Les différents types de mémoires sont caractérisés par le temps d'accès ( temps nécessaire pour transférer le contenu de l'une d'elles dans une autre). Nous distinguerons :

- Les mémoires rapides ( temps d'accès de l'ordre de quelques micro-secondes), à capacité, à tubes cathodiques, à torcs magnétiques.
- Les mémoires à temps d'accès moyen (milliseconde):  
tambour magnétique : cylindre recouvert d'une couche d'oxyde magnétique, lecture par une ou plusieurs têtes;
- Mémoires à ultra-son ( utilisation de l'effet piézo-électrique)
- Les Mémoires lentes (seconde): ruban ou fil magnétique, cartes, bandes perforées;

## 2°/ Classification selon la fonction

- Mémoire de stockage;
- Mémoires de calculs : effectuent les quatre opérations et les opérations logiques;
- Mémoires programme : servent à l'enregistrement du programme codifié;

Chaque mémoire comprend un certain nombre de positions: 10 sur I.B.M. 650 + le signe 11 sur I.A.E.T.Bull, + le signe ; chaque position se subdivise en parties élémentaires, elle permet d'enregistrer un chiffre. Les parties élémentaires définissent le chiffre par ses composantes; on sait en effet qu'un nombre peut être représenté par le polynôme :

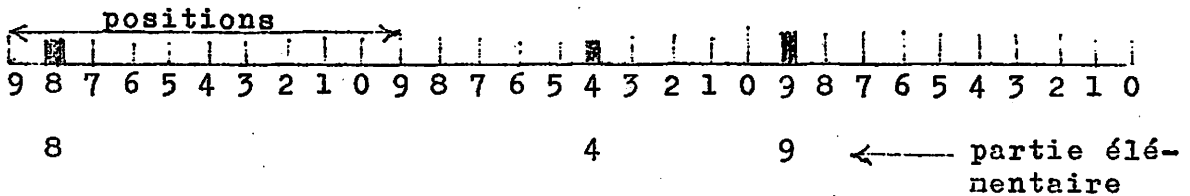
$$N_x = ax^0 + bx^1 + cx^2 + \dots + kx^{n-1}$$

x étant la base du système de numération

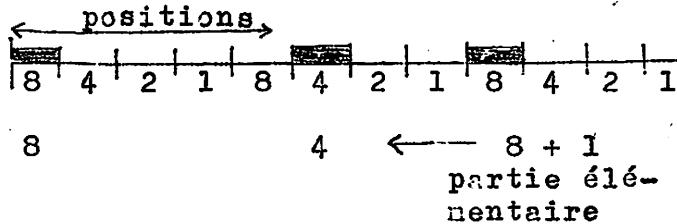
Ainsi dans le système décimal 849 s'écrit :

$$N_{10} = 9 \times 10^0 + 4 \times 10^1 + 8 \times 10^2$$

et sa matérialisation dans une mémoire nécessiterait 3 positions, chacune comportant dix parties élémentaires :



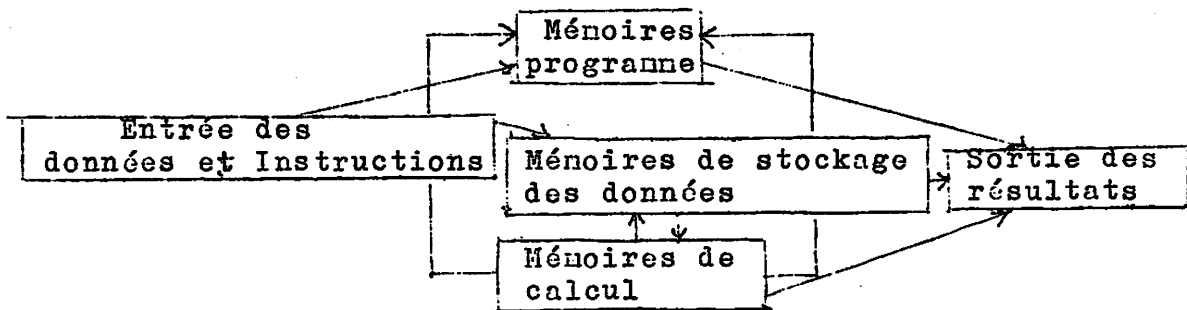
alors que dans le système semi-binaire, nous aurons :



d'autre part, le système semi-binaire permet de former avec une seule position de 4 parties élémentaires tous les nombres de 0 à 15 ( système Bull ) ou de 0 à 12 ( système I.D.M. ) alors que le système décimal est limité à ceux compris entre 0 et 9.

Une calculatrice électronique comprend également des régénérateurs d'impulsions, des circuits à redresseurs, des lignes retard.... etc...

Nous pouvons le schématiser ainsi :



Les organes d'entrée et de sortie peuvent être, soit des tabulatrices, soit des lecteurs-perforateurs de bande, soit des lecteurs-enregistreurs de bandes magnétiques, soit encore, pour les organes de sortie, des poinçonneuses.

Des tentatives ont été faites pour enregistrer données et instructions sur pellicules photo-sensibles.

En général la vitesse de fonctionnement des calculatrices est limitée par les organes mécaniques qu'ils comportent, or ceux-ci sont surtout utilisés à l'entrée et à la sortie, d'où de nombreux essais tendant à s'affranchir des servitudes dues à l'inertie des pièces en mouvement. Nous pouvons citer le dispositif utilisé sur I.B.M. 704 : l'impression des résultats s'effectue sur une feuille de papier mince qui constitue un diélectrique perforé par des étincelles, la vitesse d'impression atteint 1500 lignes à la minute.

Nous allons donner quelques caractéristiques de deux calculateurs électroniques de moyenne puissance, le

□ AET de la Cie des Machines Bull et le calculateur 650 de la Société I.B.M.

1°/- □ A.E.T.

Système de numérotation : décimal codé : 1,2,4,8  
Fréquence : 280 k Hertz  
Capacité maximum : 196.608 chiffres décimaux ou 49.152 instructions.  
Vitesse de rotation du tambour : 2750 tours/minute  
Temps d'accès maximum : 22 millisecondes  
Mode de transfert vers les circuits de calcul : par blocs de 16 nombres.  
Capacité maximum des mémoires rapides : 852 chiffres décimaux ou 144 instructions.  
Temps d'accès : 170 u.secondes  
Temps de transfert : 170 u.secondes  
Circuits arithmétiques : nombres de 12 chiffres décimaux  
Temps d'addition moyen en virgule flottante, 11,7 millisecondes  
Lecture de cartes : 150 c. à la minute  
Perforation de carte : 75 c. à la minute.

2°/ - I.B.M. 650

Système de numérotation : décimal codé : 6-3-2-1-0  
Fréquence : 125 k Hertz  
Capacité maximum : 20.000 chiffres décimaux ou 2000 instructions.  
Vitesse de rotation du tambour : 12.500 tours/minute  
Temps d'accès maximum : 4,8 millisecondes  
Mode de transfert vers les circuits de calcul : 1 nombre à la fois  
Capacité maximum des mémoires rapides : 30 chiffres décimaux ou 3 instructions  
Temps d'accès : 96 micro/secondes  
Temps de transfert : 192 micro/secondes

Circuits arithmétiques : nombres de 10 chiffres décimaux  
Temps d'addition moyen : 5,238 milli/secondes  
Temps de multiplication moyen : 12,8 milli/secondes  
Locture de cartes : 200 cartes/minute  
Perforation sur la carte donnée : impossible.

C.- Le calculogramme nécessite :

- Le calcul ordonnance respectant l'ordre imposé par le demandeur ( physicien, mathématicien, comptable... )

- Le recours éventuel à des sous-programmes : programmes très fréquemment utilisés et établis une fois pour toutes : calcul des logarithmes, des lignes trigonométriques, fonctions de Bessel, résolution de système linéaire, coefficients de régression, de corrélation, taux, etc...

- La prise en considération de :

- l'encombrement des mémoires
- la durée d'exécution des calculs
- la durée de préparation du programme
- la durée de la mise au point.

La préparation du calculogramme suppose que l'analyste a fait préalablement le choix de la méthode numérique qu'il convient d'utiliser en tenant compte de critères tels que : possibilité de contrôle des calculs, précision désirée du ou des résultats, temps de calcul.

Ce travail préliminaire terminé, il convient d'établir la liste des sous-programmes nécessaires, puis de déterminer l'enplacement qui sera occupé sur le tambour magnétique par :

- le programme d'instructions
- les sous-programmes
- les données
- les résultats.

enfin les grandes lignes du programme sont tracées et les temps de calcul de chacune de ces parties sont estimés.

II.- LA PROGRAMMATION

peut être divisée en : -programmation symbolique  
-programmation codée.

## 1°/ Programmation symbolique

Toutes les mémoires du tambour sont numérotées de 1 à n. Chaque numéro définit "l'adresse" de la mémoire, le programme utilise des notations conventionnelles.

Ex: Mul 192                    1065    RAN 1066

pourrait se lire : multiplier le nombre contenu dans la mémoire N°192 par celui contenu dans la mémoire 1065, ranger le résultat dans la mémoire 1066.

La programmation symbolique n'est pas directement utilisable par le calculateur électronique, celui-ci fonctionne en effet, selon le principe de la programmation codée. Tout programme symbolique doit donc être transformé en programme codé.

Cette opération s'effectue automatiquement sur la machine à l'aide d'un sous-programme dit de codification qui transforme en code les symboles conventionnels utilisés.

En conséquence, nous étudierons plus particulièrement la :

- Programmation codée : elle diffère selon le type de machine utilisé. Nous allons choisir des exemples de programmation sur  $\Gamma$  A E T de moyenne capacité ( 8.192 mémoires)

A. - Structure du  $\Gamma$  A.E.T. 8.192 mémoires l'entrée et la sortie s'effectuant, par exemple, sur tabulatrice B.Z.

- 1) - Le tambour est divisé en 64 "pistes"
  - Chaque piste est divisée en 8 "blocs"
  - Chaque bloc est divisé en 16 "mémoires"
  - 8 mémoires constituent une "octade".
  
- 2) - Les mémoires rapides sont au nombre de 64 réparties en 4 "groupes" de 16 mémoires. Les données ou instructions doivent être obligatoirement traitées par l'intermédiaire des mémoires rapides. Elles sont transférées par "bloc" de 16 mémoires du tambour dans l'un des 4 groupes choisis.

L'adresse d'une mémoire tambour est définie par :

- Le numéro de piste
- Le numéro du bloc à l'intérieur

- Le numéro de l'octade (1)
- Le numéro de la mémoire à l'intérieur de l'octade.

Sur le tambour, on désigne les 2 octades d'un bloc par "octade paire" et "octade impaire".

Toute octade comprend 8 mémoires numérotées de 8 à 15.

L'organe de calcul comporte 7 mémoires supplémentaires numérotées de 1 à 7 : la mémoire 1 est dite "mémoire opérateur" et effectue les calculs. Les mémoires 3 et 4 servent au départ du calcul.

Exemple d'adresse d'une mémoire :

Mémoire 9  
Octade paire  
Bloc 6  
Piste 37

Après transfert dans le groupe 2, l'octade portera le N°4.

Toute opération sur un nombre contenu dans le tambour exige :

- Le transfert de ce bloc dans un groupe de mémoires rapides
- La commutation de l'octade intéressée
- L'appel de la mémoire
- Son rangement en mémoire 3 ou 4
- L'opération
- Le renvoi du résultat dans le tambour.

Nota 1 : Afin de gagner du temps lors des transferts, le programme doit autant que possible faire appel à des nombres rangés selon le numéro de mémoire dans chaque bloc. Ainsi lorsque 8 nombres devront être traités successivement, ils seront tous rangés dans une même octade, appelés ensemble dans les mémoires rapides, traités un par un, renvoyés globalement dans le tambour.

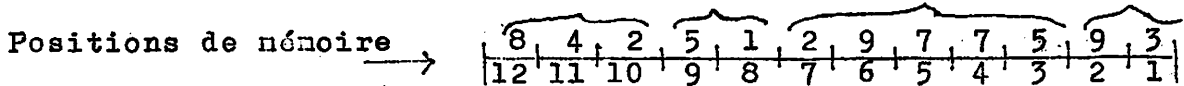
---

(1) - Numérotation des octades : à chaque groupe correspondent 2 octades;

Au groupe 0	correspondent	les octades	0 et 1
- - 1	- -	- -	2 et 3
- - 2	- -	- -	4 et 5
- - 3	- -	- -	6 et 7

elles ne portent un numéro distinctif qu'après transfert dans les mémoires rapides.

Nota II \* Une mémoire ayant 12 positions, il est possible qu'elle contienne plusieurs nombres, à condition que la somme des chiffres n'excède pas 12:



Ainsi la mémoire schématisée ci-dessus contient 4 nombres. Pour préciser leur emplacement, l'on indique le N° de la position de début ( ordre début ) et le N° de la position de fin ( ordre fin). Ainsi dans l'exemple ci-dessus, le nombre 29775 a pour ordre début 7 ; et pour ordre fin 7.

Une instruction de programme occupe 4 positions  
0 à 15 :

- la première indique le type d'opération à effectuer
- la seconde l'adresse
- la troisième l'ordre début
- la quatrième l'ordre fin

La troisième et la quatrième lorsqu'elles n'intéressent pas un nombre servent parfois d'instruction de commande.

B.- Quelques uns des codes utilisés

- T0.0 - Type d'opération 0 ( zéro )

Si l'adresse est comprise entre 8 et 15 = variante point machine (V.P.L.)(1)

Si adresse nulle, renvoie à une ligne (2) du programme déterminée par l'ordre début et l'ordre fin.

Si adresse comprise entre 1 et 3 = opération logique → décision → renvoi à une ligne du programme.

---

(1) Opérations complexes dont l'explication ne saurait être donnée dans le cadre de cet exposé.

(2) Les programmes sont rédigés sur des feuilles comportant 64 lignes numérotées de 0 à 63. Chaque ligne correspond aux 4 positions d'une instruction.

T0.1 - Variante changement de série.

renvoi sans condition préalable à une ligne du programme, sert également de sécurité après un transfert tambour (nécessité de prévoir un certain délai lors d'un transfert tambour car le temps d'accès au bloc sélectionné est variable et fonction de la distance du point sur lequel est arrêtée la tête de lecture au point où doit s'effectuer la nouvelle lecture).

T0.2 - Transfert des mémoires rapides au tambour ou l'inverse selon qu'il s'agit de la première ou de la seconde opération l'ordre fin est pair ou impair.

T0.3 - Effacement de mémoire

T0.4 - Envoi d'un nombre constant

T0.6 - Appel d'une mémoire en mémoire opérateur

T0.8 - Envoi du contenu de la mémoire opérateur dans une autre mémoire

T0.9 - Comparaison de nombres  
(exemples d'une séquence de programmation ( voir tableau de code)).

N°de ligne:	T0	AD	OD	OF	Commentaire					
0	:	2	:	5	:	5	:	7	:	transfert du bloc 3 piste 2d
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	en groupe 2 de mémoires rapides
1	:	1	:	-	:	-	:	8	:	V.C.S. de sécurité renvoyant en
2	:	1	:	8	:	-	:	5	:	ligne 2 commutation de l'Octade 5
4	:	6	:	9	:	-	:	-	:	appel du contenu entier de la
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	mémoire 9
5	:	8	:	3	:	-	:	-	:	envoi de celui-ci en mémoire 3
6	:	6	:	10	:	-	:	-	:	appel du contenu de la mémoire 10
8	:	8	:	4	:	-	:	-	:	envoi de celui-ci en mémoire 4
9	:	1	:	2	:	13	:	11	:	Code de la division (contenu de M3
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	divisé par M4
10	:	8	:	11	:	-	:	-	:	Envoi du quotient en mémoire 11
11	:	2	:	5	:	5	:	6	:	Rangement dans le tambour
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	(transfert)
12	:	1	:	-	:	3	:	4	:	VCS de sécurité renvoyant en
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	ligne 13
13	:	:	:	:	:	:	:	:	:	

La combinaison de ces différents types d'opérations permet d'effectuer les calculs les plus complexes. Ainsi l'on réalise des "Boucles" de calcul qui consistent à répéter "n" fois la même opération.

Principe d'une boucle : dans une mémoire vierge X ajouter 1 unité après chaque calcul, modifier à chaque itération les adresses, ordres débuts et ordres fins des mémoires intéressées par addition ou soustraction, comparer le contenu de X et se renvoyer en début de séquence si  $X \neq n$ , si  $X = n$  passer à la séquence suivante.

Il existe en réalité une infinité de principes possibles de "bouclage": lors d'une intégration par la méthode des trapèzes, l'on comparerait le contenu d'une mémoire qui annulerait  $n$  fois le pas d'intégration à celui d'une autre ou figurerait la borne supérieure de l'intervalle d'intégration.

### Exemple de calculogramme

Intégration de la fonction  $y = f(x)$  entre  $x_0 = a$  et  $x_n = b$ .

- 1°/ Faire le programme général de calcul de  $f(x)$
- 2°/ Effectuer le calcul de  $f(x)$  avec  $x = x_0$
- 3°/ Ranger le résultat en mémoire k
- 4°/ Répéter le calcul avec  $x = x_0 + h$  ( $h$ =pas d'intégration)
- 5°/ Ranger  $x_0 + h$  en mémoire n
- 6°/ Ajouter  $f(x_0)$  et  $f(x_0 + h)$  l
- 7°/ Multiplier par  $\frac{h}{2}$
- 8°/ Ranger le résultat en mémoire P
- 9°/ L'ajouter au contenu de la mémoire 9 vierge au départ
- 10°/ Ranger  $f(x_0 + h)$  en mémoire l
- 11°/ Comparer  $x_0 + h$  à "b"
- 12°/ Ajouter une nouvelle fois  $x h$
- 13°/ Si  $x_0 + h \neq "b"$  se renvoyer avec la nouvelle valeur de  $x$  :  $x_1 = x_0 + h$  en 2°/
- 14°/ Si  $x_0 + h = "b"$  afficher la dernière valeur de  $F(x)$  (en mémoire 9)

### III.- Exemple de calcul numérique.

Le calcul numérique a pour but de permettre le calcul des expressions mathématiques en les ramenant à une succession d'opérations faisant intervenir seulement les 4 règles.

UTILISATION D'UNE EXTENSION DU PROCÉDE DE CHIO

POUR LE CALCUL RAPIDE DES COEFFICIENTS DE REGRESSION

LINEAIRE

L'ajustement d'un "Plan" d'estimation de la forme  $y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + a_{n+2}$  à un ensemble de "n" observations nécessite, lorsque l'on utilise la méthode des moindres carrés, le calcul d'un système linéaire constitué de n équations normales.

Lorsque "n" est plus grand que 3, sa résolution par les procédés classiques (emploi des déterminants ou inversion de matrice) est relativement longue et pénible.

Nous nous proposons d'indiquer ici une méthode de calcul, combinant l'emploi de la notation matricielle et du procédé de CHIO, destinée à rendre les opérations plus rapides et plus sûres.

Afin de faciliter l'exposé, nous allons raisonner sur des exemples :

Considérons le modèle :

$$Y_i = a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + a_3 X_{i3} + a_4 X_{i4} + (R)$$

dans lequel  $X_{i4} = (1 \ 1 \ 1 \ \dots \ 1)$  sert à déterminer le terme constant lorsque l'on envisage entre les variables une relation de la forme :

$$Y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4$$

(R) étant le vecteur des résidus -

Soit en notation matricielle :

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & X_{n4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix}$$

y
x
a
R

ou encore  $y = Xa + R$

Le vecteur solution  $a$ , s'obtient, méthode des moindres carrés, par :

$$(a) = (X'X)^{-1} (X)' (Y) \quad \text{III)}$$

ou

$$(X'X).(a) = (X)' (Y) \quad \text{IV)}$$

La forme III oblige à faire trois produits et une inversion de matrices, alors que la forme IV nécessite seulement deux produits de matrices et la résolution d'un système linéaire - Ce système peut être traité par le calcul matriciel, ce qui nous ramènerait à III, ou par toute autre méthode de résolution: relaxation, élimination, déterminante, GAUSS SEIDEL et notamment le procédé de CHIO.

Celui-ci est basé sur le fait que l'on ne change pas la valeur d'un déterminant lorsque l'on retranche terme à terme d'une ligne ( ou d'une colonne), le produit d'une autre ligne ( ou colonne) par un scalaire.

Considérons par exemple, le déterminant :

$$D = \begin{array}{ccc} : & a & b & c & : \\ : & a' & b' & c' & : \\ : & a'' & b'' & c'' & : \end{array}$$

En divisant par  $a$  la première ligne, nous avons :

$$D = a \begin{array}{ccc} : & 1 & \frac{b}{a} & \frac{c}{a} & : \\ : & a' & b' & c' & : \\ : & a'' & b'' & c'' & : \end{array}$$

Retranchons terme à terme de la 2ème ligne le produit de la 1ère par  $a'$  :

$$D = a \begin{array}{ccc} : & 1 & \frac{b}{a} & \frac{c}{a} & : \\ : & 0 & b' - \frac{a'b}{a} & \frac{c' - a'c}{a} & : \\ : & 0 & b'' - \frac{a''b}{a} & \frac{c'' - a''c}{a} & : \end{array}$$

$$\text{soit } D = a \begin{array}{ccc} : & b' - \frac{a'b}{a} & c' - \frac{a'c}{a} : \\ : & a & a : \\ : & b'' - \frac{a''b}{a} & c'' - \frac{a''c}{a} : \\ : & a & a : \end{array}$$

Nous avons ainsi ramené un déterminant d'ordre 3 au produit d'un scalaire par un déterminant d'ordre 2.

En écriture indicielle, le tableau de calcul de CHIO s'en déduit :

$$\begin{array}{ccccccc} : & a_{11} & : & a_{12} & : & a_{13} & : \\ : & a_{21} & : & a_{22} & : & a_{23} & : & \text{I} \\ : & a_{31} & : & a_{32} & : & a_{33} & : \\ \hline : & & : & \frac{a_{12}}{a_{11}} & : & \frac{a_{13}}{a_{11}} & : & \text{A} \\ : & & : & a_{11} & : & a_{11} & : \\ \hline : & & : & a_{22} - \frac{a_{21}a_{12}}{a_{11}} & : & a_{23} - \frac{a_{21}a_{13}}{a_{11}} & : & \text{II} \\ : & & : & a_{11} & : & a_{11} & : \\ : & & : & a_{32} - \frac{a_{31}a_{12}}{a_{11}} & : & a_{33} - \frac{a_{31}a_{13}}{a_{11}} & : \\ : & & : & a_{11} & : & a_{11} & : \end{array}$$

En désignant par : zone I le déterminant de départ  
zone II le déterminant réduit  
pivot le diviseur d'une ligne (ou colonne)  
(terme encadré)

La zone II s'obtient en effectuant les opérations suivantes :

1°/ - Diviser les termes de la première ligne par le pivot, les placer sous la colonne qui correspond au dividende où ils forment la ligne A-

2°/ - Les termes de la zone II notés  $b_{ij}$  se calculent par :  $b_{ij} = A_i + 1$

3°/ En répétant ce processus sur la zone II, on obtient enfin un terme unique.



le signe - devant a et b étant dû au fait que ces pivots ont respectivement dans les zones II et III les indices 2,1.

Le procédé de CHIO s'étend aux systèmes linéaires -

Dans l'exemple précédent la colonne contrôle peut être assimilée au vecteur des seconds membres dans le cas où tous les  $X_i$  sont égaux à 1.

Exemple numérique :

Soit à résoudre :

$$2x_1 + 4x_2 - 6x_3 = -32$$

$$x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 16$$

$$-3x_1 + x_2 + 3x_3 = 3$$

Nous formons le tableau :

$X_1$	:	$X_2$	:	$X_3$	:	Y	:	Contrôle	:
(2)	+	4	-	6	:	-32	:	-32	:
1	-	2	+	2	:	16	:	17	1
-3	+	1	+	3	:	3	:	4	:
		2	-	3	:	-16	:	-16	A
		$\frac{-4}{7}$	+	5	:	32	:	33	II
		7	-	6	:	-45	:	-44	:
			-	$\frac{5}{4}$	:	-8	:	$\frac{-33}{4}$	B
				$\frac{11}{4}$	:	11	:	$\frac{-55}{4}$	III
					:	(4)	:		:

Nous avons progressivement éliminé  $X_1$  dans la zone II et  $X_2$  dans la zone III. La valeur de  $X_3$  est trouvée par la dernière division ici :  $X_3 = 4$  pour obtenir  $X_2$  nous remontons en B où nous avons  $y = ax_3 - x_2$

$$\text{soit } -8 = -\frac{5}{4} \cdot 4 - x_2$$

$$\text{ou } X_2 = -3$$

de même dans A

$$X_1 = Y - ax_3 - bx_2$$

$$\text{avec : } Y = -16$$

$$X_3 = 4$$

$$X_2 = -5$$

$$X_2 = -3$$

$$a = -3$$

$$b = 2$$

} Valeurs précédemment  
trouvées

$$\text{d'où } X_1 = -16 - (-3)(4) - (2)(-3)$$

$$X_1 = 2$$

-----

Application de la méthode à un exemple numérique (données tirées du Cours d'analyses statistiques de M.M. Morice, Directeur de l'Ecole d'Application de l'INSEE et CHARTIER, Administrateur de l'INSEE ).

Relations entre la résistance à la traction R et la teneur en carbone C et en Manganèse  $M_n$  de 20 échantillons d'acier.

Les auteurs de l'exemple envisageaient une relation de la forme :  $R = a M_n + bC + c$

$$\text{en posant } M_n = X_1$$

$$C = X_2$$

$$R = y$$

$$a = a_1$$

$$b = a_2$$

$$c = a_3$$

Nous avons  $y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3$  1)

introduisons  $X_3 = (11\dots\dots\dots\dots\dots\dots 1)$

soit  $(X_i) = (a_1 \ a_2 \ a_3) (X_{i1} \ X_{i2} \ X_{i3}) + (2_i)$

ou  $(X'X) (a) = (X)' (Y)$

soit, avec les valeurs numériques :

$$\begin{pmatrix} 57.706 & 51.874 & 1.068 \\ 51.874 & 54.269 & 959 \\ 1.068 & 959 & 20 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 77.580 \\ 76.238 \\ 1.439 \end{pmatrix}$$

$a_3$	$a_2$	$a_1$	Y	Contrôle	Sommes
(20)	959	1068	1439	3486	3486
959	54269	51874	76238	183340	183340 I
1068	51874	57706	77580	188228	188228
	47,95	53,4	71,95	174,3	173,3 A
	8284,95	663,4	7237,95	16186,3	16186,3 II
	<u>663,4</u>	674,8	737,4	2075,6	2075,6
	1,0171842		1,1115465	3,12873	2,12873 B
	-7763,92		-1971,157	-9735,07	-9735,08 III
			0,253886	1,253886	0,253886

$a_1 = 0,253886$

$a_2 = 1,11155 - 1,1718 \times 0,2539 = 0,853$

$a_3 = 71,95 - 53,4 \times 0,2539 - 47,95 \times 0,853 = 17,48$

soit :  $\underline{\underline{R = 0,254 M_n + 0,853 C + 17,5}}$

Données numériques

$X_1 = M_n$	$X_2 = C$	$Y = R$
64	72	96
62	55	82
46	63	83
51	38	61
44	10	39
52	45	68
52	77	95
63	67	92
49	58	78
49	74	94
55	65	88
49	51	75
61	39	64
52	27	53
62	27	56
48	24	49
53	32	57
54	57	78
49	11	42
58	67	80
43		
17		

IV - BIBLIOGRAPHIE

- A) Introduction à l'Algèbre supérieur et au calcul  
Numérique - L. DERWIQUE - Masson et Cie  
120, Bd. St-Germain - PARIS
- B) Cours de programmation  
-----  
Notices techniques  
Cie des machines "Bull"  
Sté I.B.M.
- C) Cours de Recherche opérationnelle KAUFMANN  
au C.N.A.M. 235 rue du Fg. St-Martin  
ou Cie Bull A. Gambetta - PARIS
- D) Méthode de calcul à l'aide des suites CUENOD  
Sciences et techniques - Lausanne ( Suisse )  
P. Feissly - Libraire-Editeur
- E) Compléments de mathématiques ANGOT  
Edité par la Revue d'Optique 165 rue de Sèvres-PARIS
- F) Méthodes mathématiques de l'Ingénieur  
de Karman et Biot (1949)  
Librairie Polytechnique Béranger  
15, rue des Saints-Pères - PARIS
- G) Techniques de calcul numérique  
H. Mineur 1952 (même éditeur que F)
- H) Numérical calculus by William E Mineur  
1949 Princeton University Press
- I) Resolution pratique des équations différentielles  
Legras chez Dunod 92 rue Bonaparte - PARIS 6ème



