

13/97

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

*Ecole Nationale Polytechnique*

*Département : Génie Civil*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie civil*

*Thème*

**MISE EN POINT D'UN LOGICIEL  
D'AIDE A LA GESTION DES  
AUSCULTATIONS SUR  
LES OUVRAGES D'ARTS**

*Proposé par :*  
LTPC

*Dirigé par :*  
Mer K SILHADI

*Etudié par :*  
CHELIHI Med Salah  
BOUKELOUA Smail

*Promotion : 1997*

E.N.P. 10, AVENU HASSEN BADI - EL-HARRACH - ALGER



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

*Ecole Nationale Polytechnique*

*Département : Génie Civil*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie civil*

*Thème*

**MISE EN POINT D'UN LOGICIEL  
D'AIDE A LA GESTION DES  
AUSCULTATIONS SUR  
LES OUVRAGES D'ARTS**

*Proposé par :*  
LTPC

*Dirigé par :*  
Mer K SILHADI

*Etudié par :*  
CHELIHI Med Salah  
BOUKELOUA Smail

*Promotion : 1997*

E.N.P. 10, AVENU HASSEN BADI - EL-HARRACH - ALGER

## ملخص :

إن المعاينة التشخيصية للمنشآت الفنية تعد عاملاً أساسياً لتسيير هذه المنشآت .  
ضمن هذا النطاق قمنا بإنشاء نظام للإعلام الآلي يسمح باستخدام الحاسوب لتخزين المعاينات  
التشخيصية للمنشآت الفنية و هذا بإدخال " الفترة " " المعاينة التشخيصية " على النظام السابق  
( SAGP ) .

## ABSTRACT

The auscultation of civil structures is a necessary in ordre to assure a discriminating management of our work park .

In this context we have to formulate a softwar (SAGP2) permits the computerization of the datas of auscultation done on the works, one introducing in (SAGP) softwar menus the option « auscultation ».

## RESUME

L'auscultation des ouvrages d'arts est un acte nécessaire pour assurer une gestion judicieuse de notre parc d'ouvrages.

Dans ce but nous avons élaboré un logiciel (SAGP2) permet l'informatisation des données d'auscultations effectuées sur les ouvrages d'art ,on introduisant dans le menu de logiciel précédant (SAGP) l'option auscultation.

## DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail à :*

*• Mes très chères parents , pour leur compréhension  
. Que ce mémoire soit l'expression de la profonde affection  
que je leurs porte.*

*• Mes très chers soeurs et frères*

*• Mes chères petites jumelles RAIDA . LOUBNA.*

*• Tous mes amis*

*• Toute ma famille*

*• Tous ceux qui me sont chers .... Et à toi.*

*C.M. SALAH (R)*

*Je dédie ce modeste travail à*

*• A la mémoire de mes grands parents.*

*• Mes chères parents.*

*• Mes chères frères et soeurs.*

*• Mes chères amis*

*B. SMAIL*

## REMERCIEMENTS

*Nous tenons , en tout premier lieu à exprimer  
notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à  
notre promoteur Mr K. SIL HADI dont la bienveillante  
direction et les précieuses orientations nous ont  
constamment accompagnées et soutenues durant le  
développement de cette étude*

*Nous tenons également à remercier Mr BELLAL  
et Mr FACI de L. T. P. C . pour ses conseils avisés et  
son aide précieuse.*

*Tous nos remerciements à Messieur le président  
du jury et le membres des jurys , qui nous font  
l'honneur de juger ce travail.*

*ENFIN nous remercions tous ceux qui ont  
contribué à l'élaboration de ce modeste travail.*

---

<i>Chapitre I : Présentation Générale</i>	1
<i>Chapitre II : Problématique de la surveillance et gestion des ouvrages d'art</i>	3
1- <i>Problématique de la surveillance</i>	3
2- <i>Gestion des ouvrages d'art</i>	6
<i>Chapitre III : Auscultation par contrôles destructifs</i>	12
1- <i>Caractères généraux des essais sur prélèvement</i>	12
2- <i>Essais mécaniques</i>	12
3- <i>Essais physiques</i>	13
4- <i>Essais chimiques</i>	14
<i>Chapitre IV : Auscultation par contrôles non destructifs</i>	17
1- <i>Caractère généraux</i>	17
2- <i>Le métal et les câbles de ponts suspendus</i>	17
3- <i>Auscultation des bétons : Essai sclerométrique</i>	18
4- <i>L'auscultation dynamique des bétons ( Essais ultrasonique )</i>	19
5- <i>La gammagraphie, la radiographie et la radioscopie</i>	26
6- <i>Mesures des déformations générales et des mouvements</i>	28
7- <i>Mesures des forces sur ouvrages</i>	32
8- <i>Etude géométrique des fissures : la Fissurographie</i>	38
9- <i>Les mesures locales de fonctionnement</i>	41
10- <i>Commentaires</i>	46
<i>Chapitre V : Système de gestion des bases de données</i>	47
1- <i>Généralité</i>	47
2- <i>Présentation de DBASE IV</i>	49
<i>Chapitre VI : Présentation du logiciel (SAGP2)</i>	54
1- <i>Introduction</i>	54
2- <i>Architecture générale</i>	55
3- <i>Le module Auscultation</i>	58

4.-Organisation des bases de données	62
5- Différents organigrammes du logiciel	67
6- Exemple	78
Chapitre VII : Conclusion	84
Annexe	87
Bibliographie	99

# *CHAPITRE I*

## *PRESENTATION*

## *GENERALE*

## I- PRESENTATION GENERALE

L'auscultation des ouvrages est une phase de leur surveillance en général .

Elle intervient après l'inspection détaillée et l'interprétation des constatations, c'est-à-dire l'examen des hypothèses émises.

Il n'existe pas de méthode générale d'auscultation applicable à tous les ponts, ni même à une famille de ponts. Les explications recherchées, donc les méthodes à utiliser, diffèrent suivant la nature des désordres constatés.

L'établissement d'un programme d'auscultation succède à un examen très détaillé (inspection détaillée) des désordres constatés lors de la visite préalable ou des visites annuelles de routine. En effet, dans la pratique ,il est nécessaire de se faire une idée des causes possible des désordres, ce sera l'idée directement de l'auscultation.

Les objectifs généraux d'une auscultation sont de deux sortes :

- apprécier la qualité du (ou des ) matériau(x) en place
- analyser le mode de fonctionnement réel de la structure .

Ces deux analyses utilisent les techniques et les moyens élémentaires d'auscultation; néanmoins, le plus souvent, les deux objectifs existent dans une même campagne d'investigation. Il peut en effet arriver qu'une défectuosité du matériau ait une incidence directe sur le fonctionnement de la structure; inversement, le mauvais fonctionnement d'un ouvrage pour des raisons structurelles se manifeste par une détérioration, au moins partielle, de certains des matériaux constitutifs.

Les moyens permettant d'apprécier l'état des matériaux comprennent :

- les études et analyses sur prélèvements
- les techniques d'examen des matériaux en place, soit visuelles, soit par des méthodes plus raffinées et plus puissantes (radiographie, auscultation dynamique, auscultation électromagnétique, méthodes électrochimiques).

Les méthodes permettant d'apprécier le fonctionnement de la structure sont variées, et il est souvent nécessaire de les associer dans une même auscultation.

On peut distinguer :

- les mesures d'ordre topographique ou géométrique (évolution nivellement ou mesure de déformation générale ou de déplacement sous chargement).
- les mesures directes de forces .
- les mesures locales de fonctionnement ( mesure de déformation locale, extensométrie)

Une part importante doit être faite à l'étude des fissures, dans laquelle nous distinguerons l'examen de la géométrie des fissures et de son évolution dans le temps (allongement, augmentation de l'ouverture à vide, apparition de nouvelles fissures), que nous appellerons fissurographie et l'étude du fonctionnement mécanique de la structure au voisinage immédiat d'une fissure ( mesure de respiration, notamment), que nous appellerons fissurométrie.

Ce sont ces moyens que nous allons présenter ci-après.

# ***CHAPITRE II***

## ***PROBLEMATIQUE DE LA SURVEILLANCE ET GESTION DES OUVRAGES D'ART***

## **II- PROBLEMATIQUE DE LA SURVEILLANCE ET GESTION DES OUVRAGES D'ART**

### **II.1- Problématique De La Surveillance [12]**

#### **II.1.1- Introduction**

La surveillance d'un ouvrage donne à tout moment une idée de son état, la surveillance donc est un acte nécessaire pour assurer la sécurité et la gestion des ouvrages.

La surveillance à pour objectifs :

- de suivre l'évolution des dégradations
- de définir les méthodes d'intervention
- d'assurer les opération d'entretien
- de définir l'état de service :
  - état normal : l'ouvrage est maintenue par les opérations d'entretiens
  - état anormal : des mesures doivent être prise pour remettre l'ouvrage en état de service.

#### **II.1.2- Types De Surveillance**

On à trois types de surveillance :

- surveillance continue
- surveillance périodique
- surveillance spéciale

##### **II.1.2.1- Surveillance Continue**

S'effectue par l'observation de l'état général de l'ouvrage, voir les déformations anormales d'élément visible. Toute anomalie observée au cours de la surveillance doit se traduit par une constatation daté, reportée par écrit et classée dans le dossier d'ouvrage.

### II.1.2.2- Surveillance Périodique

Elle comprend les visites annuelles et les inspections détaillées périodiques et particulières.

#### 1)- *Les visites annuelles*

Suite à la surveillance continue tous les ouvrages déclarés douteux sont mis à des visites annuelles.

#### 2)- *Les inspections détaillées périodiques*

Une inspection détaillée est plus complète du côté technique qu'une visite annuelle. Elle permet de définir la santé de l'ouvrage.

Ces inspections détaillées périodiques sont effectuées tous les cinq ans.

#### 3)- *Les inspections détaillées particulières*

Sont réalisées avec la même modalités et la même consistance que les inspection détaillées périodique, et doivent être effectuées en dehors de leur régime de surveillance.

On à trois type de ces inspections:

##### *a- Inspection détaillée de mise en service:*

Elle concerne tous les ouvrages neufs mis en service, et les ouvrages qui ont connu des actions de réparations ou de renforcement.

##### *b- Inspections détaillées complémentaires :*

Elle est lancée à la suite d'une anomalie grave décelée lors de la surveillance continue, ou à l'occasion d'une visite annuelle.

##### *c- Inspections détaillées exceptionnelles:*

Elle est réalisée à la suite d'une crue, glissement de terrain, passage de transports exceptionnelles, séisme...

### **II.1.2.3- Surveillance Spéciale**

Lors de désordres constatés sur un ouvrage paraissent susceptible de mettre en cause la sécurité ou le tenue de l'ouvrage . L'ouvrage dans ce cas est placé sous une surveillance spéciale de manière à assurer la sécurité .

### **II.1.3- Procédure De La Surveillance**

La surveillance est effectuée en général sur les:

- fondations
- infrastructures
- superstructures
- équipements.

#### **II.1.3.1- Fondations**

Lors des inspections détaillées la vérification de l'absence de tassement en terrains susceptible d'instabilité.

Des eaux souterrains agressives chimiquement, peuvent accélérer considérablement la détérioration des fondations. Pour apprécier les risques d'affouillement lors de chaque visites on doit contrôler d'une manière périodique ,et après chaque crue importante, la position et l'état des enrochement et des gabions.

#### **II.1.3.2- Infrastructures**

Elle comprend les culées, les murs en ailes, les murs de soutènement, les piles et les appuis.

- Vérifier s'il existe des fissures dans les murs en ailes et dans les culées ou à l'endroit où ils se rejoignent .
- Vérifier s'il existe des espaces libres inadéquats entre le couronnement de la culée .
- Les appareils et les plaques d'appuis doivent être en bonne état, n'avoir subit aucun corrosion et ne doit pas se trouver cause de force de frottements excessives entre la superstructure et l'infrastructure .

- Contrôle de la position et de l'alignement des appareils d'appuis .

Il faut s'assurer de l'uniformité de la répartition des charges entre les différents appuis et vérifiée plus particulièrement si aucun d'entre eux n'est déchargé .

### II.1.3.3- Superstructures

Il faut vérifier que le béton ne présente pas des défauts aux point d'appuis.

Vérifier l'épaisseur de recouvrement des armatures et les tacher de rouille sur la surface de béton .

Vérifier s'il n'y a pas d'accumulation excessive d'eau ou de débris .

Examiner les éléments qui se trouve au dessous du tablier particulièrement sur les intrados et les poutres de rives .

### II.1.3.4.- Equipements

On réveillera la fixation et le fonctionnement des joints de chaussées . Aucun mouvement latéral relatif des deux parties des joints .

On veillera à nettoyer et déboucher la barbacane et les gargouilles .

La formation éventuelle de vide sous la chaussée aux abouts des tabliers .

## II.2- Gestion Des Ouvrages D'art

### II.2.1- Introduction :

Les infrastructures transports jouent un rôle très important dans le développement d'un pays , en particulier , les ponts.

Une fois le pont ouvert à la circulation et ayant passé le stade de la réalisation, il reste à le maintenir en état de service afin de garantir aux usagers des condition de sécurités et d'utilisation convenable , donc la surveillance et l'entretien de ces ouvrages d'arts est nécessaire .

Quelque soit la qualité du matériau de construction , il finit par perdre ces bonnes caractéristiques avec le temps .les ponts ne font pas exception à cette règle. il sont soumis en plus du gradient du temps aux trafics de plus en plus lourd et intense plus les facteurs naturels tel que les séisme , infiltrations eaux....

La surveillance, et l'auscultation des ouvrages d'arts sont indispensables pour l'entretien et afin d'avoir des mesures de sécurité acceptables pour les usagers. Ceci devrait permettre d'assurer la bonne santé ou la bonne qualité de service de notre parc national d'ouvrages.

## II.2.2- Gestion Des Ouvrages D'art en ALGERIE [11]

Le parc d'ouvrages d'art en ALGERIE constitue un patrimoine à préserver, il se compose de 2630 ouvrages représentant une surface de 858050 m<sup>2</sup>, 1789 ouvrages d'art sur route nationale (RN) et 841 ouvrages d'arts sur chemin wilaya (LW).

L'étendue du territoire de gestion des ouvrages d'arts en ALGERIE laisse apparaître un manque flagrant de surveillance et d'auscultation sur ces ouvrages d'arts, par fois on trouve des ouvrages d'arts inconnus, à cause d'une connaissance très limitée par exemple absence du dossier d'ouvrage, et par fois des connaissances non détaillées et non précises, cela a pour conséquence d'augmenter la durée des interventions et refaire des essais d'auscultation qu'ils sont déjà effectués aux dépens du temps (non informatisation des auscultations).

La gestion des ouvrages d'arts en ALGERIE, et d'après son importance et difficultés a été une des préoccupations du Ministère de l'équipement, elle est basée sur :

- la connaissance du patrimoine: Une connaissance précise de toutes les informations

- de nature fonctionnelles et administratives telles que la localisation de l'ouvrage, données géométriques ..
- la description de l'ouvrage: nature (BA - BP- maçonnerie - mixte - métallique..)
- la date de reconstruction et l'entreprise de réalisation.

- La collecte des informations: Elle se fait sur:

- La vie de l'ouvrage à partir des procès verbaux des visites annuelles
- La nature, la date et le montant des travaux effectués
- Les notes de calculs des ouvrages

- L'utilisation des plans et documents graphiques

- Une programmation annuelle de l'entretien des ouvrages d'art et une politique rationnelle de réhabilitation et de reconstruction : la méthode de programmation de l'entretien ,de la réhabilitation ou de la reconstruction des ouvrages d'art sera élaborée comme suit :

1- Uniformiser le recueil des informations sur l'ouvrage

2- Informatiser le traitement des informations

3- Définir un système permettant d'aboutir à une hiérarchisation des actions à entreprendre suivant des prévisions d'évolution des crédits d'équipement et d'entretien réservés aux ouvrages d'art c'est-à-dire une programmation pluriannuelle des actions de reconstruction et de réhabilitation et une programmation annuelle de l'entretien des ouvrages d'art suivant des critères de classification et d'urgence qui restent à développer.

### II.2.2.1- Le Système SAGP

Le logiciel effectuée dans l'année précédente est un système d'aide à la gestion des ouvrages d'arts basé sur les deux logiciels EDOUART et du L.T.P.C, le premier est un travail fait par un organisme de travail départemental d'ouvrage d'art de quatre directions départemental de l'équipement en FRANCE et le deuxième logiciel est élaboré par le laboratoire du travaux publique du centre pour la gestion des ouvrages d'arts Algériens .

L'objectif principale de ce logiciel est de permettre la gestion informatisées des ouvrages d'arts à partir d'une collection d'informations relatives à la description de l'ouvrage .Tout sur le plan administratif que géométrique dans ce but il ont présenté leur travail sous un menu principal qui comporte cinq options :

Ouvrage , visite , classement , impression et fin (figure II.1)

#### 1)- *Ouvrage*

Cette option permet de définir l'ouvrage d'après ses parties essentielles . Elle a quatre sous options : création , modification , consultation et liste .

**a- Création**

A pour but d'identifier l'ouvrage géométriquement et du cote administratif.

**b- Modification**

Elle permettra de modifier les données d'ouvrage en cas d'erreur de saisie .

**c- Consultation**

Cette option permet de consulter n'importe quel ouvrage a condition d'introduire les bonnes clés , numéro d'ouvrage et numéro du dossier .

**d- Liste d'ouvrages**

Elle permet de visualiser les ouvrages existant dans la base de données .

**2) - Visite**

Cette option permet de stocker les informations relevés lors d'une visite d'un ouvrage quelconque dans la base de données pour le bien suivi de cet ouvrage. Elle comporte quatre sous options:

**a- Création**

Elle permettra de créer une visite c-a-d une relevées maximum d'informations sur les dégradations effectuées cote structure et équipement . Cette sous option permet aussi de donner l'indice de gravite juste après la saisie des dégradations .

**b- Consultation**

Dans cette sous options on consulte les visites effectuées sur les ponts suivant deux choix, une consultation d'une visite quelconque ou de la dernière visite.

**c- Liste Des Visite**

La liste des visites permet de lister les visites existant dans la base de données pour une éventuelle consultation ou modification .

**3) - Classement**

Cette option comporte deux sous options dans la première il y a le classement par wilaya et dans la deuxième il y a le classement général.

**4) - Impression**

Elle permet d'imprimer a la demande :

- Une fiche signalétique a l'aide de la sous option fiche signalétique
- Une fiche d'inspection a l'aide de la sous option fiche d'inspection
- Une fiche de classement par wilaya a l'aide de la sous option classement par wilaya
- Une fiche de classement général a l'aide de la sous option classement générale

**5)- Fin**

Cette option permet de sortir du programme et de revenir aux centre de contrôle du DBASE

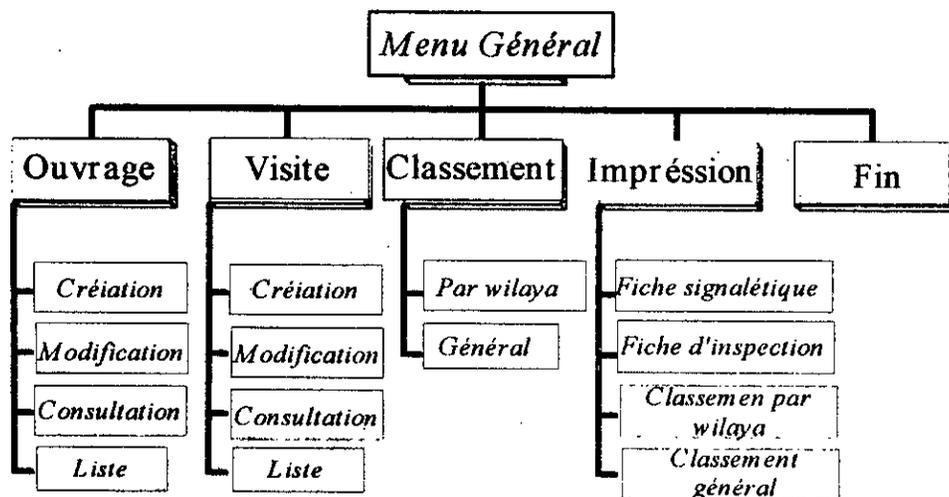


figure II.1 : Menu général de logiciel SAGP

### II.2.2.1.1- Commentaires

Le classement des ouvrages d'arts est un facteur très important pour orienter le gestionnaire à prendre la bonne décision d'où le bon fonctionnement de l'ouvrage.

Le classement effectué dans l'année précédente est basé essentiellement sur un indice d'état ( IE ) qui ne tient compte que de la dégradation présentée sur l'ouvrage (localisation, intensité, extension et évolution ), et il ne repose sur aucun essai ou auscultation . Cette dernière nous permet d'avoir plus d'information sur l'état des éléments du pont avec un détail très important pour la description de la situation actuelle de cet ouvrage .

En plus de l'absence des auscultations ce logiciel reste limité au niveau de la prise des décisions , car c'est l'utilisateur de ce logiciel qui propose les travaux à réaliser en fonction de l'indice d'état .

***CHAPITRE III***

***AUSCULTATION PAR  
CONTROLE DESTRUCTIF***

### **III- AUSCULTATION PAR CONTROLE DESTRUCTIF (Etude Sur Prélèvements) [8].[9]**

Les études effectuées sur prélèvements ont un double objectif: l'identification du matériau en place et l'évolution de ses propriétés .

Rappelons que, pour l'identification du matériau, la consultation de documents qui doivent figurer, en principe, dans le dossier de l'ouvrage, peut être aussi importante que des essais sur échantillons. Il s'agit notamment des procès-verbaux de réception ou des documents d'identification fournis par le producteur.

#### **III.1- Caractères Généraux Des Essais Sur Prélèvement**

Le prélèvement d'un échantillon sur un ouvrage a l'inconvénient majeur être partiellement destructif. Par conséquent, on cherchera à extraire les échantillons les plus petits possibles, en nombre limité au strict nécessaire et aux endroits les moins vitaux de la structure . Il en résulte un deuxième inconvénient, qui est que les renseignements obtenus ne peuvent être représentatifs de l'ensemble de l'ouvrage.

Le plus souvent, on utilisera donc ces échantillons comme référence d'étalonnage ou comme point de comparaison, pour compléter les informations que l'on tirera d'essais non destructifs effectués sur l'ouvrage.

#### **III.2- Essais Mécaniques**

Nous n'entrerons pas dans le détail des essais mécaniques que l'on peut effectuer sur des prélèvements , ce sont les essais mécaniques classiques.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue que ces essais sont effectués sur des éprouvettes dont la forme et la dimension peuvent différer notablement de la forme et de la dimension des éprouvettes normalisées. Dans le cas d'une mesure de résistance du béton à la compression ,il est nécessaire d'établir une correspondance entre ce qu'on trouve sur une éprouvettes normalisée (16×30)et ce que l'on peut trouver sur une carotte de quelques centimètre de diamètre .En particulier ,sur un tel échantillon , un petit défaut localise se traduira par une résistance faible , qu'il faut bien se garder d'étendre à tout l'ouvrage. L'interprétation des résultats est sensible a

toutes les constatations qui pourront être faites de l'extraction des éprouvettes jusqu'aux essais ultimes.

Les essais mécaniques peuvent avoir d'autres objectifs que la recherche d'une résistance à la traction ou à la compression.

Par exemple, l'examen détaillé du diagramme allongement/traction et du faciès de rupture dans le cas d'un échantillon métallique, peut donner des renseignements intéressants sur la nature du matériau employé. C'est ainsi que l'on a pu déterminer que l'ossature de certains ouvrages était constituée de fer puddlé, matériau très utilisé vers la fin du siècle dernier.

### III.3- Essais Physiques

Il s'agit principalement de mesures de densité. On peut notamment utiliser pour ces mesures des appareils de gamma-densimétrie par transparence, difficilement utilisables sur ouvrages. Les résultats de telles mesures ont en général peu de signification en valeur absolue ; mais permettent d'obtenir, par comparaison des renseignements intéressants.

A titre d'exemple un cas récent : un véhicule transportant des matières combustibles a pris feu dans un souterrain dont la structure porteuse est constituée d'un portique. La dalle formant la traverse supérieure a été directement atteinte par les flammes pendant deux heures environ. L'examen de la variation de la densité du béton suivant la hauteur dans des carottes a permis de constater que le matériau avait été détérioré sur 5cm environ d'épaisseur (densité inférieure d'environ 10 % à la densité de la partie saine), alors qu'aucune autre mesure ne pouvait être effectuée.

En particulier, la faible épaisseur intéressée empêchait l'exécution d'essais mécaniques et une auscultation dynamique tentée sur l'ouvrage n'a pu donner de résultats significatifs.

Une autre technique, habituellement utilisée sur ouvrage, peut être appliquée sur des échantillons : il s'agit de l'auscultation dynamique (mesure de la vitesse de propagation d'ondes sonores), qui sera présentée plus loin. Une mesure diamétrale sur une carotte ne peut en général pas donner d'information utile, compte-tenu de la faible dimension du corps d'épreuve. En revanche, une mesure suivant l'axe

longitudinal permet d'obtenir des valeurs de référence auxquelles on pourra se référer si l'on entreprend des mesures sur l'ouvrage. Là aussi le plus grand soin doit être pris lors des interprétations . On devrait donc avoir le réflexe, avant d'effectuer des essais destructifs sur des carottes, de commencer par faire une mesure d'auscultation dynamique dont on pourrait ensuite avoir besoin.

### **III.4- Essais Chimiques**

Ces méthodes d'analyse chimique et physico-chimique sont relativement développées elles ont l'avantage de ne nécessiter que de petits échantillons. Par ailleurs, la nature des renseignements qu'elles donnent fait que le caractère ponctuel du prélèvement est moins gênant que pour les mesures précédemment évoquées.

#### **III.4.1- Caractère Général**

Les études chimiques et physico-chimiques peuvent faire appel à des moyens coûteux . Le type d'essai à effectuer dépend de ce que l'on cherche . Comme pour l'ensemble d'une campagne d'auscultation, il faut donc définir au préalable avec précision l'objectif recherché. C'est le cas en particulier de l'analyse minéralogique d'un béton durci, qui est toujours un cas d'espèce.

#### **III.4.2- Analyse des métaux**

Les méthodes d'analyse métallographique des métaux sont bien connues en métallurgie associées à une détermination des constituants élémentaires par voie chimique, elles permettent de déterminer de façon très complète la nature du métal et sa structure et par la suite d'en connaître les propriétés.

#### **III.4.3- Analyse chimique et minéralogique d'un béton durci**

Les méthodes actuellement opérationnelles sont puissantes et permettent de retrouver la plupart des renseignements sur la composition du béton.

### ***a- Dosage en ciment***

On a d'abord utilisé la propriété de la silice du ciment d'être soluble dans l'acide chlorhydrique, alors que la silice des agrégats ne l'est pas (ou très peu). Actuellement, on procède à une attaque lente par l'acide, qui dissout la totalité du ciment ainsi que les agrégats calcaires; la mesure de la quantité de gaz carbonique produite donne la quantité de calcaire; le reste du "jus" constitue le ciment (ou ce qu'il restait dans l'ouvrage).

### ***b- Nature de ciment***

On peut déterminer la nature des produits dissous par attaque du béton et en déduire ainsi la nature du ciment utilisé (ou tout au moins de ce qu'il en reste). Si en dispose par ailleurs de renseignements suffisants sur le ciment utilisé dans le béton frais, on déduit alors le mécanisme d'attaque et de corrosion qui a pu se produire.

On utilise également des méthodes d'analyse minéralogique et thermique.

### ***c- Dosage en ciment***

Il existe des méthodes permettant de remonter jusqu'à la composition du mélange "sec" initial et à la qualité d'eau liée (eau de constitution du ciment durci). Par des méthodes de mesure de densité, on peut également évaluer la quantité totale d'eau de gâchage, à condition de faire des hypothèses sur la quantité d'air occlus à la mise en oeuvre.

### ***d- Granulométrie***

En désagréant le ciment par chauffage (600 à 650 °C), on peut reconstituer la composition granulométrique du mélange initial.

Tous ces moyens permettent, lorsque la question se pose, de vérifier la conformité du béton aux stipulations du marché, ils permettent également de mieux comprendre les altérations qui ont pu se produire.

Rappelons enfin , que les études sur prélèvements ne peuvent suffire pour apprécier convenablement l'état d'un matériau et que l'examen non destructif du matériau en place est également indispensable .

***CHAPITRE IV***

***AUSCULTATION PAR  
CONTROLE NON  
DESTRUCTIF***

## IV- AUSCULTATION PAR CONTROLE NON DESTRUCTIF

### (Examen Du Matériau En Place) [8].[9]

#### IV.1- Caractère Généraux

La plupart des techniques d'auscultation du matériau en place sont des moyens extrapolant des résultats obtenus sur des élément témoins. Autrement dit, de même que les études sur des échantillons prélevés doivent nécessairement être précédées d'essais non destructifs in situ, à l'inverse , il est très souhaitable que ces essais sur le matériau en place ne soient pas effectués seuls. En effet, il n'existe pas à l'heure actuelle, de méthode non destructive pouvant donner des résultats utilisables et suffisamment sûrs sans aucune relation à un étalonnage sur le même matériau.

#### IV.2- Le Métal Et Les Câbles De Ponts Suspendus

Moyennant certaines précautions opératoires des essais de billage in-situ sont possibles. Des campagnes de mesures de ce type ,effectuées principalement sur des vieux ouvrages , ont permis de mettre en évidence une certaine variation dans la qualité du métal d'une pièce à l'autre, voire une différence de qualité entre deux parties d'une même pièce ( les deux ailes d'une cornière par exemple).

La sécurité des ponts suspendus repose principalement sur la bonne tenue des câbles qui retiennent le tablier. Différentes méthodes d'auscultation ont été développées pour détecter les défauts pouvant provoquer la ruine d'un câble : corrosion et ruptures de fils élémentaires.

##### *a- La corrosion*

La corrosion est détectée par la mesure des variations d'impédance d'un solénoïde entourant le câble.

L'inconvénient de cette méthodes, utilisée couramment, réside dans la nécessité d'avoir des valeurs de référence pour le câble sain. Il faut donc avoir effectué des mesures tout au long de la vie du câble pour être certain du résultat.

### ***b- Rupture de fils élémentaires***

Deux méthodes permettent de détecter ces ruptures :

- l'auscultation électromagnétique basée sur les perturbations de flux magnétique dans un câble soumis à un champ magnétique alternatif lorsqu'il comporte des ruptures de fils . Cette méthode conduit parfois à une surestimation des défauts car d'autres causes que les ruptures de fils peuvent perturber le flux magnétique induit dans le câble. Toutefois, elle permet de savoir si un câble est sain ou doit être considéré comme "douteux".
- La surveillance acoustique permet de connaître le nombre de ruptures se produisant dans un intervalle de temps donné par détection de l'onde de choc produite dans le câble au moment de la rupture. Cette méthode permet donc de connaître la vitesse d'évolution des défauts mais ne donne pas d'indications sur l'état absolu d'un câble à un instant donné.

L'utilisation conjointe de ces trois méthodes sur ouvrages depuis plusieurs années a permis de dégager une méthodologie d'intervention permettant de porter un diagnostic sur les câbles d'un ouvrage.

### **IV.3- Auscultation Des Bétons :Essai sclérométrique**

La dureté superficielle d'un parement de béton peut être appréciée au moyen du scléromètre . Cet instrument n'est pas nouveau ;on peut cependant en rappeler le principe:

- une masselotte guidée dans un tube est projetée à l'aide d'un ressort taré sur une enclume dont l'extrémité est en contact avec le béton . Cette masselotte rebondit sur l'enclume et vient recomprimer le ressort. Un index permet de mesurer la longueur du rebondissement . Cette longueur de rebondissement sera d'autant plus grande que le béton sera plus dur. Des tables de correspondance permettent de remonter à la résistance à la compression du béton avec une précision optimiste de 20% .

Dans la pratique, cette auscultation offre l'avantage indiscuté de la simplicité (encore que certaines préparations de surfaces soient nécessaires) mais l'information fournie est très imprécise.

On peut considérer que l'auscultation au scléromètre peut apporter une information intéressante dans les cas "tranchés" : un béton de mauvaise qualité dans une partie d'ouvrage se "verra" par contre, pour des cas plus complexes, l'auscultation dynamique reste la seule méthode d'investigation significative, encore que, comme nous le verrons en ce qui concerne les béton anciens, certaines précautions soient à prendre dans l'interprétation des résultats.

#### **IV.4- L'auscultation Dynamique Des Bétons (Essai ultrasonique)**

##### **IV.4.1- Principe de la méthode**

Il ne s'agit pas non plus d'une méthode très récente puisque son apparition en FRANCE est antérieure à 1960. Elle consiste en la mesure de la vitesse de propagation d'une onde sonique dans le béton. plus exactement, on mesure un temps T de propagation entre un émetteur et un récepteur séparés par une distance d connue.

Alors :

$$V = d/t$$

Cette méthode peut être utilisée de façon empirique pour :

- apprécier l'homogénéité d'un béton
- localiser et apprécier l'importance d'un défaut
- donner dans certains cas une estimation de la résistance à la rupture du béton, à condition d'avoir un étalonnage sur échantillons prélevés in-situ.

La mesure de V peut se faire de deux façons :

- soit par transparence
- soit en surface

Dans le premier cas, l'émetteur et le récepteur sont placés de part et d'autre de la paroi d'épaisseur  $e$  (figure IV 1)

Dans ce cas ,la détermination de la vitesse est immédiate :  $V = e / t$

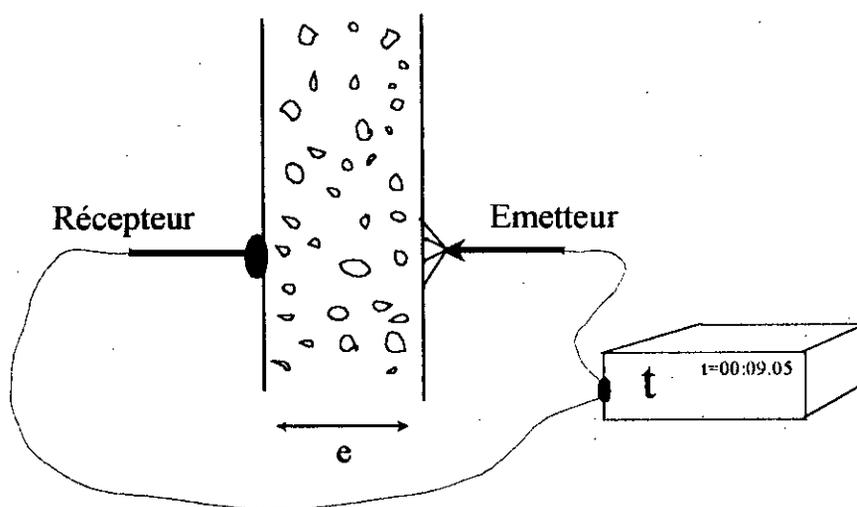


Figure IV.1

L'avantage de cette façon de procéder est que l'on intéresse le béton «a cœur» Elle n'est pas cependant toujours réalisable. En effet, émetteur et récepteur sont reliés au même appareil par des fils, cela ne présente pas de difficultés pour certains cas de figures mentionnés page suivante.

Les ponts à poutre par exemple, il n'est par contre pas souvent facile de procéder de cette façon sur les parois d'un caisson (accessibilité de la face extérieure, passage des fils, repérage exact du face à face émetteur-récepteur).

La précision de " V " dépend de la précision de laquelle on a pu apprécier  $e$  (épaisseur).

Il est certain que la prise en compte des cotes des plans de coffrages vis-à-vis des cotes réelles peut conduire à des erreurs grossiers. La mesure directe de l'épaisseur réelle d'une paroi n'est pas toujours réalisable.

Le dernier inconvénient du procéder est propre à la plupart des techniques de mesures: il est souvent plus aisé de mesurer la variation d'une grandeur physique que d'en mesurer la valeur absolue.

L'autre façon de procéder, la plus courante dans la pratique ,consiste à placer émetteur et récepteur sur la même face de la paroi à ausculter (figure IV 2).

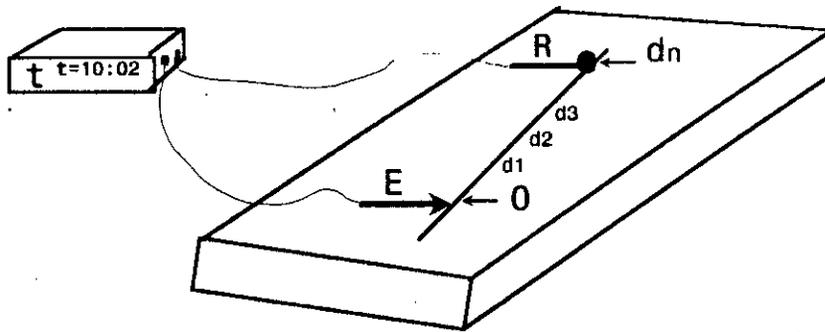


Figure IV.2

L'émetteur étant fixe en O on déplace le récepteur successivement à des distances  $d_1, d_2, \dots, d_n$  croissantes suivant une ligne droite (on choisit un pas constant pour des facilités de dépouillement ).

Si le béton est homogène entre les points O et n, et si aucun défaut n'affecte le trajet O, n ( une fissure par exemple) on obtient le graphique temps-espace (figure IV 3).

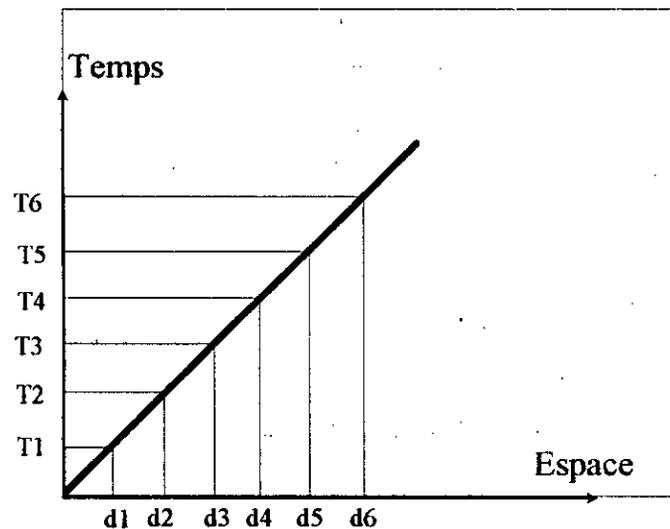


Figure VI.3

La vitesse cherchée est l'inverse de la pente de la droite :  $V = \Delta d / \Delta t$

On voit immédiatement que dans ce cas, le résultat ne dépend plus du réglage de zéro des appareils.

#### VI .4.2 Quelques ordre de grandeur - évolution des matériels

Pour un béton courant , V est de l'ordre de 4000 m /s .

Une distance d'auscultation courante  $O_n = 1$  à 2 m .

Le pas est de 10 ou 20 cm .

Ainsi pour  $\Delta d = 10$  cm

$$\Delta t = \frac{0.10}{4000} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 25 \text{ } \mu\text{s}$$

La mesure du temps de propagation sort du domaine du chronomètre classique .

Il y a encore quelques années, cette mesure du temps se faisait au moyen d'un oscilloscope ( utilisation de la base de temps retardée ) , le signal reçu étant visualisé sur l'écran de l'appareil : la précision de la mesure étant meilleure que la 1  $\mu\text{s}$  . Cette façon de procéder présentant deux inconvénients :

- Le fait être obligé de transporter un matériel relativement lourd et encombrant sur le lieu de l'auscultation .
- La manipulation d'un oscilloscope nécessite une certaine formation de la part du personnel .

Pour simplifier le matériel de façon à le rendre plus mobile ( matériel portable ) et pouvant être utilisé par un personnel moins spécialisé .

Actuellement, on trouve dans le commerce des appareils compacts et autonomes. la mesure du temps se fait automatiquement par compteur électrique. le résultat apparaît sous forme numérique. ces appareils ont une précision de l'ordre de

la micro seconde , ils possèdent des sorties séparées permettant l'enregistrement graphique et la visualisation du signal sur oscilloscope .

En effet , dans le domaine de l'auscultation ( ce qui n'est pas forcément le cas pour d'autres applications , telles que le contrôle de la fabrication de béton ), la mesure « aveugle » d'un temps peut être dangereuse . Il est des cas où l'on a besoin de s'intéresser à la l'amplitude du signal reçu et en examiner la forme . La présence d'un défaut peut se manifester par une baisse d'amplitude et une distorsion du signal d'où la possibilité de visualisation du signal évoqué ci - dessus .

#### IV.4.3- Méthodologie d'une intervention - méthodes d'interprétation

Le nombre des points de mesures à effectuer et leur implantation est évidemment fonction du problème posé. Dans un cas général où l'on veut tester l'homogénéité du béton à l'échelle de l'ensemble de la structure: une ligne de mesure par  $m^2$  est un ordre de grandeur ( ou 3 points de mesures par transparence /  $m^2$  ). Comme pour les éléments finis, ce maillage peut être modulé: soit en fonction des doutes que l'on peut avoir a priori sur telle ou telle partie d'ouvrage , soit en fonction des résultats déjà obtenus.

Un défaut local pourra apparaître à l'analyse du graphique temps/espace.

Ainsi par exemple, une différence de qualité de deux béton (reprise de bétonnage) se verra par une brisure de la droite (figure IV.4).

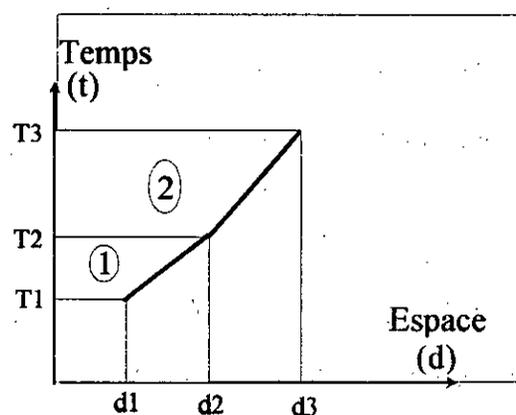


Figure IV.4

Le béton (2) est de moins bonne qualité que le béton (1).

Une fissure se verra par une discontinuité du graphique (figure IV.5).

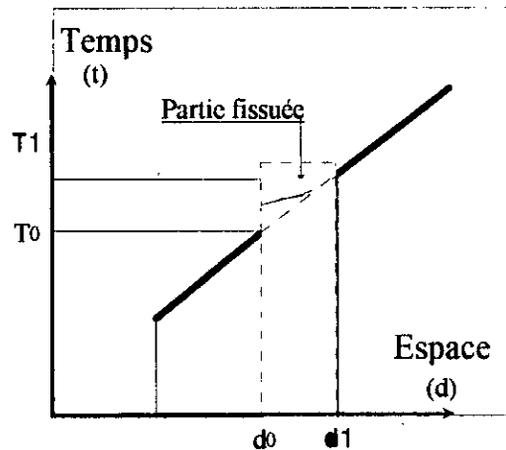


Figure IV.5

Si une fissure coupe la ligne de mesure en  $d_0$  (figure IV.6), l'onde doit contourner la fissure avant de rejoindre le récepteur lorsque celui-ci est placé à une distance supérieure à  $d_0$ .

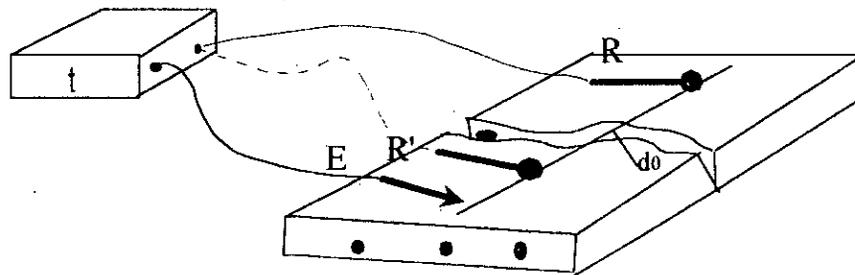


Figure IV.6

Lorsque la fissure est traversante on peut avoir une perte totale du signal reçu (en fait il y a tout de même transmission par l'intermédiaire des aciers qui en général traversent ces fissures, il peut y avoir transmission également par les corps coincés dans la fissure : c'est alors que l'analyse du signal présente un intérêt comme nous signalions plus haut, car dans ce cas il y a une forte atténuation de l'énergie transmise).

De cette façon l'auscultation dynamique permet de tester l'homogénéité d'un béton et de détecter des défauts locaux ,mais peut-elle permettre de remonter à une appréciation de la résistance à la compression du béton ?.

#### IV.4.4- Corrélation entre résistance à la compression et vitesse du son

De nombreuses études effectuées à l'étranger ont été centrées sur cette question.

Un modèle mathématique couramment utilisé a pour équation :

$$R_c = A.e^{B.V_L}$$

$R_c$  = résistance à la compression

$V_L$  = vitesse du son

A et B deux coefficient

( Par exemple  $R_c \approx 2,11.e^{1,129.V_L}$  avec  $R_c$  en bars et  $V_L$  en km/s )

La première constatation à faire est que A et B dépendent de la nature du béton ausculté. Ceci veut dire que chaque type de béton nécessite un étalonnage.

D'autre part de multiples études effectuées sur béton jeunes montrent que pour un béton donné, on obtient effectivement une variation notable de  $V_L$  en fonction de l'âge du béton ( donc de  $R_c$  ) pour les très jeunes âges (de 2 à 9 jours) cette variation diminue de 9 à 28 jours et devient très faible après 28 jours. Le diagramme  $R_c = f(V_L)$  a donc qualitativement l'allure suivante (figure IV.7).

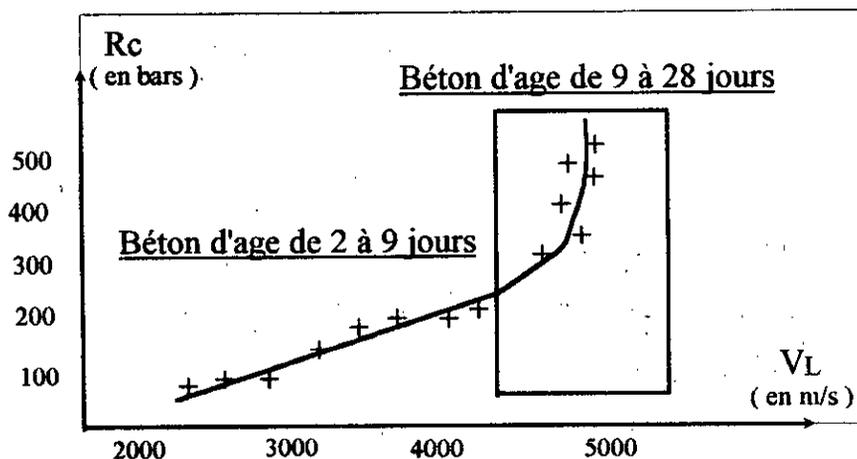


Figure IV.7

Ceci a pour conséquence de diminuer considérablement la sensibilité de la méthode sur béton ancien.

On comprend ainsi que la méthode conserve tout son intérêt dans le domaine des contrôles des fabrication ( bétons jeunes ) mais qu'une grande prudence est à observer dans le domaine des bétons anciens:

- une vitesse du son est à rattacher à un béton donné par étalonnage.
- Un béton à 4500 m/s n'est pas forcément un très bon béton de même qu'un béton à 4000 m/s n'est pas forcément médiocre .
- la sensibilité est faible ce qui rend difficile la recherche d'une bonne corrélation.

D'après les recherches effectuées (laboratoire des travaux publics de Paris) des bétons de caractéristiques mécaniques assez distinctes sur le même ouvrage il a été possible, par étalonnage et recherche d'une loi de corrélation, d'estimer la résistance à la rupture de trois catégories de béton mis en oeuvre (hourdis inférieur, âmes, hourdis supérieur pour cet exemple).

## IV.5- La gammagraphie, la radiographie et la radioscopie

### IV.5.1- Principe général

La radiographie industrielle est utilisée de longue date pour le contrôle d'assemblages en construction métallique (contrôle des soudures). Son application au béton et plus spécialement au béton précontraint est plus récente et son développement date des années 1970. En 1988-89 le réseau des laboratoires mettra au point un système de radioscopie télévisée.

Qu'il s'agit de :

- gammagraphie : réalisation de clichés photographiques 30×40 cm appelés radiogrammes, la source étant radioélément : cobalt ou iridium.
- Radiographie : même méthode mais la source étant un générateur de rayons X.

- radioscopie : observation et enregistrement d'images vidéo et la source étant remplacés par un convertisseur fournissant un image vidéo et la source étant générateur de rayons X.

Le principe de base est toujours le même. Il s'agit de l'atténuation sélective d'un rayonnement de photons à travers la matière, les aciers, le béton et l'air, atténuant ce rayonnement dans des proportions très différentes . Le radiogramme ou l'image vidéo vont présenter des plages de noircissement, fonction de la dose reçu, allant du noir au blanc avec les niveaux de gris intermédiaires (figure IV.8).

En graphie, l'image étant un négatif, les aciers apparaîtront blancs, les vides noirs et le béton gris.

En scopie; l'image étant un positif, les aciers apparaîtront noirs, les vides blancs et le béton gris.

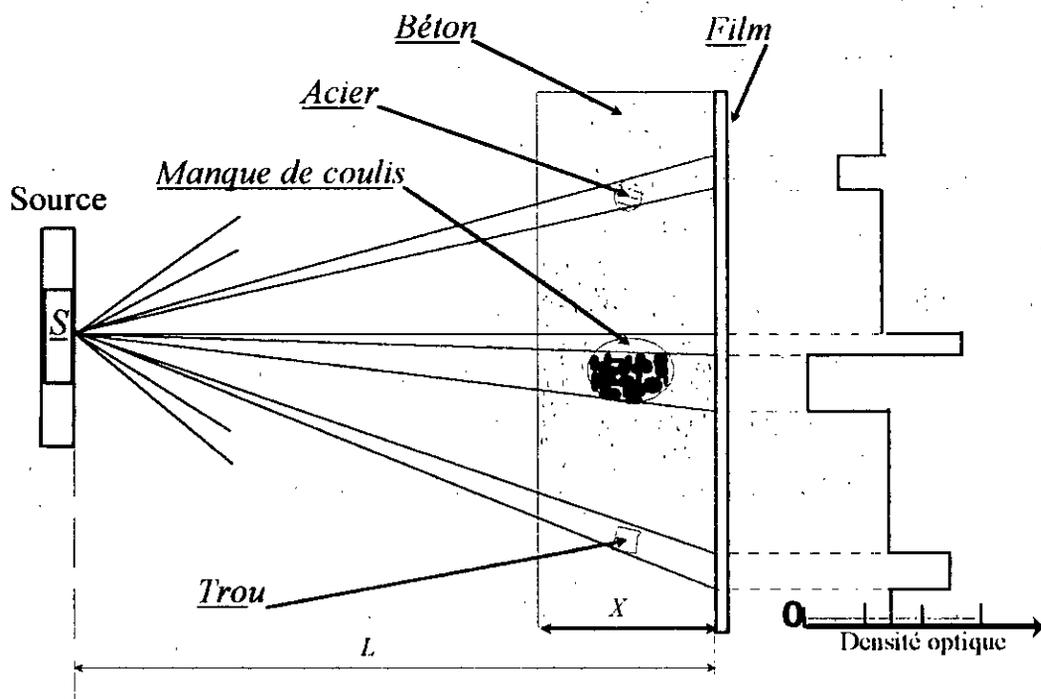


Figure IV.8

Atténuation différentielle du rayonnement dans un béton armé

L'utilisation la plus courante de la radiographie sur béton est le contrôle de l'injection des gaines pendant les travaux de construction des ouvrages. Cependant, ces dernières années, son utilisation a été précieuse dans le domaine de

l'auscultation d'ouvrages malades. On peut même dire que dans le cas d'ouvrage en béton précontraint présente des désordres, une des toutes premières investigations après la visite détaillée a consisté en une campagne de gammagraphie.

En effet, même si l'on a aucun soupçon sur l'intégrité des armatures actives, il est bon de s'assurer de la qualité des injections et ceci pour deux raisons :

- une fissure offre un cheminement possible à l'eau, ennemi redoutable
- le fonctionnement mécanique de la structure est différent suivant qu'un câble est bien ou mal injecté (problème de la surtension des câbles en fonction de la 'respiration' des fissures).

Enfin, signalons l'utilisation de la gammagraphie comme moyen préventif avant réparation : dans le cas où il est nécessaire de percer des trous à approximatif de câble de précontrainte. Le repérage exact de ces câbles permet d'éviter toute surprise désagréable au moment des perçages.

## **IV.6- Mesure Des Déformations Générales Et Des Mouvements**

Il existe deux façons d'utiliser les renseignements concernant la géométrie d'un ouvrage d'art et sa variation: la topographie et le nivellement de l'ouvrage à vide peuvent renseigner sur l'état général, et la mesure de ses déformations sous chargement renseigne sur son fonctionnement.

### **IV.6.1- Suivi topographique**

En amont de l'auscultation proprement dite, il est nécessaire au stade de la surveillance courante d'un ouvrage, de suivre sa géométrie générale, et notamment son nivellement. Ceci est d'autant plus intéressant si l'on possède le nivellement au point zéro.

#### **IV.6.1.1- Fondation et appuis**

Lorsque des désordres se produisent dans les fondations d'un ouvrage, ils se manifestent souvent par des mouvements des appuis. Le suivi d'un ouvrage doit donc comporter la vérification périodique de la stabilité (au sens topographique) des

appuis . Dans le cas d'un ouvrage important la meilleure solution consiste à équiper chaque appui de cible de visée dès la construction, et à repérer ces cibles en plan et en nivellement, par rapport à des points fixes. Cela permet ,outre un suivi périodique, de procéder facilement à une vérification lorsque des désordres quelconques font soupçonner une instabilité des fondations.

#### **IV.6.1.2- Tablier**

Les mêmes dispositions peuvent être prises sur les tabliers . Des déformations permanentes , notamment en nivellement, peuvent en effet être le signe apparent de désordres plus profonds .

Il est à noter cependant que , lors d'une visite courante , il n'est pas nécessaire de procéder à un nivellement de haute précision du tablier . En effet , il se trouve que le garde - corps , étant la partie d'ouvrage la plus visible le jour de l'inauguration , est très généralement parfaitement réglé à la construction s'il n'est pas rectiligne , il donne au moins l'aspect d'une courbe régulière et harmonieuse . Il est en outre fixé assez rigidement au tablier , et infiniment plus souple que ce dernier , il en suivra donc fidèlement tous les mouvements . Toute déformation anormale du tablier sera donc visible au niveau de la lisse supérieure du garde-corps. D'une manière plus générale, une déformation permanente d'un tablier de pont est très facilement perceptible . Il suffit de penser à regarder .

#### **IV.6.2- Mesure de la Déformation sous Chargement**

Le comportement général d'un ouvrage sous un chargement connu, peut dans certains cas , donner des renseignements précieux sur son état . On mesure le plus souvent des flèches , mais on peut aussi effectuer d'autres mesures .

##### **IV.6.2.1 . Mesure des Flèches**

La mesure des flèches prises par le tablier sous chargement est obligatoire lors des éprouves d'un ouvrage neuf : il s'agit en fait de la toute première opération

d'auscultation qui servira en même temps de référence pour tous les examens ultérieurs .

Dans certains cas, on peut aussi être amené à effectuer des essais de chargement d'un ouvrage défectueux , pour étudier la manière dont il réagit . Il est à noter que, si l'ouvrage présente des désordres susceptibles d'affecter sa force portante , on peut avoir intérêt à procéder à une mise en charge progressive ; une bonne méthode consiste alors à charger l'ouvrage avec des citernes vides , que l'on remplit d'eau à la demande ; on peut ainsi arrêter la mise en charge dès que la réponse de l'ouvrage devient anormale et procéder à la vidange des citernes sans déplacer les camions si l'environnement le permet .

La mesure de flèches se fait traditionnellement au milieu des travées essayées, mais rien n'empêche , si on a besoin de mieux connaître la déformée d'un travée , d'augmenter le nombre de points de mesure . Une limitation est tout de même donnée par la précision des mesures , qui est le plus souvent de l'ordre du millimètre .

Quatre types de méthodes sont couramment employés pour mesurer les flèches

- 1) Le niveau hydraulique ( niveau Pelletier ) , dont la mise en place est assez lourde et qui présente une inertie importante . Il est intéressant pour les flèches importantes .
- 2) Les méthodes de nivellement topographique , qui nécessitent un personnel hautement qualifié .
- 3) Le fleximètre mécanique dont l'ancêtre est le fleximètre Manet-Rabut ( datant de 1890 ) ; cette méthode a l'inconvénient de nécessiter un point d'ancrage fixe sous l'ouvrage , qu'il n'est pas toujours aisé de réaliser .
- 4) Un appareil de conception plus récente est le flexigraphe laser .

Nous n'insisterons pas sur les trois premières méthodes qui sont anciennes et connues .

Le flexigraphe laser comprend une source émettant un faisceau laser orientable , que l'on place en général sur un support fixe hors ouvrage ; le faisceau constitue alors une base fixe dans l'espace .

L'émetteur est en outre muni d'un jeu de lames semi-réfléchissantes , qui permettent de diviser le faisceau en deux ou trois . La cible frappée par le faisceau est constituée d'une cellule photoélectrique mobile sur un chariot vertical ( suiveur de spot ) . Une fois que le réglage initial est effectué c'est -à-dire que l'on a dirigé le faisceau sur la cible , celle-ci lorsque son support se déplace verticalement , reste automatiquement centrée sur le faisceau , la flèche prise par l'ouvrage au droit du suiveur de spot est donc égale au déplacement de la cellule sur son chariot . La valeur de ce déplacement peut être enregistrée en continu .

Ce matériel permet une course de 40cm ,la portée à l'extérieur atteint les 150m dans de bonnes conditions météorologiques et 250m à l'intérieur d'un caisson ,ou à l'extérieur , de nuit par conditions idéales. En effet ,une limitation importante de l'emploi de ce matériel réside dans les perturbations apportées dans la propagation du faisceau laser par les turbulences atmosphériques, ainsi dans une dérive , d'origine thermique , de la direction du faisceau à la sortie de l'émetteur . On peut résoudre cette difficulté, dans certains ouvrages en caisson, en plaçant le flexographie à l'intérieur du tablier.

Le flexographie laser constitue donc un appareillage complémentaire plutôt que concurrent des fleximètres traditionnels ne peuvent être utilisés, soit faute de pouvoir disposer d'un fixe sous la travée (cas du fleximètre mécanique), soit parce que le délai de lecture est trop important ou faute de pouvoir enregistrer les déformations (niveau Pelletier et nivellement topographique).

#### **IV.6.2.2- Autre mesures**

Le comportement d'un ouvrage sous l'action de surcharges peut être étudié sous d'autres angles que la flèche des travées, on peut notamment mesurer des rotations sur appuis , à l'aide d'inclinomètres et étudier le comportement dynamique, à l'aide de sismographes enregistreurs: ces appareils peuvent être

utilisés pour mesurer toute composante alternative d'un déplacement comme par exemple :

- la composante dynamique de la flèche sous le passage d'un convoi.
- les mouvements horizontaux des têtes de pile, sous l'action de freinage d'un véhicule .

Il faut préciser qu'on ne sait pas encore tirer tous les renseignements de l'étude des vibrations propres d'un ouvrage. Dans certains cas très particuliers, il arrive cependant qu'on puisse mettre en évidence des phénomènes particuliers, comme un encastrement non prévu sur appuis par exemple.

## **IV.7- Mesures Des Forces Sur Ouvrages**

### **IV.7.1- Introduction**

C'est en 1970 qu'il a été procédé pour la première fois à la pesée de réaction d'appui d'un ouvrage. Il s'agissait alors d'un ouvrage en construction, dans lequel on comptait compenser les effets de la redistribution due au fluage par une dénivellation d'appuis effectuée juste après le clivage. C'est pour vérifier expérimentalement cet effet qu'il a été décidé d'incorporer aux appareils d'appui sur culée, des pesons installés à demeure , qui font l'objet de mesures périodiques depuis la construction de l'ouvrage.

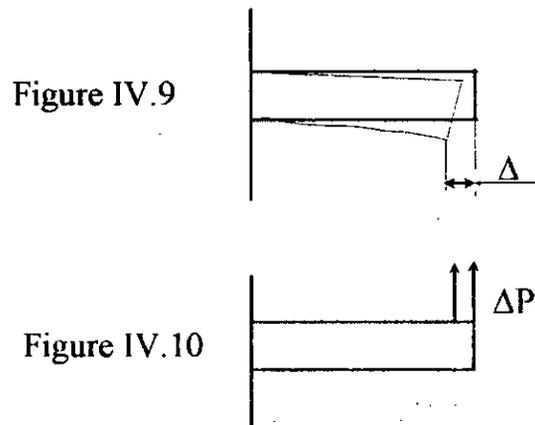
En 1972 ,à l'occasion de l'auscultation d'un ouvrage gravement fissuré, la question a été posée de l'évaluation des effets de la redistribution des efforts hyperstatiques , qui est une des causes principales des désordres. Il a alors été procédé sur cet ouvrage à une pesée des réactions d'appui sur culée, cette fois-ci sur un ouvrage sur le quel ce n'était pas prévu lors de la construction . Depuis cette époque si le principe de la méthode n'a pas varié, la technique d'exécution de la mesure a été notablement affinée.

### **IV.7.2- But poursuivi**

L'objectif initial de la première pesée de réaction d'appuis était donc l'évaluation quantitative de l'effet des redistributions des efforts hyperstatiques dans

les ouvrages en béton précontraint.

Prenons un exemple très schématique : on réalise une console en béton . Sous l'effet du fluage du béton, fortement comprimé en fibre intérieure, l'extrémité de la console aura tendance à s'abaisser (figure IV.9).



Si sous l'extrémité de la console et après sa construction, on ajoute un appui, cette extrémité ne sera plus libre de s'abaisser (figure IV.10), on conçoit intuitivement que, sous la tendance à l'affaissement qui se traduisait dans le premier cas par un abaissement, on verra augmenter la réaction sur l'appui simple.

L'objectif poursuivi aujourd'hui quand on mesure les réactions d'appuis est le même : on cherche à mesurer, soit dans un but d'information sur le phénomène, soit dans un but d'auscultation d'un ouvrage malade, soit même dans un but de suivi d'un ouvrage, les effets dans le temps de la redistribution.

Un autre phénomène très important, dont il faut tenir compte lorsqu'on effectue une mesure a été mis en évidence par les mesures effectuées sur le premier ouvrage cité plus haut : c'est l'incidence des gradients thermique . Très schématiquement, on peut se référer aux figures 1 et 2 ci-dessus et, dans la figure 1, imaginer que l'abaissement de l'extrémité de la console est dû non plus à des phénomènes différés, mais à une différence de température entre la fibre supérieure et la fibre inférieure, la première, exposée au soleil étant plus chaude que la seconde.

### IV.7.3- Ordres de grandeur et importance du phénomène

Prenons l'exemple d'un pont à trois travées, de portées respectives 30m , 60m, 30m . Des réactions d'appuis classiques, sur ce genre d'ouvrages, peuvent être de l'ordre de 150t sur les culées et 1000t sur les piles intermédiaire (figure IV.11)

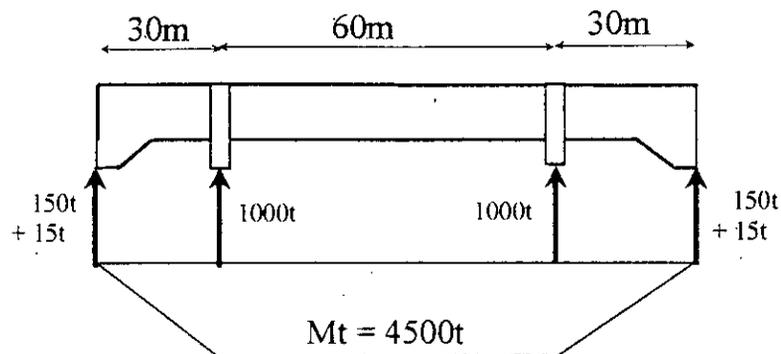


Figure IV.11

Pour fixer les idées, cette redistribution peut créer, dans la travée centrale, un moment de l'ordre de la moitié du moment fléchissant dû à la surcharge A (voir annexe). Quand au gradient thermique , il conduit à des variation de réaction d'appui sur culée qui peuvent atteindre largement 20% de la réaction totale au cours d'une même journée ; à titre d'exemple , on a établi, pour cas récent , que l'incidence, dans une section donnée , d'une différence de température de 10° entre hourdis supérieur et hourdis inférieur était égale à l'incidence de la surcharge A.

Des éléments qui viennent d'être donnés résultent deux points particulièrement importants en ce qui concerne la mesure proprement dite :

- il convient d'effectuer les mesures avec une grande précision relative : on ne pose pas directement une variation de réaction , on mesure la réaction totale, qui est très nettement supérieure ce que l'on cherche ; en d'autre terme, une erreur de quelques pour cent peut avoir une répercussion importante sur la précision avec laquelle on évalue la variation.

- il est nécessaire de tenir compte des phénomènes de gradient thermique; il faut exécuter des mesures successives pendant au moins 24h consécutives pour pouvoir en tenir compte, et l'importance des variations journalières interdit absolument de faire l'impasse.

#### IV.7.4- Exécution de la mesure

Pour effectuer la mesure, on dispose sous le tablier d'une part, une série de vérins (des vérins plats Freyssinet, à l'origine), qui servent à soulever le tablier et à mesurer la force nécessaire, et d'autre part, des comparateurs qui permettent de mesurer avec précision le déplacement vertical du tablier.

La représentation graphique de la force nécessaire en fonction du déplacement, est une courbe dont l'allure est donnée sur la figure ci-dessous (figure IV.12).

La première partie du graphe correspond à la libération des appareils d'appui.

La deuxième partie, rectiligne, représente la flexion du tablier, et sa pente en constitue la raideur ; en prolongeant cette droite jusqu'à  $d = 0$ , on obtient la réaction cherchée.

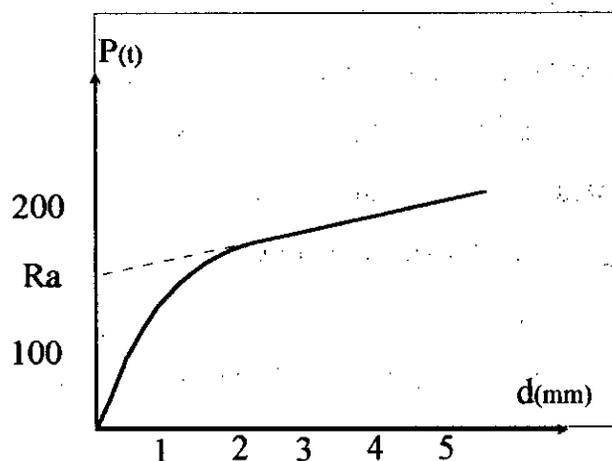


Figure IV.12

Dans la pratique, les résultats obtenus ne sont pas toujours aussi nets :

- d'une part, l'existence de frottements parasites dus aux joints de chaussées ou à des éléments de coffrages "oubliés" entre tablier et garde-grève, peuvent perturber complètement la mesure. Il faut vérifier scrupuleusement, avant la mesure, tous les éléments susceptibles de fausser ainsi les résultats.

- d'autre part, il ne faut pas sous-estimer les difficultés de calage du vérin.

En effet, compte-tenu de la précision nécessaire, chaque vérin est étalonné sous presse en laboratoire. Dans ce cas, les conditions d'appuis du vérin sont quasi-parfaites, et il n'est pas facile de les reproduire sur chantier, en fait, les vérins se déforment pour prendre leur place lors de la montée; la courbe d'étalonnage établie en laboratoire n'est alors plus exacte, et quelques pour cent de précision sont vite perdus.

Une première parade a consisté à réétalonner les vérins déformés après essai; c'est une méthode assez lourde, et de toute façon, elle n'est pas pleinement satisfaisante.

#### **IV.7.5- Evolution actuelle de la méthode**

Actuellement, il y a deux techniques concurremment utilisées.

##### *1- La technique du double vérin (figure IV.13)*

Dans cette technique, le problème des perturbations apportées par la déformation du vérin est réglé en séparant la fonction levage de la fonction mesure. Deux vérins sont superposés, l'un servant à soulever l'ouvrage et l'autre à mesurer la force transmise.

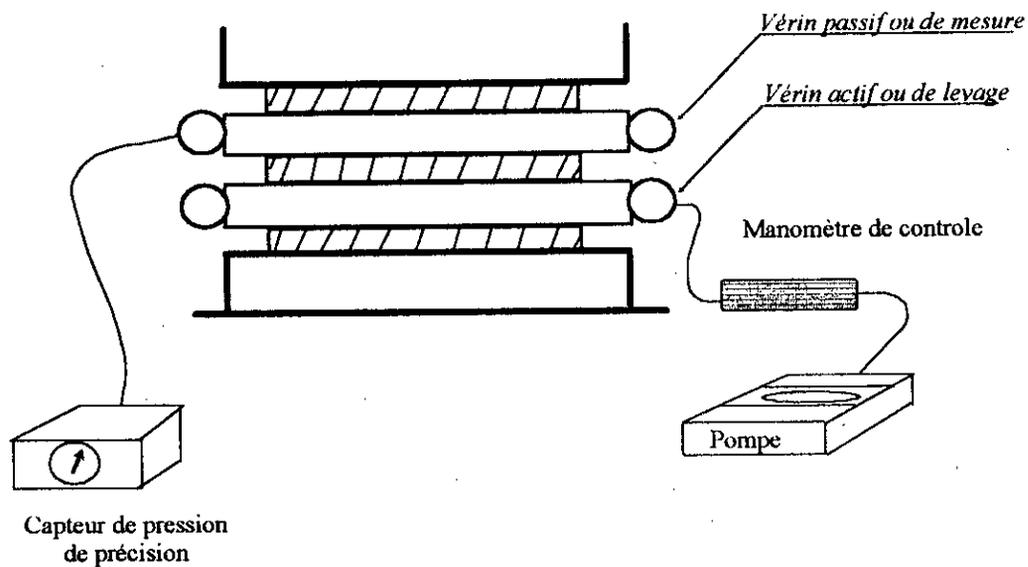


Figure IV.13

## 2- Les techniques du vérin plat à piston (figure IV.14))

On trouve maintenant dans le commerce, des vérins à piston ultra-plat qui permettent le montage représenté ci-contre. Ce matériel présente notamment l'avantage d'être très souple d'emploi et de permettre une grande finesse de manoeuvre.

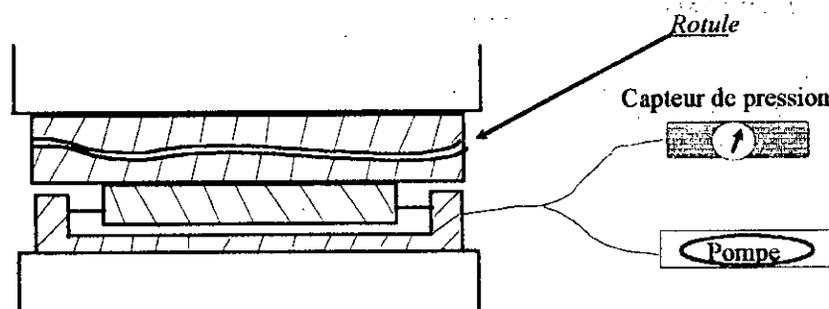


Figure IV.14

Les deux techniques ont été développées parallèlement sont maintenant opérationnelles. Les dispositions à prendre pour permettre commodément l'exécution des mesures sont dans les cas suivants :

- une hauteur libre totale de l'ordre de 15 cm est nécessaire.

- la surface nécessaire dépend essentiellement de la charge à lever, donc de la valeur de la réaction d'appuis, elle est définie par les contraintes que peut localement supporter l'ouvrage qui sont plus restrictives que la possibilités des vérins.
- enfin, il ne faut pas oublier que la descente de charge s'effectue en des points distincts des appareils d'appuis; il est évident qu'il est nettement préférable que l'ouvrage (tablier et appui) ait été prévu pour supporter ce fonctionnement si on veut éviter des renforcement locaux coûteux.

Nous venons de présenter assez largement la pesée des réactions d'appuis, qui est actuellement la seule mesure directe que l'on puisse faire pour évaluer les efforts réels aux quels est soumis un ouvrage.

Signalons ce pendant, que sont à l'étude actuellement, des méthodes qui permettraient de mesurer, ou tout au moins d'évaluer, les contraintes réelles auxquelles est soumis le matériau constitutif d'un ouvrage . La mesure directe des contraintes serait en effet d'une utilité majeure, non seulement pour établir le diagnostic dans le cas d'un ouvrage malade, mais surtout pour définir un projet de réparation..

## **IV.8- Etude Géométrique Des Fissures : la fissurographie**

### **IV8.1- Intérêt de la fissurographie**

Dans un ouvrage en béton, le relevé détaillé de la fissuration ,ainsi que son évolution dans le temps , constitue un élément de diagnostic très important.

La fissuration du béton est en effet la manifestation extérieure du mode de fonctionnement , à la condition d'être correctement comprise .

Une fissuration de fonctionnement est notamment le témoin de l'existence, à un certain moment de contraintes de traction dans le béton ; le fait que la fissure existe montre que la contrainte a atteint, à un certain moment, la résistance du béton, on peut ainsi ,si on peut évaluer les propriétés mécaniques du béton en place, évaluer la valeur absolue de ces contraintes. En outre, lorsqu'il existe un champ de

contrainte, la fissuration se produit perpendiculairement à la direction de la contrainte principale de traction. Ce renseignement peut également être très utile.

#### **IV.8.2- Exécution du relevé**

L'établissement d'un relevé de fissuration correct est une activité très difficile, pour laquelle la nécessité d'une formation préalable déjà exprimée pour l'exécution des visites est encore plus importante.

##### **IV.8.2.1- Nature des fissures**

Le relevé systématique de la fissuration d'un ouvrage en béton armé n'offre aucun intérêt : il est nécessaire dès le stade de l'examen visuel, de savoir distinguer fissuration normale de la fissuration due à un défaut de fonctionnement .

Si dans un ouvrage d'art en béton précontraint toute fissure est a priori suspecte, il faut également distinguer les fissures réelles des fissures secondaires sans danger ; par exemple des fissures de retrait que l'on peut voir apparaître sur la peau d'un béton dont la cure a été insuffisante ne présente pas la même gravité que la séparation dans la masse , par retrait également de partie d'ouvrages coulées à des époques différentes.

##### **IV.8.2.2- Apparition et évolution**

Un réflexe immédiat, lorsqu'on constate l'existence d'une fissure, doit être d'en faire figurer directement dans l'ouvrage et également sur documents, le développement avec indication de la date. Il est en effet extrêmement important de connaître l'évolution d'une fissure de fonctionnement entre deux examens successifs . Il tout aussi important , bien que beaucoup plus difficile, de pouvoir dater, même approximativement , l'apparition d'une fissure. Il est malheureusement très fréquent que l'on puisse affirmer que telle fissure a été constatée pour la première fois à telle date, mais qu'on ne puisse pas préciser si elle existait ou non lors du précédent examen.

### **IV.8.2.3- Ouverture des fissures**

Un autre élément très important dans la suivi de l'évolution d'une fissure est la variation de son ouverture dans le temps .Il est bien entendu illusoire de vouloir mesurer cette ouverture avec précision; néanmoins, l'indication de l'ordre de grandeur de la largeur à une date donnée et dans ces conditions de chargement connues peut être précieuse , il semble qu'il soit suffisant d'évaluer cette ouverture avec un seul chiffre significatif lorsqu'elle dépasse le dixième de millimètre et de ne donner aucune valeur pour les fissures plus fines.

### **IV.8.2.4- Profondeur des fissures**

Il n'est pas question, au stade d'un relevé de fissuration de chercher à évaluer la profondeur d'une fissure, il peut néanmoins être intéressant dans certains cas de savoir si une fissure (ou un réseau de fissures) traverse totalement ou non un élément de béton . Une méthode très simple consiste à injecter sur une face de l'eau colorée et à regarder ce qui sort sur la face opposée.

### **IV.8.3- Report sur plan - classification des fissures**

Le plan de fissuration établi à la suite du relevé est un document très précieux pour l'établissement du diagnostic, à condition d'être convenablement dressé ,en effet un plan sur lequel on trouverait le report de chaque fissure par un trait de même type pourrait être un fouillis inextricable.

Il faut tout d'abord procéder au classement des fissures par familles et donner à chacune des familles une représentation distincte. L'utilisation des couleurs est un bon moyen pour cette représentation.

Ce classement par famille ne constitue pas encore la détermination de la cause des désordres; il est pourtant nécessaire, pour le faire de procéder à une sortie de pré-interprétation qui repose sur une connaissance préalable du fonctionnement normal de la structure.

Il faut ensuite reproduire à l'échelle le dessin des fissures , en plaçant vis-à-vis les plans qui représentent les deux faces d'un même élément d'un ouvrage

(intérieur et extérieur d'un caisson, par exemple). S'il s'agit d'un ouvrage en béton précontraint, il est très intéressant d'utiliser un fond de plan sur lequel figure le tracé des câbles de précontrainte.

Une telle représentation facilite largement l'interprétation. Par exemple une fissure de flexion longitudinale au voisinage d'une section dite de moment nul coïncide souvent avec une insuffisance grave, voire absence totale de précontrainte dans la partie fissurée.

#### **IV.8.4- Interprétation**

Nous venons de voir comment l'établissement d'un bon relevé avec un classement par familles et une représentation sur un fond de plan adéquat facilite l'interprétation. Il faut pourtant ajouter que, même en possession d'un relevé très bien fait, il est indispensable d'avoir personnellement vu l'ouvrage et ses fissures pour établir correctement un diagnostic. Même l'examen sur photographies peut être trompeur.

Enfin, dans la plupart des cas le relevé statique ainsi effectué est insuffisant, il faut le compléter par des constatations dynamiques c'est-à-dire par des mesures de perspiration sous diverses actions

#### **IV.9- Les Mesures Locales De Fonctionnement**

**(extensomètre-fissuromètre)**

##### **IV.9.1- Introduction**

Les mesures de flèches, les pesées de réactions d'appui, un plan d'ensemble de fissuration sont autant de procédés qui peuvent renseigner globalement sur l'état ou le fonctionnement d'une structure.

Ces méthodes ne permettent généralement pas d'analyser le détail du comportement de l'ouvrage en tel ou tel point précis, et doivent être complétées par des mesures plus ponctuelles ; par ailleurs, des investigations ponctuelles permettent dans certains cas d'obtenir sur le comportement globale, d'autres informations que ce que donnent les méthodes ci-dessous.

$$\delta_{ij} = 1 \text{ pour } i=j$$

$$\text{et } \delta_{ij} = 0 \text{ pour } i \neq j$$

Les extensomètres permettent la mesure des  $e_{ij}$  (déformations linéaire). Sauf, cas d'exception (témoins sonores noyés dans le béton par exemple), on ne peut réaliser les mesures qu'à la surface d'une pièce. Alors :  $\sigma_{23} = \sigma_{31} = \sigma_{33} = 0$  et l'on a par exemple :

$$\sigma_{11} = \frac{E}{1 - \nu^2} (e_{11} + \nu \cdot e_{22}) \quad \text{II}$$

expression qui devient :

$$\sigma_{11} = E e_{11} \quad \text{III}$$

dans le cas d'une traction ou compression simple suivant l'axe 01

$$(\sigma_{22} = 0 \text{ et } e_{22} = -\nu \cdot e_{11})$$

En un point de la surface d'un corps (contraintes planes), la mesure des déformations suivant trois directions permet de déterminer les contraintes principales et leur direction. Il suffit de mesurer les déformations suivant deux directions (relation II) orthogonales pour déterminer les contraintes suivant ces deux directions.

Dans le cas d'une sollicitation simple (relation III), une seule direction de mesure suffit : c'est un cas très courant dans la pratique, ce n'est toutefois pas le cas général.

Au niveau de ces rappels, et sans qu'il soit nécessaire d'aborder les problèmes propres aux techniques de mesures, on peut faire les trois remarques suivantes :

- l'extensométrie ne permet de mesurer que des variations de déformations (donc de contraintes) par rapport à un état initial (sur un pont, cet état initial sera en général son état de contrainte à vide).
- la détermination des contraintes nécessite de connaître les caractéristiques  $E$  et  $\nu$  du matériau : ces caractéristiques sont connues et varient peu d'un acier à l'autre ; il n'en est pas toujours de même pour le béton.
- les équations de l'élasticité ne suffisent plus si l'on veut interpréter des mesures à moyens ou long terme lorsque l'on a affaire à des phénomènes différés (fluage et relaxation).

En particulier, l'extensométrie ne peut pas mesurer directement des phénomènes de relaxation puisqu'il s'agit d'une diminution de contraintes à déformation constante.

#### IV.9.2.2- La fissurométrie

La mesure des mouvements relatifs des lèvres d'une fissure est souvent utile, en particulier pour apprécier les surtensions sous une action extérieure donnée, dans les aciers (passifs ou actifs) qui traversent une fissure. Il est nécessaire de faire appel aux lois de l'adhérence acier-béton pour estimer, par ce moyen, les surtensions. Pour les aciers passifs, ces lois sont assez bien connues; pour les aciers actifs l'adhérence se faisant par l'intermédiaire du coulis d'injection, l'estimation de la surtension dépend totalement de la qualité de l'injection. Le contrôle par gammagraphie au voisinage de la fissure renseigne sur la qualité du remplissage de la gain; ce contrôle est indispensable pour éviter toute erreur grossière d'interprétation. Il est quelque fois possible d'effectuer des mesures directement sur un acier préalablement mis à jour.

La fissurométrie peut être utilisée aussi mieux apprécier le fonctionnement de la partie non fissurée d'une section.

### IV.9.2.3- Ordres de grandeurs des quantités à mesurer

En extensométrie, on mesure des allongement relatifs qui sont des grandeurs sans dimension : ce sont les  $\epsilon_{ij}$  des formules précédentes plus communément notés «  $\epsilon$  ».

- $\epsilon_a$  pour l'acier.
- $\epsilon_b$  pour le béton.

a) en construction métallique, l'unité de référence est hecto bar (10 MPA = 1 hbar  $\approx$  1 Kgf/mm<sup>2</sup>). Cette unité constitue un seuil de sensibilité souvent suffisant dans le domaine de l'auscultation. L'allongement relatif correspondant vaut :

$$\Delta l / l = \epsilon_a = \sigma_a / E_a = 1 / 20000 = 50.10^{-6}$$

b) en béton armé et en béton précontraint, l'unité de référence est le bar (1bar = 0,1MPa  $\approx$  1kgf/cm<sup>2</sup>) et

$$\Delta l / l = \epsilon_a = \sigma_a / E_a = 1 / 400000 = 2,5.10^{-6}$$

En fissurométrie, on mesure des déplacements ; la seuil de sensibilité souvent suffisant est le centième de millimètre (0,01mm).

## IV.9.3- Les appareils utilisées

### IV.9.3.1- Les capteurs

Une certaine ressemblance fait que certains appareils sont utilisées aussi bien en extensométrie qu'en fissurométrie. Toutefois, d'autres sont spécifiques de l'une ou de l'autre de ces deux catégories.

Les appareils utilisés sont de trois sortes :

- les jauges à fil qui sont spécifiques de l'extensométrie, compte-tenu du principe de fonctionnement .

- les extensomètres mécaniques, qui mesurent l'allongement absolu d'une base donnée. Certains de ces appareils (les moins sensibles et les plus maniables) sont également utilisés en fissurométrie.
- Les appareils de type comparateur en général trop peu sensibles pour des mesures d'extensométrie.

#### **IV.9.4- Méthodologie d'une intervention**

L'extensométrie (à laquelle on peut associer la fissurométrie) est un sujet très vaste. Si les projecteurs sont prêts à accorder toute confiance aux mesures d'extensométrie effectuées en laboratoire sur des corps d'épreuve, leur réserve vis-à-vis de mesures effectuées in situ est nettement plus prononcée. Il est probable d'ailleurs que certains entre eux aient été déçus par certains résultats expérimentaux jugés fantaisistes parce qu'interprétables. Il est probable également, que la responsabilité de certains échecs soit entièrement le fait de l'expérimentateur : appareils mal mis en place, erreurs de mesures, corrections mal effectuées, phénomènes parasites sous-estimés...

La plupart des échecs (ou simplement des déceptions) sont dus à des campagnes de mesures mal menées et que la responsabilité en incombe aussi bien au projecteur qu'à l'expérimentateur. Pour éviter l'échec il faut que les trois conditions suivantes soient remplies :

- définir et délimiter le problème posé
- situer les ordres de grandeur des qualités à mesurer.
- mettre en oeuvre les moyens de mesure suffisants

#### **IV.10- Commentaires**

Les méthodes et les moyens qui viennent d'être présentés constituent une panoplie importante et représentent des opérations parfois coûteuses. Ces méthodes sont encore très incomplètes, de nombreux phénomènes échappent encore à la mesure c'est-à-dire à l'auscultation de l'ouvrage et des efforts importants doivent être faits pour améliorer les possibilités d'investigations sur ouvrage.

***CHAPITRE V***

***SYSTEME DE GESTION  
DES BASES DE  
DONNEES***

## V- SYSTEME DE GESTION DES BASES DE DONNEES [5].[6].[7]

### V.1- Généralités

Un système de gestion de base de données est aussi et surtout un outil permettant , d'insérer , de modifier et de rechercher efficacement les données spécifiques dans une grande masse d'information (quelque milliard d'octets ) partagées par tous les usagers. Les peuvent être exemptées à partir du nom d'une donnée ( par exemple : numéro d'ouvrage ou numéro du dossier ) ou ses relations avec d'autre données (par exemple : nombre d'appuis d'un ouvrage ).

En résumé un SGBD peut donc apparaître comme un outil de rangement , de recherche , d'assemblage et de conversion des données.

Un SGBD se compose en première approximation de trois couches successive de fonction.

- la gestion des récipients de données sur mémoire secondaire, compose traditionnellement la première couche , c'est le système de gestion des fichiers.
- la gestion des données stockées dans les fichiers, le placement et l'assemblage de ces données, la gestion des liens entre données et des structures permettant de les trouver rapidement constituent la deuxième couche , c'est le système d'accès aux données ou SGBD interne.
- la présentation des données au programmes d'application et aux usagers terminaux ayant exprimé leurs besoins en données à l'aide de langage plus au moins élaborés , constitue la fonction essentielle de la troisième couche , c'est le SGBD externe , qui assure d'une part l'analyse et l'interprétation de requêtes des usagers , d'autre part , la mise en forme des données échangées avec les modes extérieurs.

#### V.1.1- Principales Fonctions D'un SGBD

L'objectif fondamental d'une base de données et de rendre accessible au utilisateurs , les données tout ils sont besoin pour prendre des décisions.

La base de données dispose de sept fonctions , dont quatre sont principales et quatre sont annexes.

Les fonctions principales sont :

- fonction description
- fonction création
- fonction mise à jour
- fonction extraction

Les fonctions annexes sont:

- fonction protection
- fonction sécurité
- fonction optimisation des ressources

### **V.1.2- Modèles De Données**

Un modèle de donnée est un outil utilisé pour représenter l'organisation logique des données.

Une donnée peut être perçue à plusieurs niveaux . Au premier niveau la perception du réel est organisée logiquement , au seconde niveau le réel est interprété , lui est attribuée . En fin le modèle de données est utilisé pour décrire et enregistrer l'interprétation du réel sur un support physique , dans notre cas l'ordinateur .

Il existe trois type de modelés de données :

- le modèle hiérarchique
- le modèle réseau
- le modèle relationnel

Ce dernier est le plus utilisé

#### **V.1.2.1- Le Modèle Relationnel [7]**

Les premiers objectifs du modèle relationnel sont comme suit :

1)- Permettre un haut degré d'indépendance des programmes d'applications , et des activités interactives à la représentation interne des données.

2)- Fournir une base solide pour tenter les problèmes de cohérence et redondance des données

Ces deux objectifs qui n'étants pas atteints par les modelés réseau et hiérarchique.

Le modèle relationnel constitue une approche de la description et la manipulation logique des données. Il envisage la base de données comme un ensemble de tableau à deux dimensions appelés relation.

## **V.2- Présentation Du DBASE IV**

### **V.2.1- Introduction**

Le DBASE est un système de gestion de base de données sur le modèle relationnel .

Il se présente comme un langage de haut niveau orienté vers les bases de données . Son vocabulaire est composé d'un ensemble de commandes de fonctions et d'opérateurs.

Le DBASE à été écrit en langage C par la société Américaine de logiciels ASHTOM-TATE et traduit en langage français par l'entreprise française " LA COMMANDE ELECTRONIQUE " .

Le DBASE utilise des commandes simples et faciles à apprendre, avec une commande il est facile, d'ajouter, d'insérer ou de supprimer une information de la base , on peut aussi sélectionner tout ou une partie d'un fichier pour une éventuelle édition sous forme d'un rapport .

Les performances du DBASE IV résident dans sa rapidité tri de données et en particulier de sa technique d'indexation.

## V.2.2- Les Fichiers DBASE IV

On distingue dix types de fichiers principaux qui permettent au DBASE de réaliser des opérations d'écriture ou de lecture , chaque fichiers répond a un besoin particulier.

### V.2.2.1- Les Fichiers BASE De Données (dbf )

Les fichiers base de données peuvent contenir la structure d'un enregistrement ,dont la capacité peut atteindre jusqu'à un milliard d'enregistrements .

La structure est décrite par les zones d'enregistrement suivantes :

- Le nom du champs de données
- Le type de la donnée
- La taille du champs exprime le nombre de caractère si le champs est de type alphanumérique .

#### *a- Nom Du Champs*

C'est un identificateur alphanumérique, dont la longueur ne doit pas dépasser dix caractères. Dans toutes les opérations de DBASE les champs de données sont référencées à un nom.

#### *b-Type De Données*

Il permet de spécifier la nature de la donnée que doit contenir le champs.

Le DBASE permet quatre type de données :

- caractère ( c ) : ' abcd '
- Numérique (N) : '1.2.3....'
- Date (D) : JJ / MM / AA.
- Logique (L) : VRAI / FAUX .
- Memo (M)

#### *c- Taille De Champs*

Il exprime le nombre de caractères ou le nombre d'octets maximum que doit contenir le champs.

### **V.2.2.2- Les Fichiers Programme Ou Application (prg)**

Ces fichiers contiennent un ensemble de commandes DBASE mais sous la forme d'un programme représentant un ensemble d'actions s'équences simples, structurées ,répétitives ou conditionnelles .Comme tout langage de programmation, DBAES présente quatre structures de base :

- Les séquences
- Les structures alternatives.
- Les structures répétitives .
- Les procédures .

Le DBASE exécute séquentielle ment les commandes c'est à dire dans l'ordre de leur apparition .

### **V.2.2.3- Les Fichiers Mémo (mém)**

Ce sont les fichiers de variables mémoire. Ils sont utilisés pour sauvegarder le contenu de certaines variables pour une utilisation ultérieure .

### **V.2.2.4- Les Fichiers Mdex (ndx)**

Il contiennent les clés et les pointeurs qui sèvrent à localiser rapidement les données .

### **V.2.2.5- Les Fichiers Rapports (frm)**

Ils contiennent la structure d'un état è imprimer ou à afficher sur écran .

### **V.2.2.6- Les Fichiers Etiquette (ibi)**

Il contiennent les informations nécessaires à la commande labl.

### **V.2.2.7- Les Fichiers Texte (txt)**

Les fichiers texte sont utilisés d'une manière générale comme une interface entre les logiciels DBASE et autre programme ou logiciel particulier.

### V.2.2.8- Les Fichiers Vue (vue)

Ces fichiers contiennent les informations relatives à l'environnement de travail .

### V.2.2.9- Les Fichiers Extraction (qry)

Ces fichiers permettent de stocker un filtre " Locativation" de ce filtre permet d'extraire sur la base de données les enregistrements répondant aux conditions posées.

### V.2.2.10- Les Fichiers Format (scr)

Ils permettent de stocker un format écran pour une base de données spécifique pour une éventuelle utilisation future.

## V.2.3- Conception D'un Programme

Développer un programme en alignant des instructions reste relativement simple .

Les commandes sont rigoureuses et bien définies, et leur nombre est limité , il suffit d'appliquer les règles relatives à leur usages , même si celles-ci se révèlent parfois subtiles .Toute fois ; il ne s'agit là que d'une étape dans la conception d'un programme, et elle doit être précédée par bien d'autre .

En tout premier lieu vient l'analyse des besoins exacts et réels aux quel ce programme devra répondre . Cette analyse doit être rigoureuse , faute de quoi le programme le plus merveilleusement conçu ne vaudra rigoureusement rien . Elle inclut la liste des documents à employer et à sortir .

Le dialogue avec l'utilisateur, la sécurité, etc. ainsi que la possibilité d'introduire des extension ultérieures prévisible ou non.

Puis vient la conception elle-même de la base de données , l'organisation des fichiers, la nature des liens qui doivent les réunir pour gagner en rapidité, en mémoire, en confort, on prévu legiera des fichiers spécialisés mémé si les liens s'effectueront de préférence sur des références stables .

Enfin on construira des programmes modulaires, les modules se chaînant et s'appelant à volonte . Chaque module doit pouvoir être teste indépendamment , puisque de ses choix dépendra l'appel de tel autre programme, module ou procédure.

### **V.2.2- Caractéristiques du DBASE IV**

Chaque fichier peut contenir jusqu'à un milliard d'enregistrement et chaque enregistrement peut comporter un nombre de 255 champs et 4000 octets au maximum.

- On peut ouvrir jusqu'à 99 fichiers de tout type et 10 fichiers de données simultanément.
- Le nombre d'index pour un fichier multi-index est de 47
- La ligne de commande peut atteindre jusqu'à 1024 caractères.

***CHAPITRE VI***

***PRESENTATION DU  
LOGICIEL***

## **VI- PRESENTATION DE LOGICIEL ( SAGP2) [7].[11]**

### **VI.1- Introduction**

Dans le but de compléter le travail présenté dans l'année précédente dans le cadre du PFE : mise au point d'un système d'aide à la gestion des ouvrages d'art (SAGP), nous avons entamé un schéma conceptuel de la base de données pour les auscultations destructives et non destructives effectuées sur les ouvrages d'arts. Pour cela on a réservé à chaque type d'auscultation destructive et non destructive une banque de données propre.

Dans chaque base de données on trouve les données suivantes :

#### **IV.1.1- Des Données Administratives**

Tel que le :

- Numéro d'ouvrage
- Numéro du dossier
- Le bureau chargé de l'étude
- L'ingénieur responsable
- Date d'intervention

#### **VI.1.2- Des Résultats D'intervention**

Ces résultats sont liés directement à l'auscultation elle-même c-à-d chaque type d'auscultation a son but et ses propres résultats.

#### **VI.1.3- D'autres Informations**

Ce type de données comporte toutes les informations sur les conditions d'intervention et les interprétations des résultats.

La deuxième étape est la programmation en DBASEIV, on a élaboré pour chaque type d'auscultation un programme spécifique à son rôle de lier entre toutes les bases de données utilisées pour créer, modifier, consulter ou donner des listes d'auscultations.

En effet cette étape est la plus difficile, car d'une part d'utiliser plusieurs bases de données en même temps et d'autre part de programmer on prend en

considération toutes les caractéristiques des auscultations, par exemple on ne doit pas autoriser la saisie de carottage sur des éléments métalliques, car cela n'existe pas.

## **VI.2- Architecture Général**

Après la consultation des rapports des auscultations effectuées sur les ouvrages d'art du centre par LTPC, nous avons proposé un logiciel qui permet la gestion informatisée des données d'auscultation gérées par le module «Auscultation ».

Il n'existe pas de consensus et encore moins de standard en matière d'architecture pour notre logiciel ( SAGP2), ainsi nous allons décrire ci-dessous une proposition parmi plusieurs qui sont valide, qui est celle vers la quelle nous essayons de simplicité (SAGP2).

L'architecture est organisée en deux niveaux (figure VI.1), contrôlée par le programme principale (SAGP2).

### **VI.2.1- Un niveau existant (SAGP)**

SAGP nous permet la gestion des ouvrages d'art sans la prise en considération des auscultations effectuées, ou qu'elles nous peuvent effectuer sur ce patrimoine. A partir de programme principal SAGP on peut gérer un ensemble de programmes d'application qui assure la manipulation des informations stockées dans les bases de données.

Ce niveau est composé :

- de quatre bases de données, ouvrage et fondation ont un rôle de description et d'identification de l'ouvrage. les deux autres, visite et dégradation sont réservées essentiellement pour les relevés des informations des visites effectuées et les dégradations existantes ( localisation, intensité, l'extension , évolution)
- et quatre modules ouv1 , vis1 , fond1 , degr1 permettent le traitement des données ( création , modification , consultation...) stockées dans les banques de données.

### VI.2.2- Nouveau niveau

Ce niveau est contrôlé par le module Auscultation , qui nous permet d'informatiser les deux types d'auscultations ( destructive et non destructive). Auscultation (module) est un ensemble de programmes d'application manipule les banques de données pour créer, modifier, consulter ou donner des listes d'auscultations .

Ce niveau est composé de :

#### 1)- *Quatre bases de données*

Sont : Carottage , Charge , Scléromètre ,Ultrasonique. chaque base de données représente un type d'auscultation , elle permet de stocker plusieurs essais avec ces propres données.

#### 2)- *De quatre module*

-*Carot.1* : C'est un ensemble de programmes d'application qui permet la saisie des auscultation destructives ``carottage`` effectuées sur les ouvrages , de les modifier, de les consulter, d'avoir des liste d'auscultation et d'imprimer des fiches d'auscultation.

-*Charg.1* : L'objectif de ce module est d'assuré l'informatisation des essai de chargements ( création , modification , consultation...), on prendre en considération de toutes les spécification de cette auscultation.

-*Scler.1* : C'est un ensemble de programmes d'application , à le rôle d'informatiser les essais sclerométriques. On trouve dans ce module un programme de création , un programme de modification , un programme de consultation et un autre qui permet l'impression des fiches d'auscultation sclerométrique .

-*Ultr.1*: Comme les autre module précédants Ultr.1 permet l'informatisation des essais ultrasonique ( auscultation non destructives).

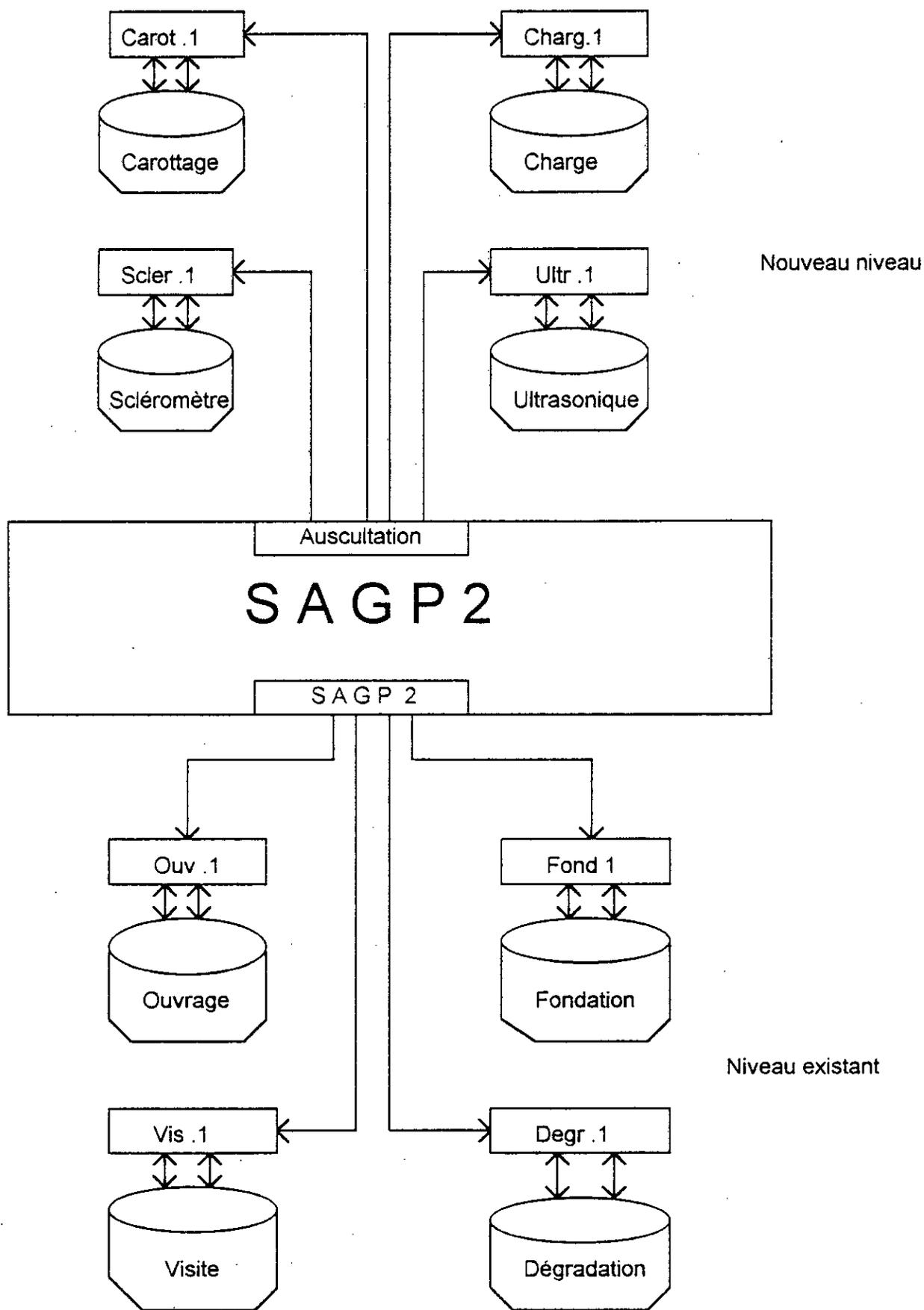


Fig. VI.1 : Architecture Générale

## **VI.3- Le Module Auscultation [1].[2].[3].[3].[4]**

### **VI.3.1- Introduction**

L'objectif principale de notre travail est de compléter le logiciel (SAGP) en introduisant les auscultation sur le menu de ce logiciel .L'informatisation de toutes les auscultations destructives et non destructives est très difficile. Le premier handicap que nous avons rencontré est lié aux limites menés de DBASE IV.

A ce titre nous avons vu gérer les de deux types d'auscultations :

- auscultations non destructives
- auscultations destructives

Aux quelles l'utilisateur accède par un même menu avec deux programmes déférents (figure VI.2)

### **VI.3.2- Auscultation Non Destructive**

Cette option nous permet d'informatiser les auscultations non destructives suivantes :

- Essai de chargement
- Essai sclerometrique
- Essai ultrasonique

A partir de cette option nous pouvons créer, modifier ou donner des listes d'auscultations on choisissant les sous-options création, modification, ou liste d'auscultation.....

#### ***a- Création***

Cette sous option nous permet de créer des auscultations non destructives on introduisant au premier lieu le numéro d'ouvrage et le numéro du dossier pour identifier l'ouvrage, par suite le bureau charge de l'étude, l'ingénieur responsable et la date d'intervention, toutes ça construit une fiche signalétique d'auscultation.

Une fois que nous avons introduit ces données à l'ordinateur nous commencerons la saisie des résultats d'interventions différemment suivant le type d'auscultation non destructive, et la nature de l'ouvrage, par exemple dans l'essai de chargement pour un pont de deux travées il sera affiché automatiquement chargement des deux travées et des trois appuis .

#### ***b- Modification***

Comme on peut créé une auscultation non destructive on peut la modifiée, modifier toutes les enregistrements stocker dans la base de données de cette auscultation après avoir introduire les bons numéro du dossier, de l'ouvrage et la bonne date d'intervention.

#### **• N.B :**

Cette sous-option est caractérisée par un mot clé (code) connu seulement par l'utilisateur pour des mesures de sécurités d'informations des ouvrages.

#### ***c- Listes***

Chaque essai ou chaque auscultation non destructive crée pour un ouvrage est directement visualiser dans la liste des auscultations sous forme d'un tableau contient les données suivantes :

- ◆ Numéro d'ouvrage
- ◆ Numéro du dossier
- ◆ Type d'auscultation non destructive
- ◆ Date d'intervention

Et cela après avoir choisit la sous-option liste, soit liste par wilaya pour apparaître la liste des auscultation fêtent sur les ouvrages d'arts d'une wilaya, soit liste générale pour apparaître la liste des auscultations faite sur les ouvrages d'art du territoire national.

### VI.3.3- Auscultation Destructive

Comme dans le cas de l'option précédente auscultation non destructive cette option nous permet d'informatiser les auscultation destructive utiliser par L.T.P.C dans le cas des ouvrages d'arts , pour cela nous avons élaboré quatre sous-options qui sont

- \* Création
- \* Modification
- \* Liste par wilaya
- \* Liste générale.

#### *a- Création*

Dans cette sous-option on peut crée des auscultations destructive suivant notre choix on introduisant :

- ◆ Numéro d'ouvrage
- ◆ Numéro du dossier
- ◆ Bureau charge de l'étude
- ◆ Ingénieur responsable
- ◆ Date d'intervention.

Ensuite en commencerons la saisie des résultats d'interventions et les commentaires.

Par exemple pour le cas de carottage on a comme résultat d'intervention :

- Les emplacements du carottage effectué
- Le nombre du carotte pour chaque emplacement
- Les caractéristiques géométriques de chaque carotte
- Les caractéristiques mécaniques de chaque carotte

Et en fin on introduit les conclusions et les commentaires sur les résultats obtenus .

### *b- Modification*

Cette fenêtre nous permet de faire des modifications sur les enregistrements des auscultations destructives en tapant le bon mot clé (code), nous suivons presque les même étapes que la sous-option modification précédente.

### *C- Liste*

Comme dans le cas de la sous-option liste d'auscultation non destructives cette fenêtre nous permet de lister toutes les auscultations destructives créés pour n'importe quel ouvrage, on donnant leur bons numéros du dossier et d'ouvrage.

On plus des deux options principaux que nous avons créé nous avons introduit au niveau de la consultation d'un ouvrage la consultation des auscultations effectuées sur le même ouvrage.

Après la consultation des caractéristiques administratives et géométriques d'un pont choisi (numéro d'ouvrage, numéro du dossier ), elle vient l'étape de consulter les auscultations faites sur cet ouvrage on donnant les dates d'interventions de chaque type d'auscultations existantes au nom de ce pont.

On avons introduit aussi , au niveau du menu d'impression une sous option "Fiches d'auscultation" qui permet d'imprimer des fiches d'auscultations.

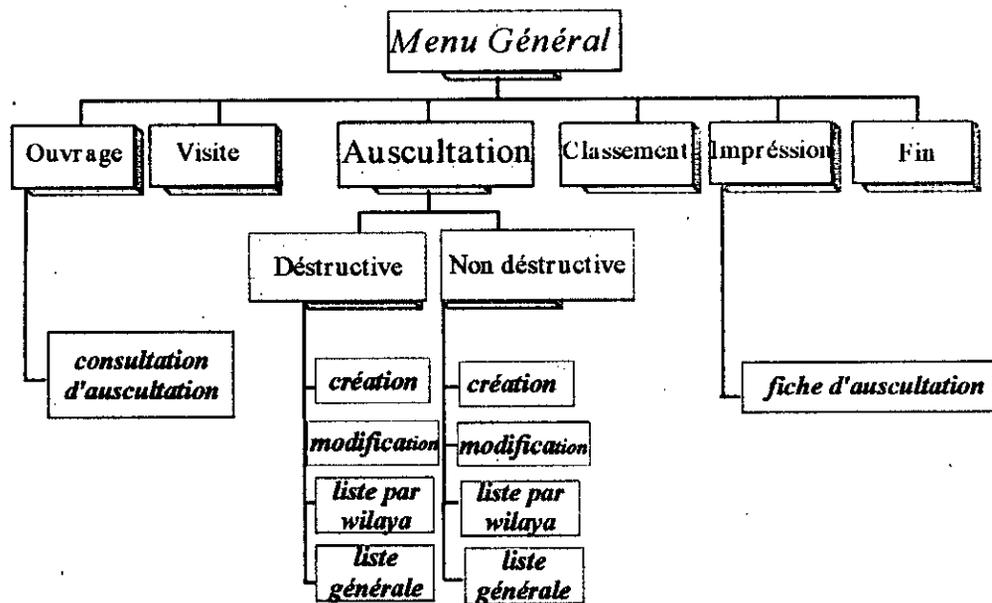


Figure VI.2 : Menu général du logiciel SAGP2

#### VI.4- Organisation Des Bases De Données

La description de l'état actuel d'un ouvrage en détail est très utile pour que le gestionnaire prenne les bonnes décisions qui le conduiront à une gestion judicieuse au parc d'ouvrages. Et comme ces décisions sont en fonction directement de la situation de l'ouvrage nous avons stocké toutes les informations utiles dans des bases de données bien organiser, propre a chaque type d'auscultation.

##### VI.4.1- La Base de Données "Carottage"

Le carottage est un essai à pour but d'évaluer les caractéristiques constructives du matériau (les caractéristiques mécaniques), après prélèvement des échantillons.

La base de données carottage est un stocke d'information comporte l'ensemble de renseignements nécessaire pour effectuer cette auscultation, et les résultats obtenus des essais mécaniques sur les échantillons prélevés.

On trouve dans cette base de données les données suivantes par ordre d'utilisation.

### **VI.4.1.1- Des Données Administratifs**

#### ***a- Numéro d'ouvrage***

Chaque ouvrage est caractérisé par un numéro dans le but de l'identifier et d'éviter tout sorte de ressemblance entre les autres ouvrages du parc.

#### ***b- Numéro du dossier***

Le numéro du dossier est le nom du dossier d'ouvrage, ce dossier comporte les documents contenant les informations nécessaire pour assurer la gestion de cet ouvrage.

#### ***c- Bureau chargé d'étude***

Le bureau chargé de l'étude est l'entreprise responsable des travaux nécessaire pour réaliser l'auscultation carottage sur n'importe quelle ouvrage.

#### ***d- Ingénieur responsable***

C'est la personne qui préside l'équipe d'intervention sur site et le responsable des essais mécaniques effectués sur les carottes prélevés et ces résultats obtenus.

#### ***e- Date d'intervention***

C'est la date des prélèvements des échantillons. Cette date a une grande importance pour l'étude comparative des caractéristiques du matériau et son évolution dans le temps .

### **VI.4.1.2- Résultats d'intervention**

Ce type de données comporte les endroits des carottages, leur nombre et les caractéristiques géométriques de chaque échantillon (voir annexe) :

- diamètre du carotte (cm)
- hauteur du carotte (cm)
- poids propre du carotte (g)

Et les caractéristiques mécaniques des carottes:

- résistance à la compression
- charge à la rupture.

### **VI.4.1.3- Commentaires et conclusions**

Ce type de données est réservé essentiellement pour stocker les commentaires sur les conditions d'intervention et les conclusions qu'elles nous pouvons tirer à partir des résultats obtenus.

### **VI.4.2- La Base De Données ``Charge``**

Pour cette technique d'auscultation (essai de chargement) on à créer une base de données ``Charge``, qui se compose de trois types de données.

#### **VI.4.2.1- Données administratives**

Les mêmes données administratives que l'on à citer précédemment (paragraphe VI.4.1.1).

#### **VI.4.2.2- Résultats d'intervention**

Elle nous permet de stocker toutes les informations de la technique, essai de chargement et les résultat de mesure. Ce type de données composé de :

- 1)- *Epreuve de réception*: comporte les information concernant les dispositifs de mesure (appareil de mesures utilisés pour les mesures des tassements d'appuis et des flèches des travées), les constitution des charges (le chargement utilisé : type de chargement, son poids et le programme de chargement)
- 2)- *Résultats des mesures* : comporte les résultats d'épreuve réalisés tel que les résultats obtenus des mesures des flèches ( nombre de travées chargés, cas de chargement utiliser pour chaque travée, les valeurs des flèches maximum et résiduelle), des mesures des tassements (appui considéré, cas de son chargement, tassement maximum et résiduelle d'appui; tassement des appareils d'appui).

### **VI.4.2.3- Commentaires et conclusions**

On stocke dans cette partie de la base de données ``Charge`` les commentaires sur les conditions de travail et les conclusions d'après les résultats obtenus.

### **VI.4.3- La Base De Données ``Ultrasonique``**

L'essai ultrasonique (dynamique) est une auscultation non destructive permet l'appréciation de l'homogénéité d'un béton , localiser ses défauts et donner des résistances à la rupture. Le cumul de toutes ces résultats et d'autres informations (administratives) constitue la base de données .

#### **VI.4.3.1- Données administratives**

Comme les autres bases de données on trouve dans ce type de données :

- ◆ numéro d'ouvrage
- ◆ numéro du dossier
- ◆ bureau chargé de l'étude
- ◆ ingénieur responsable
- ◆ date d'intervention

#### **VI.4.3.2- Résultats d'intervention**

On trouve dans ces champs d'enregistrement les données suivantes (voir annexe) :

- les éléments testés ( endroit , dimension et nombre)
- les résistances (moyennes, minimales, nominales)
- Ecart-type et coefficient de variation
- la qualité du béton des éléments testés du point de vue homogénéité

#### **VI.4.3.3- Commentaires et conclusions**

Ces champs de mémoires sont réservés aux commentaires, et les conclusions qu'elles nous pouvons tirer d'après les résultats des éléments testés et leurs caractéristiques.

## **VI.4.4- La Base De Données ``Scléromètre``**

La Sclérométrie est une technique d'auscultation non destructive des bétons qui nous permet l'appréciation de la dureté superficielle d'un parement de béton et donner dans certains cas une estimation de la résistance à la rupture. La base de données ``scléromètre`` est l'ensemble de renseignement et les résultats de calculs de cette auscultation suivant un ordre bien organisé.

### **VI.4.4.1- Données administratives**

Ce type de données comporte les mêmes données administratives cités dans les base précédantes.

### **VI.4.4.2- Résultats d'intervention**

On trouve dans ces champs de réservations, les éléments testés, nombre des pièces testées, les caractéristiques de ces pièces de béton ( résistance moyenne, minimale et nominale), l'écart-type, le coefficient de variation, la qualité du béton de point de vue homogénéité et la correction des résistances.

### **VI.4.4.3- Commentaires et conclusions**

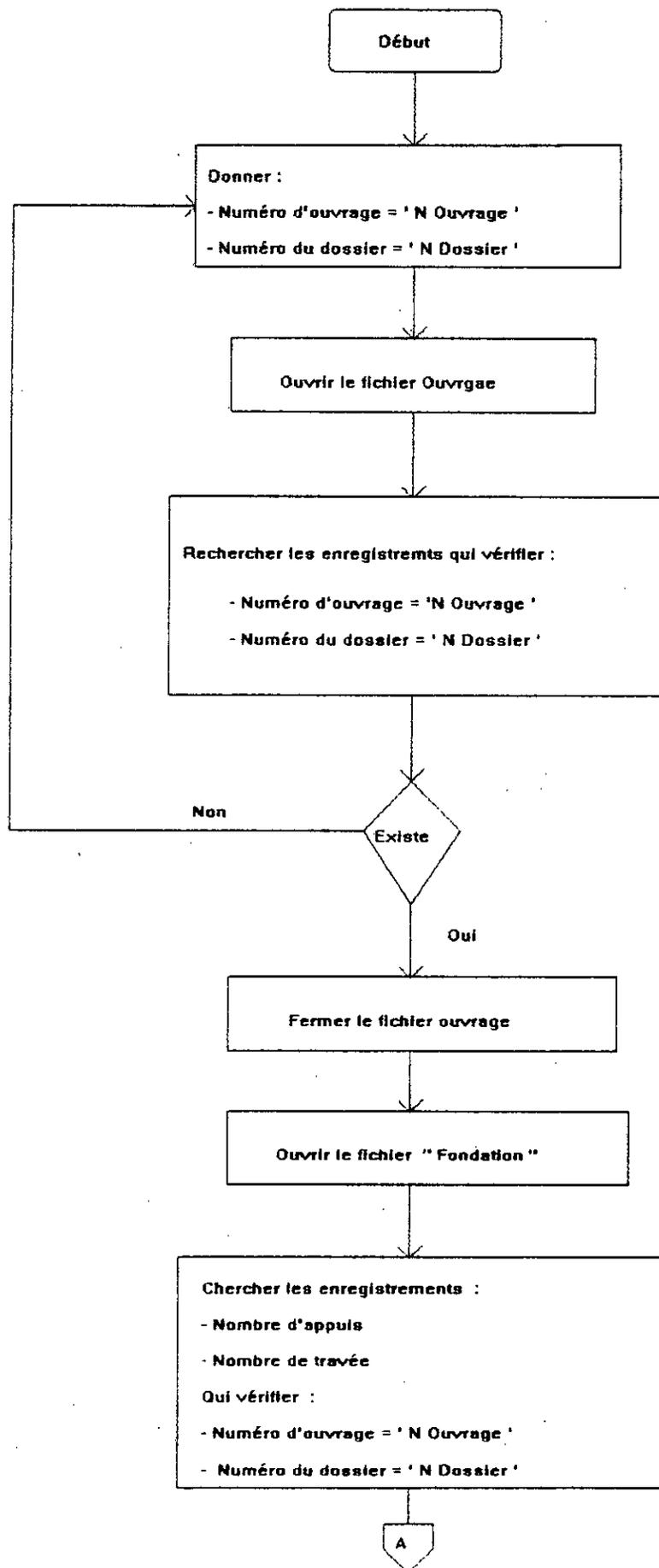
On peut stocker dans ces champs de mémoires les commentaires et les interprétations des résultats obtenus à partir des éléments testés et donner des pré-diagnostic sur l'état actuel des élément d'ouvrage.

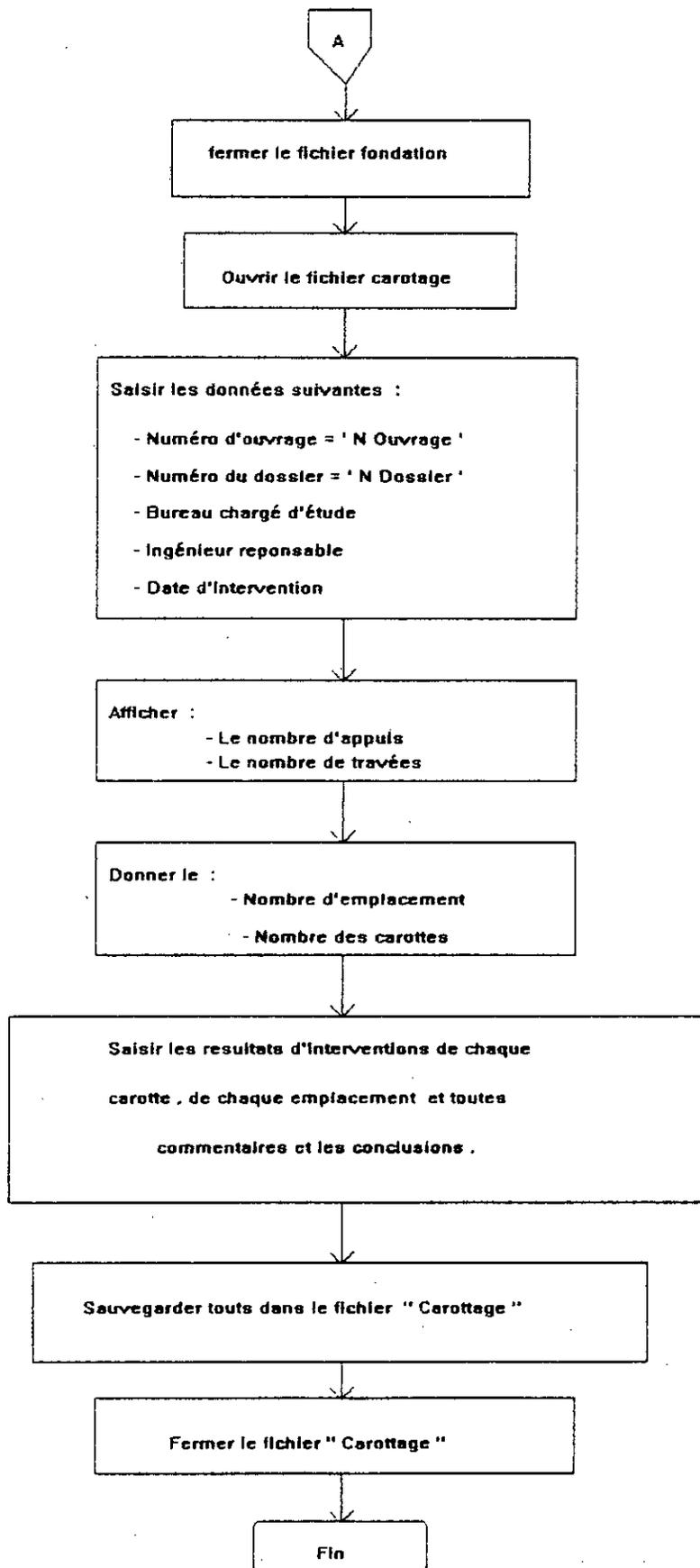
---

***Différents organigramme du  
logiciel***

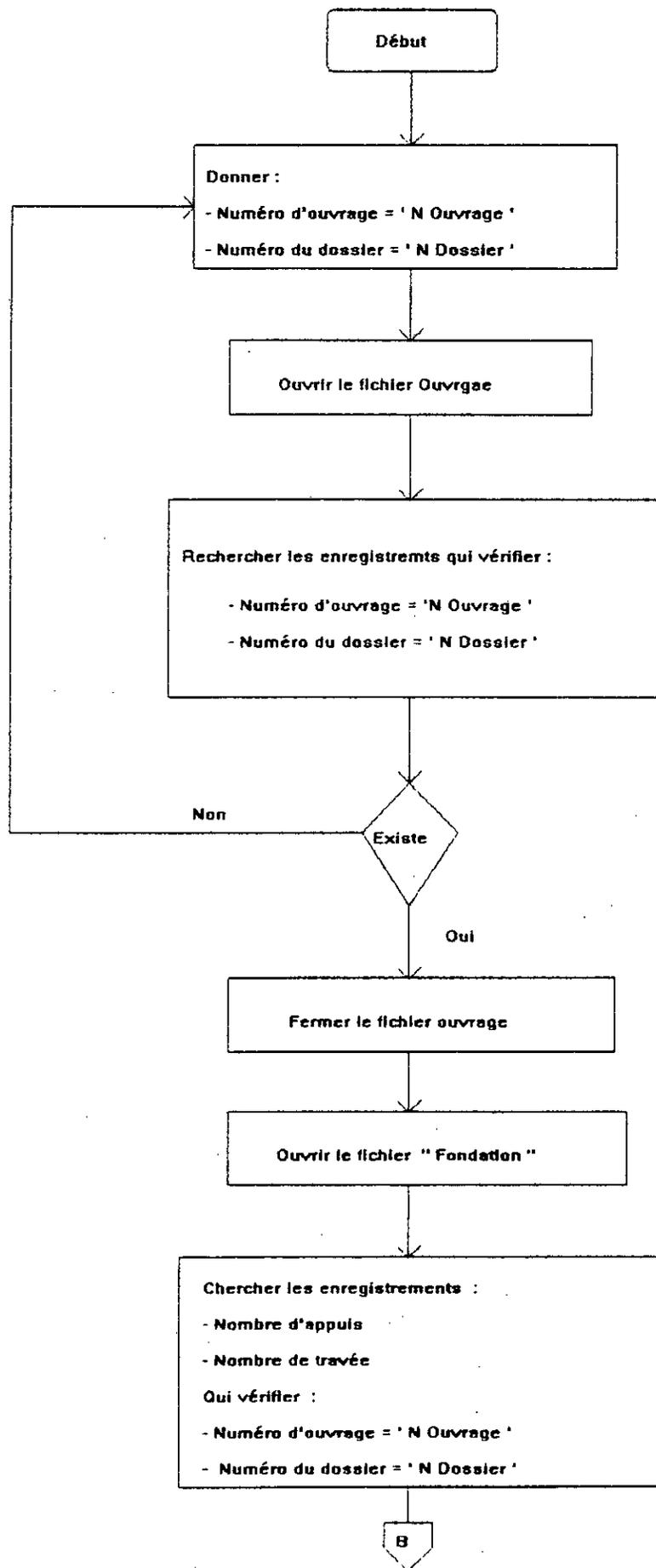
---

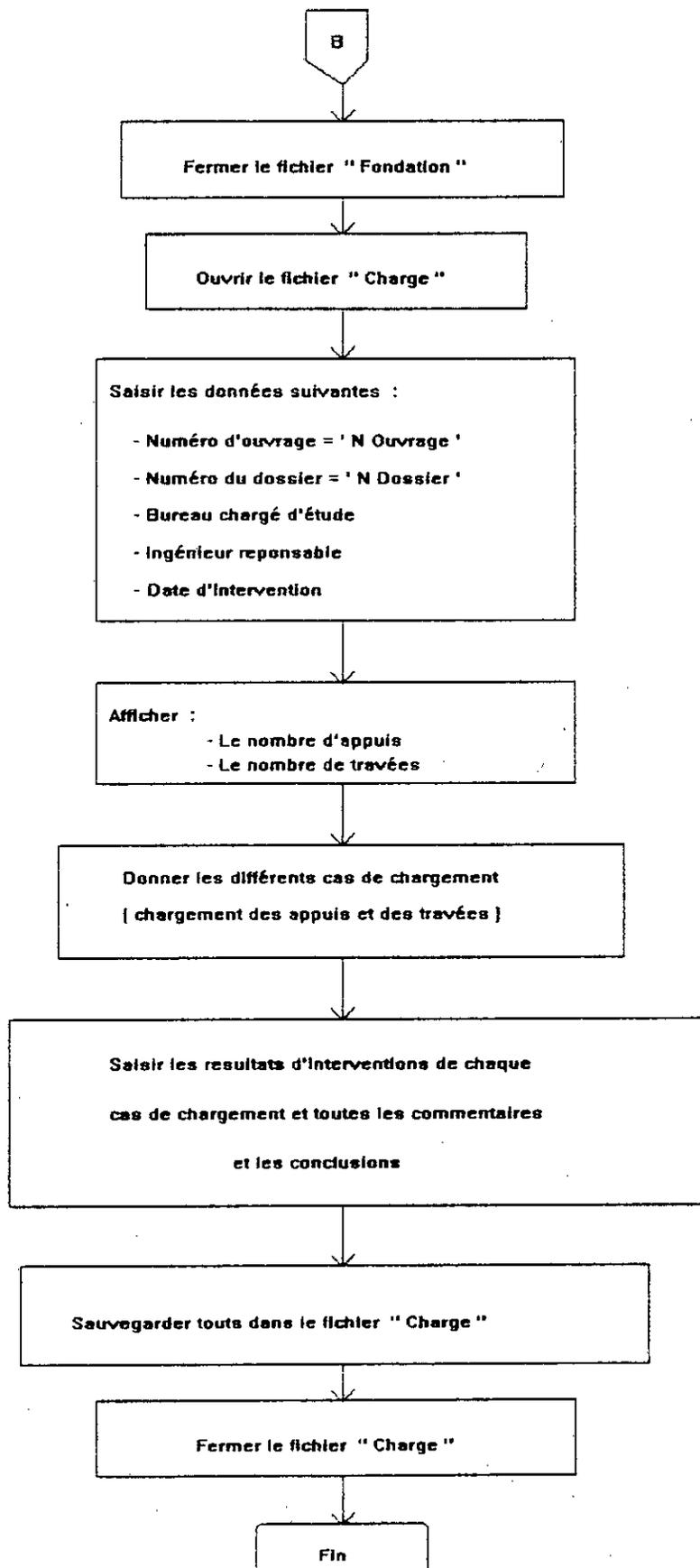
***Organigramme de la saisie des données  
d'AUSCULTATIONS  
' CAROTTAGE '***



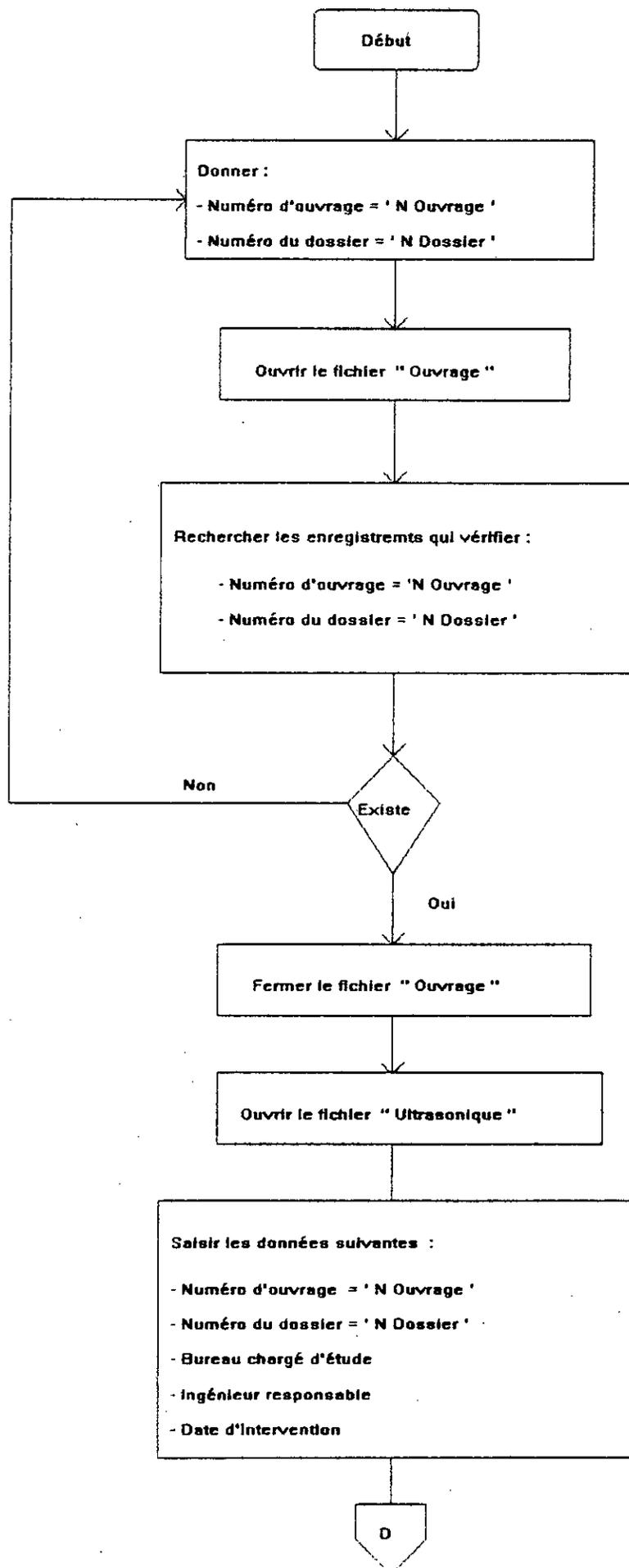


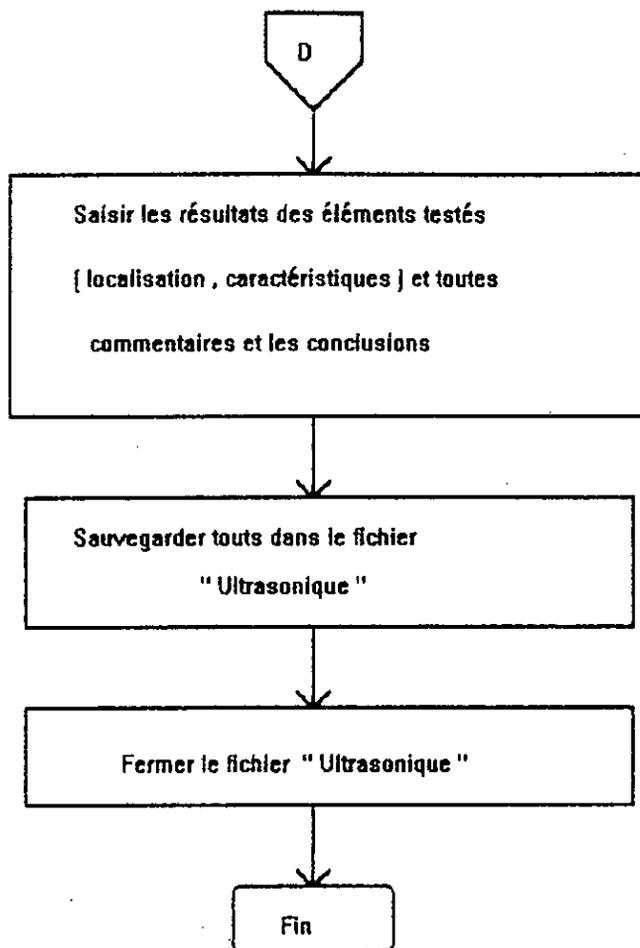
***Organigramme de la saisie des données  
d'AUSCULTATIONS  
' essais de chargement '***



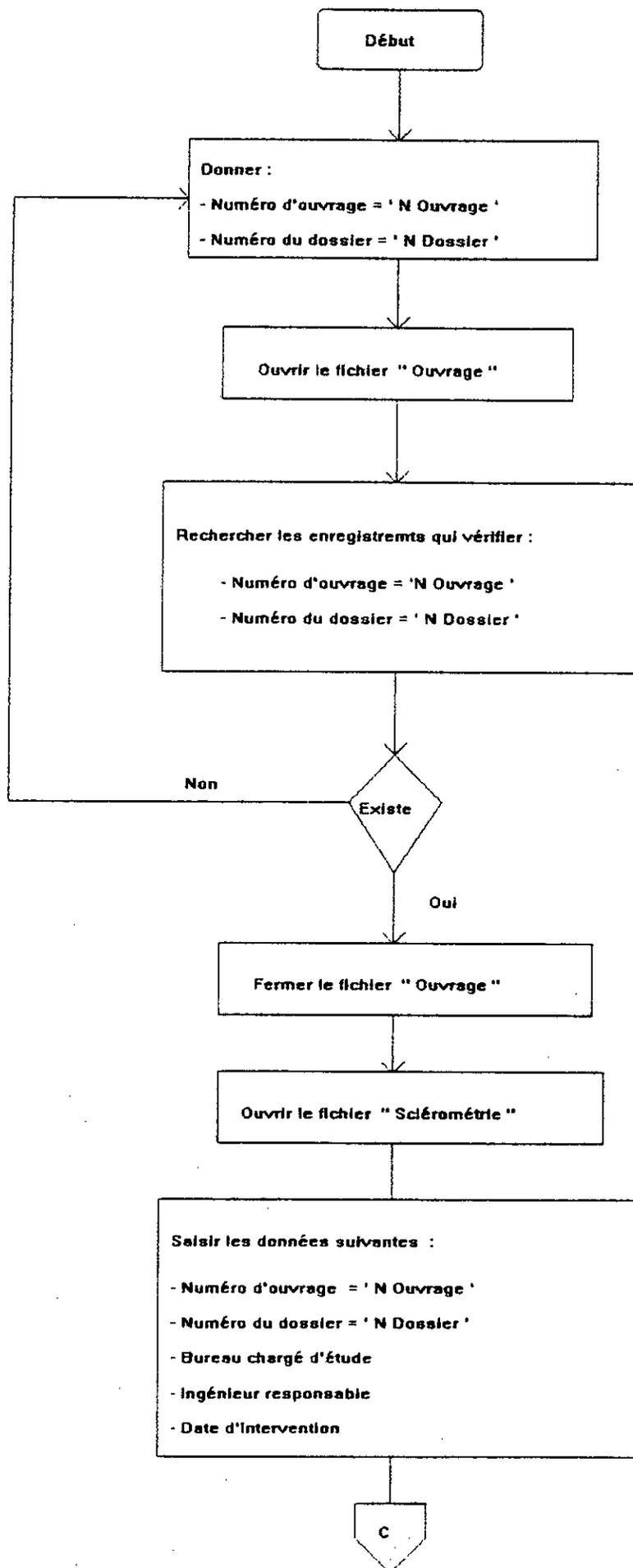


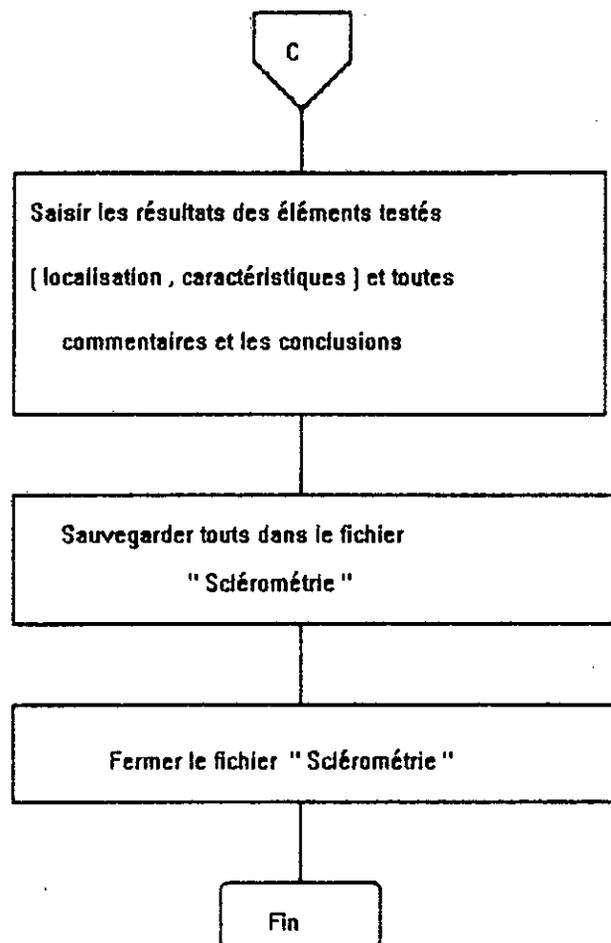
***Organigramme de la saisie des données  
d'AUSCULTATIONS  
' essais ultrasonique '***



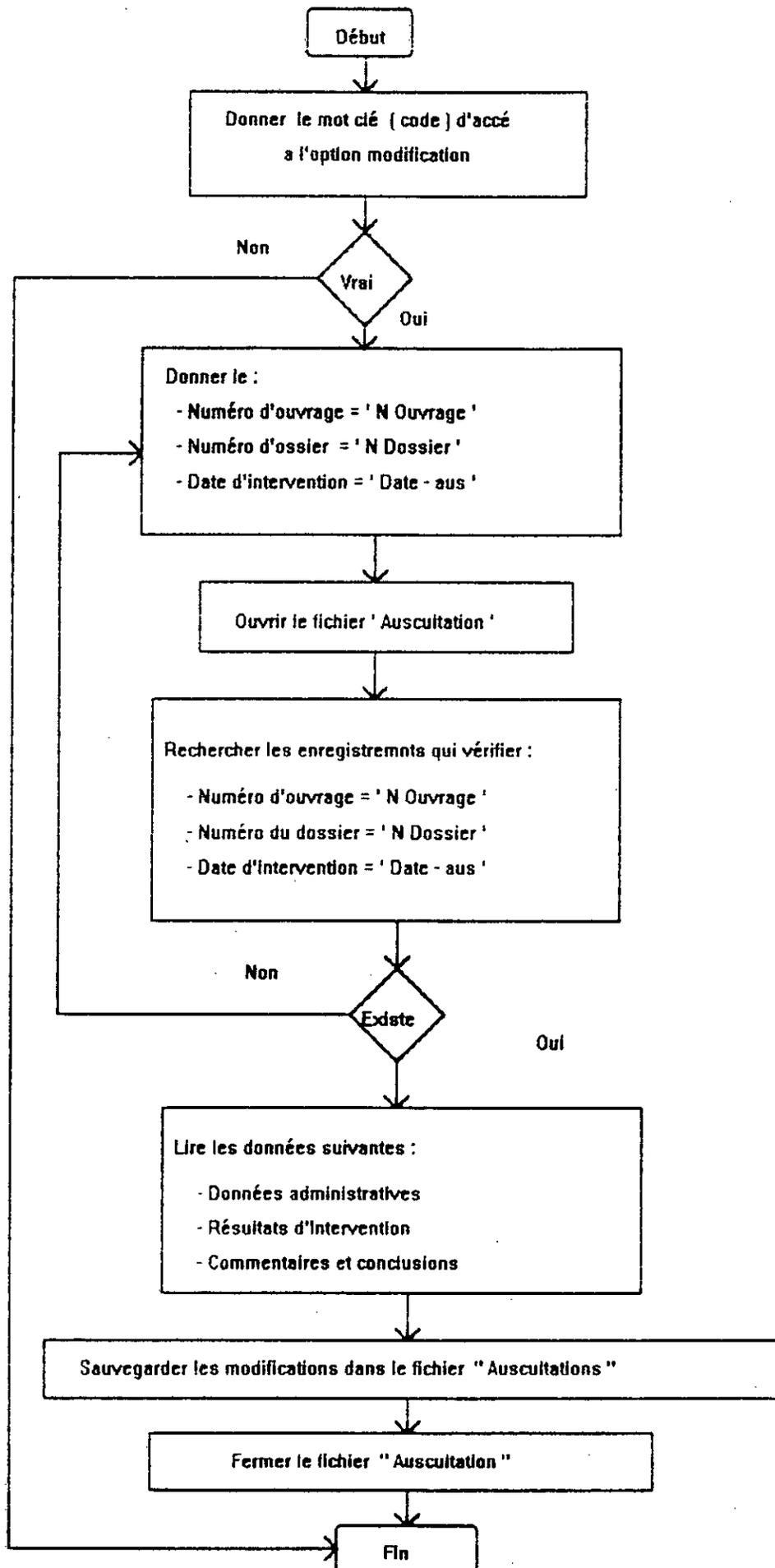


***Organigramme de la saisie des données  
d'AUSCULTATIONS  
' essais sclérométrique '***

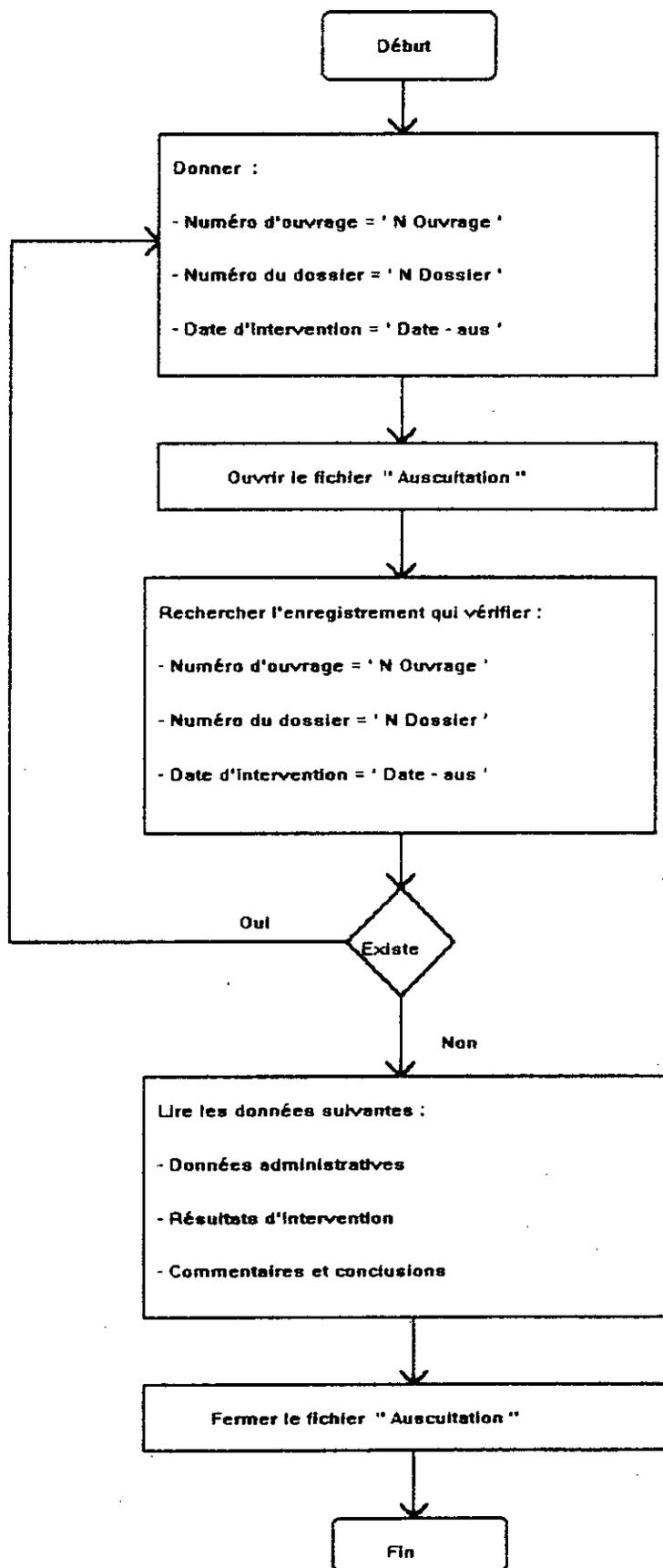




# **Organigramme de modification des données d'Auscultations**



**Organigramme de consultation des  
données d'AUSCULTATIONS**



## VI. 6- Exemple

*Pour illustrer la gestion des auscultations sur les ouvrages d'arts, une fiche d'auscultation non destructive de l'épreuves de chargement a été prise comme exemple, et qui constitue l'essai le plus utilisé*

*Une fiche d'auscultation de l'épreuve de chargement est constituée de quatre (04) sous fiches ;*

- 1. Sous fiche contenant les informations concernant les caractéristiques géométriques et administratifs.*
- 2. L'épreuve de réception.*
- 3. Les résultats de mesures.*
- 4. Les commentaires.*

*L'ouvrage montré dans l'exemple est un pont en béton armé dénommé « pont oued kniss », de la subdivision de Birkhadem, commune de Hydra, wilaya d'Alger.*

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU CENTRE : L.T.P.C  
D E P A R T E M E N T S T R U C T U R E  
SYSTEME D'AIDE A LA GESTION DES OUVRAGES D'ART

F I C H E D` A U S C U L T A T I O N

N° DU DOSSIER : 62.95.0001

N° D`OUVRAGE : 2

TYPE D`OUVRAGE : BETON ARME

N° DU DOSSIER : 62.95.0001

N° D`OUVRAGE : 2

WILAYA : ALGER

COMMUNE : HYDRA

PK DEBUT DE L`OUVRAGE : 0 +223

DATE D`AUSCULTATION : 21/02/95

BUREAU CHARGE DE L`ETUDE : L.T.P.C

INGENIEUR RESPONSSABLE : S.BELLAL

page(1)

## EPREUVES DE RECEPTION

### DISPOSITIF DE MESURE

La stabilité des appuis a été suivie par fléximètres enregistreurs pour les culées et par des appareils topographiques pour les piles durant toute la durée des épreuves.

Les tassements des appareils d'appuis a été relevés grâce à des comparateurs pendant toute la durée des épreuves.

Les flèches prises par la structure au cours des épreuves, ont été enregistrées en continu à 0.4 L pour la travée de rive et à mi portée pour la travée centrale et dans l'axe des voussoirs.

### SURCHARGES D'EPREUVES

La surcharge d'épreuve a été obtenue au moyen de :

1. quatre (04) camions pour tous les cas de chargements des appuis
2. six (06) camions pour la travée de rive vers alger
3. douze (12) camions pour la travée centrale

### CONSTITUTION DES CHARGES

Les charges ont été constituées au moyen de camions "06 roues" de 30 tonnes, présentant les caractéristiques décrites dans le programme de chargement établi par la S.A.E.T.1 .

Lors des épreuves, le poids de chaque camion a été justifié sur la base d'un bon de pesée.

La mise en place des camions et leur déplacement a été effectués par camion et non en groupe.

### EPREUVES REALISEES

Il à été réalisé sur le tablier les épreuves suivantes :

1. chargement successif de tous les appuis.
2. chargement de la travée de rive vers alger.
3. charge de la travée centrale.

R E S U L T A T S D E M E S U R S

CHARGEMENT DES APPUIS

APPOI CONSIDERE	TASSEMENT APPUI		TASSEMENT APPAREIL D'APPOI	
	maximum(mm)	residuel(mm)	moyen(mm)	residuel(mm)
culee 1	1.4	0.00	0.22	0.02
pile 2	0.00	0.00	/	/
pile 3	0.00	0.00	/	/
culee 4	2.20	0.00	0.28	0.02

CHARGEMENT DES TRAVEES

TRAVEE CHARGEE	CAS DE CHARGE	FLECHES(+) (mm)		FLECHES(-) (mm)	
		maximale	residuelles	maximale	residuelles
travee de rive	N°02	2.07	0.00	0.20	0.00
travee centrale	N°3	11.00	0.60	0.75	0.13

## C O M M E N T A I R E S :

Etant donné qu'il nous a pas été transmis les valeurs des flèches calculées par le bureau d'études S.A.E.T.I , aucun commentaire ne peut être porté sur la valeur des tassements et flèches enregistrées.

Néanmoins, il y a lieu de préciser qu'aucun tassement permanent significatif n'a été relevé.

De même qu'aucune flèche résiduelle (permanent) révélatrice n'a été enregistrées.

Il est regrettable de constater que la valeur de la flèche (+) pour la travée n°03(vers hydra), ainsi que la valeur de la contreflèche (-) dans la travée centrale n'ont pas été relevées à cause d'un incident provoqué par la S.A.E.T.I (Mise en place du convoi d'essai avant la mise au point des appareils de mesure).

Nous rappelons que le programme d'épreuve doit commencer par le chargement des appuis avant d'effectuer toute mesure sur les travées (art 20.3 charges sur les chaussées ,art 21.2 epreuves par poids morts).

Le chargement des appuis ne figurant pas dans le programme établi par la S.A.E.T.I .

D'autre par, selon l'article 21.2 du fascicule 61.II , pour les ponts à travées solidaires, chaque travées doit être chargée d'abord isolément puis l'on charge simultanément la totalité de la longueur de deux travées adjacentes à l'exclusion de toutes les autres.

La S.A.E.T.I n'a pas respecté cette prescription, et il n'a pas jugé nécessaire d'effectuer les épreuves par poids roulant (essais dynamiques).

En conclusion, nous estimons que s'il est reconnu qu'il est loisible pour la S.A.E.T.I, de fixer un programme simplifiant le processus des épreuves, il n'en demeure pas moins que ce programme devra tenir compte des prescription pour garder une certaine "consistance" faute de quoi les valeurs obtenues pourraient n'avoir aucune signification.

# ***CHAPITRE VII***

## ***CONCLUSION***

## *CONCLUSION*

---

Une description détaillée de l'état d'ouvrage est utile pour que les gestionnaires puissent le contrôler, d'une part de garantir aux usagers des conditions de sécurité et d'utilisation convenable et d'autre part rationaliser la maintenance.

L'auscultation des ouvrages d'art est nécessaire pour trouver les causes possible des désordres en examinant les hypothèses émises .

Afin d'organiser et de rationaliser la gestion des informations d'auscultations effectuées sur ouvrage d'art nous avons conçu et mise au point un logiciel d'aide à la gestion des données des auscultations .

Notre logiciel complète l'ancien logiciel ( SAGP ), il permet l'informatisation des auscultations disponibles au LTPC, en utilisant les options du menu Auscultations (création, modification, consultation, liste, impression) .

Mais nous avons été particulièrement gênés par les limites de DBASE IV. Ainsi la mémoire de stockage est insuffisante. La présentation de tableau et de menu est difficile en comparaison avec d'autres outils de développement tels que CLIPPER .

Enfin dans le but de rendre notre système plus performant, nous proposons quelques recommandation qui nous semblent utiles d'après notre expérience .

- Utiliser au premier lieu des outils de développement plus performant tels que CLIPPER ou DELFI .

- Technique d'auscultation à rajouter dans la base de données restant à prendre en compte :

- Etude chimique et physique des prélèvements ( Carottage )
- Etude et mesure des fissures
- Etudes des sols des fondations
- Intégrer les recommandations des experts (auscultations complémentaires et travaux).
- Intégrer l'évaluation financière des auscultations pour guider le choix des auscultations à réaliser .
- Intégrer l'évaluation financière des travaux d'entretiens après auscultation et leur planification dans le temps .

***ANNEXE***

## I- EPREUVES DE CHARGEMENT :

Deux systèmes de charges A, B peuvent être disposés sur les chaussées des ponts. Ces systèmes sont distincts et indépendantes, et elles ne peuvent pas être appliquées simultanément.

Le système B est seul pris en compte dans la justification de la stabilité des éléments des tabliers.

I-1-Système de charge A:

$$A(L) = 230 + \frac{36000}{L + 12}$$

L : Largeur de la portée.

La charge A :

$$A = a_1 \cdot a_2 \cdot A(L)$$

Avec:

le coefficient  $a_1$  est donné par le tableau ci-dessous:

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	$\geq 5$
Classe de pont	1ère classe	1	1	0,9	0,75	0,7
	2ème classe	1	0,9	/	/	/
	3ème classe	0,9	0,8	/	/	/

Le coefficient  $a_2$  est calculer par la formule suivante:

$$a_2 = \frac{V_0}{V}$$

V : la largeur d'une voie.

$V_0$  : est on fonction de la classe du pont:

$$V_0 = 3,50\text{m} \quad 1^{\text{er}} \text{ classe}$$

$$V_0 = 3,00\text{m} \quad 2^{\text{ème}} \text{ classe}$$

$$V_0 = 2,75\text{m} \quad 3^{\text{ème}} \text{ classe}$$

I-2: Système de charge B:

On à trois (3) systèmes distincts doit-il y a lieu d'examiner indépendamment les effets pour chaque élément des ponts.

a / Le système Bc:

Se compose de camion type comporte trois essieux dans les caractéristiques suivants:

- Masse totale	30 t
- Masse portée par chacun des essieux arrières	12 t
-Masse portée par l'essieu avant	6 t
-Longueur d'encombrement	10,5 m
-Largeur d'encombrement	2,5 m
-Distances des essieux arrières	1,5 m
-Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière	4,5 m
-Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu	2 m
-Surface d'impact d'une roue arrière	carré de 0,5 m de côté.
-Surface d'impact d'une roue avant:	carré de 0,2 m de côté.

Les valeurs de charge du système Bc prise en compte sont multipliées par les coefficient  $b_c$

avec:

$$S = b_c \cdot Bc$$

Le coefficient  $b_c$  est donner par le tableau:

Nombre de files considérée		1	2	3	4	$\geq 5$
Classe de pont	1ère classe	1,20	1,10	0,95	0,8	0,7
	2ème classe	1,00	1,00	/	/	/
	3ème classe	1,00	0,80	/	/	/

b / Le système Br:

Se composé d'une roue isolée porte:

- une masse de 10t
- Surface d'impact rectangle uniformément chargé dont:
  - Le côté transversal mesuré 0,60m
  - Le côté longitudinal mesuré 0,30m

c / Le système Bt:

Se compose de groupe de deux essieux dénommées ; "essieux tandems", dans les caractéristiques suivante:

- Masse portée par chaque essieu = 16t
- Distance des deux essieux = 1,35m
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu = 2m
- Surface d'unpact de chaque roue (portant 8t); rectangle uniformément chargée dont:
  - le côté transversal 0,60m
  - le côté longitudinal 0,25m

Les valeurs des charges des systèmes Bt prise en compte sont multiplier par le coefficient  $b_t$ :

Classe de pont	1ère classe	2ème classe
$b_t$	1,0	0,9

d'ou:  $S = b_t \cdot Bt$

Les charges de système B sont majorées par un coefficient de majorations dynamiques  $\delta$  :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 L} + \frac{0,6}{1 + 4 \cdot \frac{G}{S}}$$

avec: G: la charge permanente  
 S: la charge du système de charge B maximale  
 L: longueur de l'élément exprimée en (m)

### I-3 Système de charge militaire :

Pour ce système de charge on a deux types de convois ;

- 1 - M80
  - \* - Mc80
  - \* - Me80

- 2 - M120
  - \* - Mc120
  - \* - Me120

TYPE DE CONVOIS	CARACTERISTIQUES
- Mc80 ( un véhicule type comporte deux chenilles )	-masse totale 72 t -longueur d'une chenille 4,90 m -largeur d'une chenille 0,85 m - distance d'axe en axe des deus chenilles 2,80 m
- Me80 (deus essieux qui constituent les systèmes Mc80 )	-distance entre essieux 1,50 m -chaque essieu porte une masse de 22 t -largeur de l'essieu 3,50 m -surface d'impact : côté transversal 3,50 m côté longitudinal 0,12 m
- Mc120	-masse totale 110 t -longueur d'une chenille 6,10 m -largeur d'une chenille 1,00 m - distance d'axe en axe des deus chenilles 3,30 m
- Me120	-distance entre essieux 1,80 m -chaque essieu porte une masse de 33 t -largeur de l'essieu 4,00 m -surface d'impact : côté transversal 3,50 m côté longitudinal 0,012 m

## II ESSAIS SCLEROMETRIQUES ET ULTRASONIQUES

1 - Les résistances moyenne:

$f_{c28}$ : est la résistance moyenne à viser dans l'étude de la composition du béton

2 - La résistance nominal:

La résistance nominal est la résistance de base qui nous permet de calculer dans des conditions satisfaisantes :

$$\sigma'_n = \sigma'_m - (t \cdot s)$$

$t = 0,8$  ( pour la résistance moyenne  $\sigma'_{28}$  )

$\sigma'_m$  : la résistance moyenne  $\sigma'_{28}$

$s$  : écart type

3 - Ecart type:

$$s = \sqrt{\sum (R_i - R_a)^2 / (n-1)}$$

$$R_a = \sum R_i / n$$

$R_a$  : la résistance moyenne pour  $n$  nombre de mesures  $i$

$n$  : nombre de mesure pour  $R_i$  résistance

4 - Coefficient de variation: "C-VAR" ou "V"

$$V (\%) = 100 \cdot \frac{s}{R_a}$$

Béton fabriqué	Valeur du C.Var		
	Excellent	Bonne	Mauvais
En laboratoire	≤ 8%	≤ 12%	≥ 15%
En centrale	≤ 10%	≤ 15%	≥ 20%
Sur chantier	≤ 15	≤ 20%	≥ 25%

### III ESSAI DE CAROTTAGE

1) Nombre de carotte pour chaque emplacement

2) Les dimensions des éprouvettes prélevées:

- Diamètre de l'éprouvette. d
- Hauteur de l'éprouvette. h
- Poids (masse) de l'éprouvette p

3) Essai de compression:

- L'éprouvette doit être bien centrée entre les plateaux de la presse.
- La mise en charge doit s'effectuer d'une manière continue à la vitesse moyenne de 0,5 MPa par seconde avec une tolérance de +0,2 MPa par seconde.
- La charge de rupture est la charge maximale enregistrée au cours de l'essai Q

-La résistance à la compression on le calcul à partir de : 
$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

avec: S: La surface de compression: 
$$S = \frac{\pi}{4} d^2$$

Q: La charge de rupture

DEBUT

VOUS POUVEZ IMPRIMER UNE FICHE D'AUSCULTATION  
POUR LES ESSAIS SUIVANTS:

- essais de chargement..... I PCHG.
- essais de carottage .....I PCAR.
- essais sclerometrique.....I PSCL.
- essais ultrasonique .....I PULT

DONNER VOTR CHOIX

O  
N  
choix = I PCHG

Executer le  
programme A

O  
N  
choix = I PCAR

Executer le  
programme B

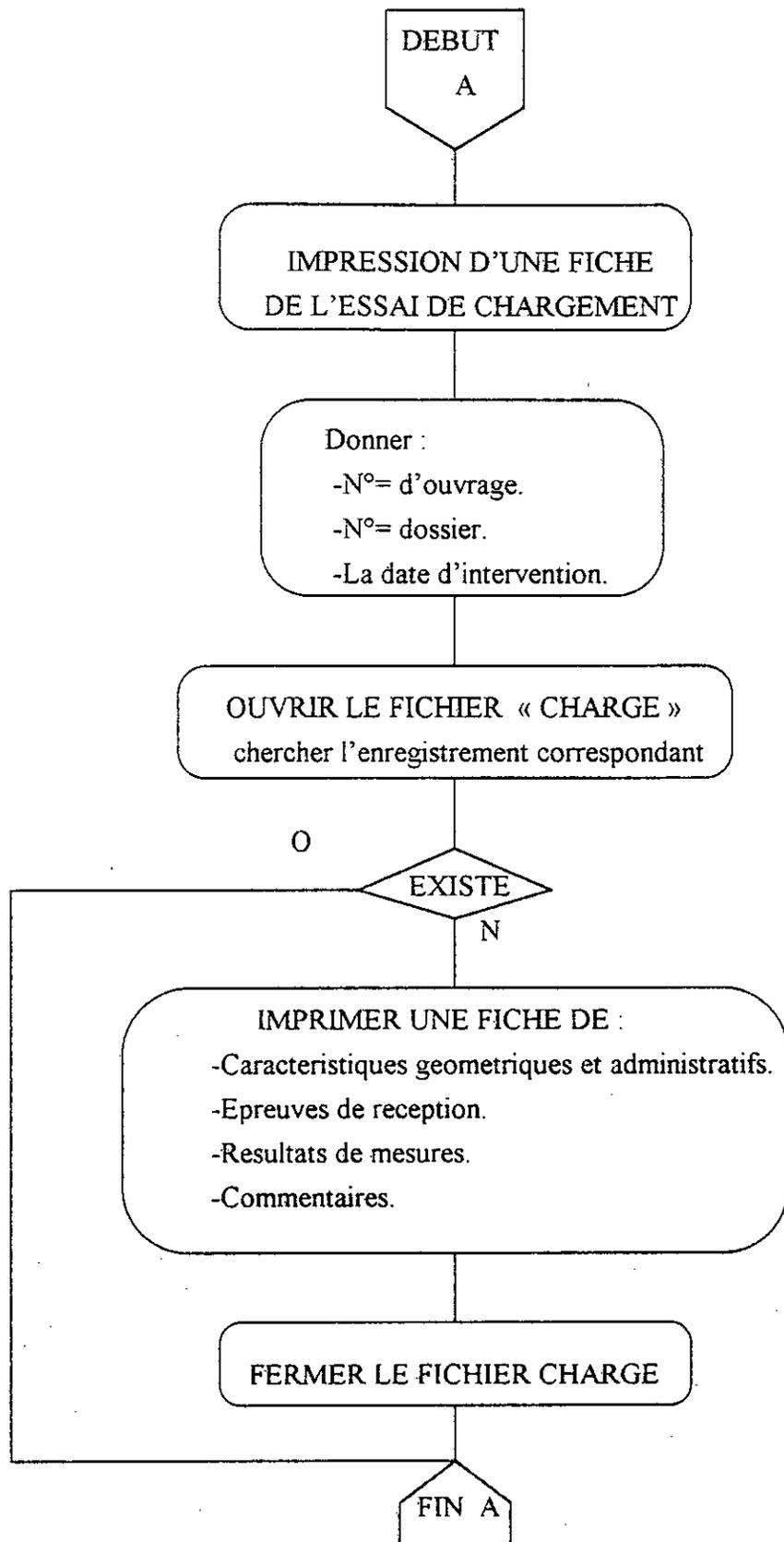
O  
N  
choix = I PSCL

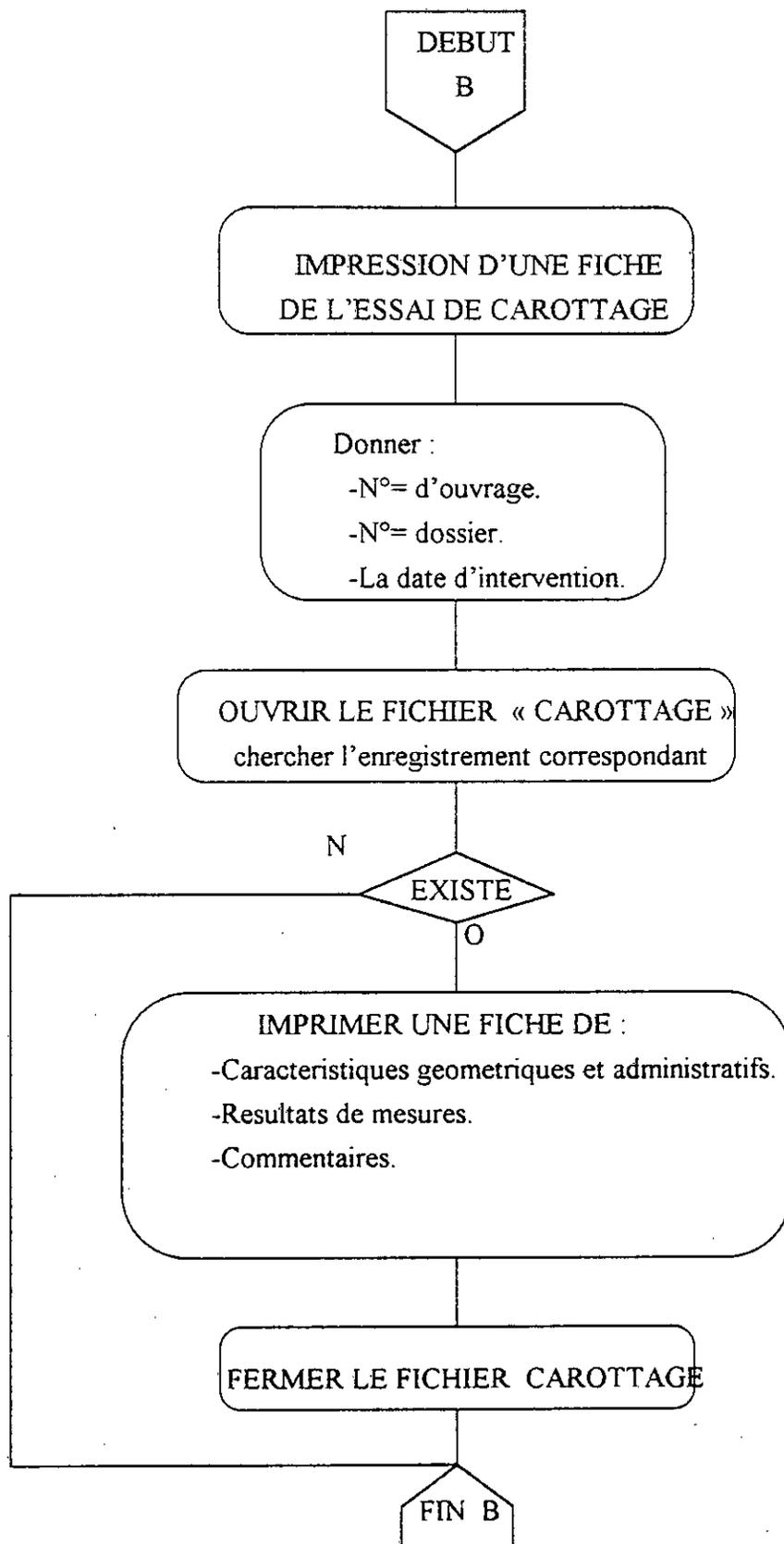
Executer le  
programme C

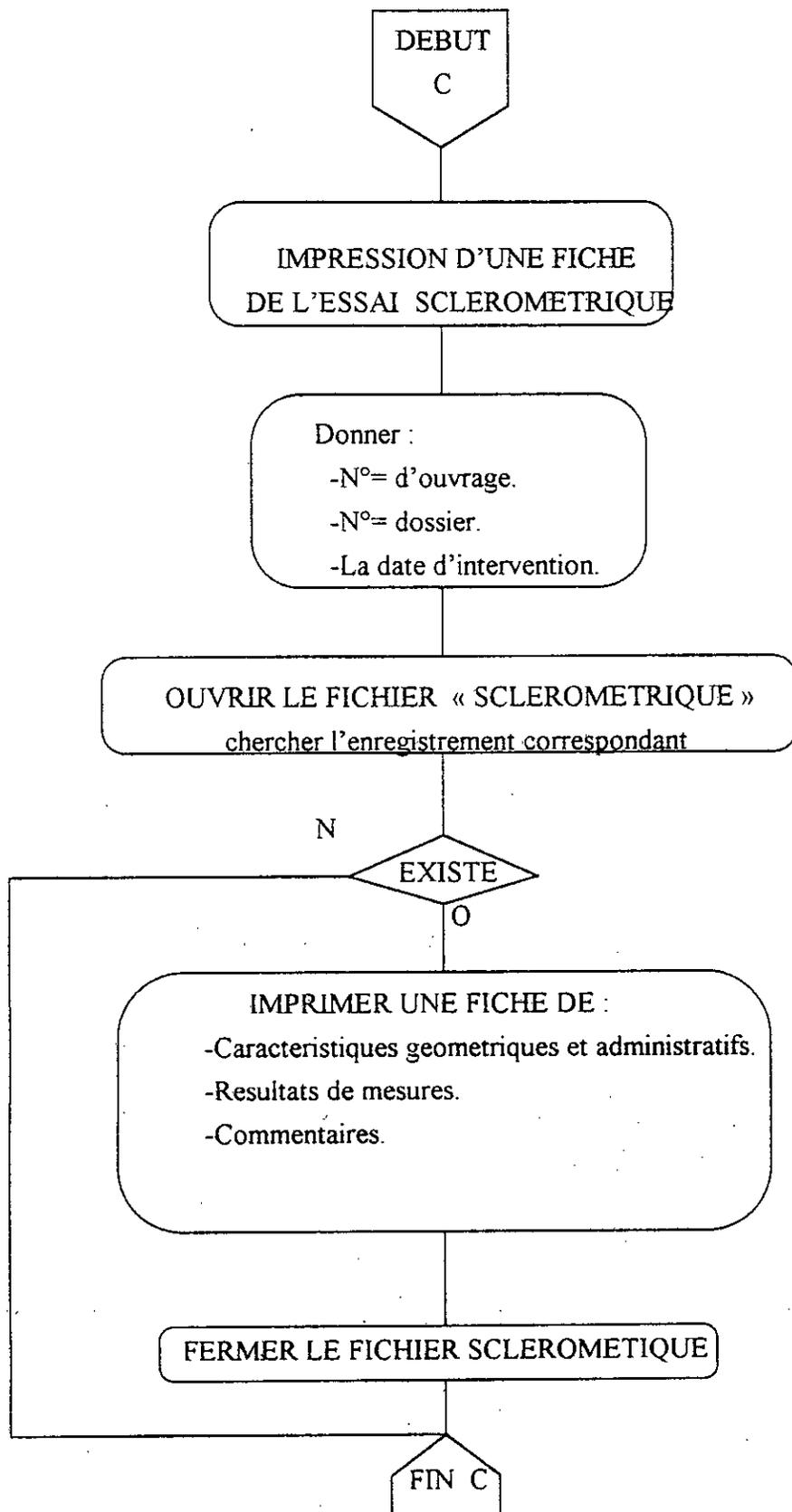
O  
N  
choix = I PULT

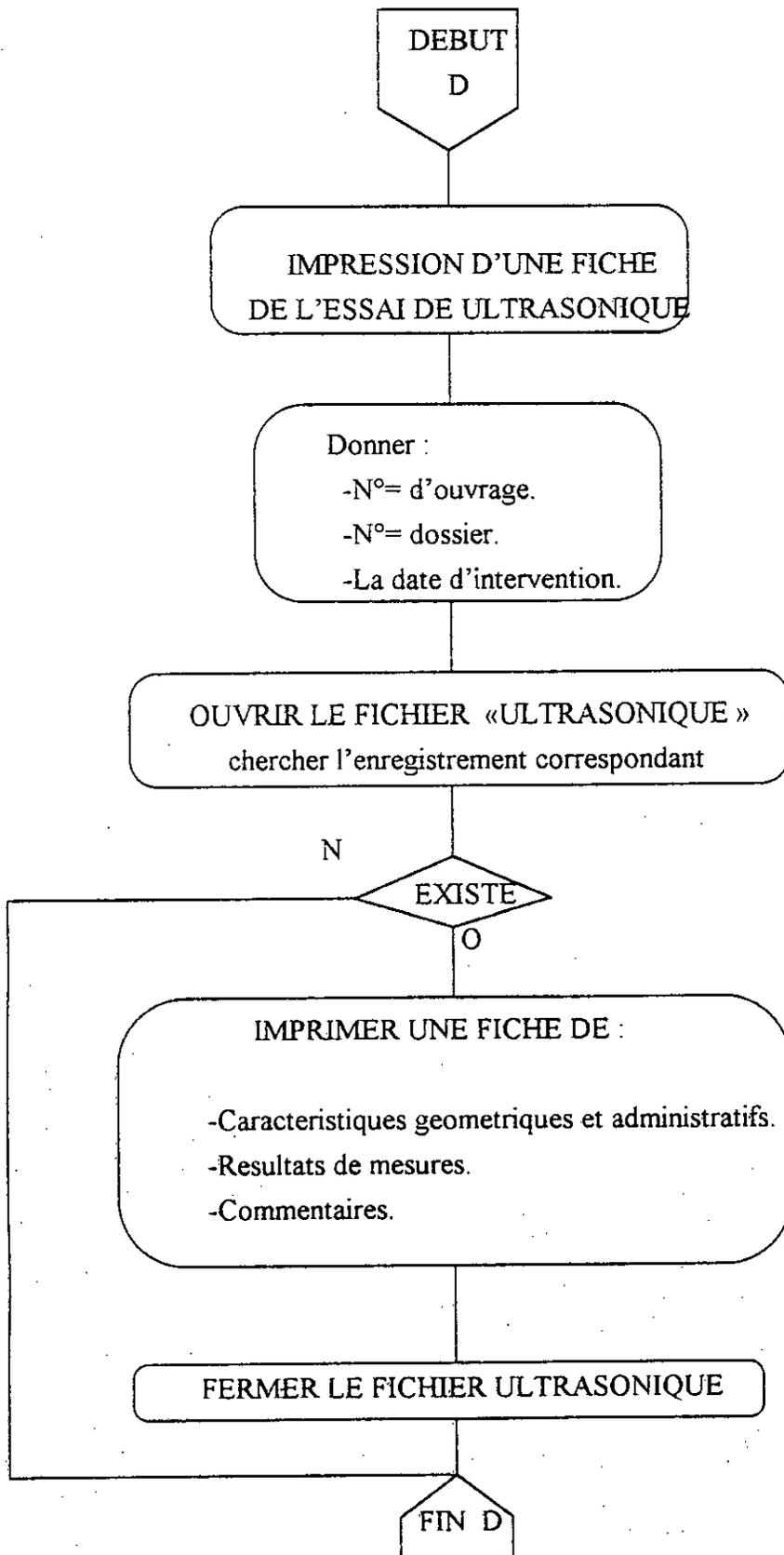
Executer le  
programme D

N  
MENU GENERAL









## *BIBLIOGRAPHIE*

---

- [1] J. Boisganter DBASE IV ( Commandes et programmation )
- [2] LILEN . H Initiation à la programmation
- [3] LILEN . H Commandes et fonctions
- [4] OUBOUHOU .M DBASE III+
- [5] G .GARDIEN Système de gestion des bases de données .
- [6] OUBOUHOU Système de gestion des bases de données .
- [7] G.GARDIEN et P . Valduriez Base de données relationnelles
- [8] Ministère de l'équipement « Séminaire sur les auscultations des ouvrages d'art » Alger 09 / 10 / 1993 .
- [9] Note du CEBTP Les méthodes d'auscultation des bâtiments et des ouvrages par essais non destructives .
- [10] Rapports sur les auscultations effectuées par LTPC
- [11] PFE Mise au point d'un système d'aide à la gestion des ouvrages d'art  
1996 M<sup>ed.</sup> ARRACHICHE, M<sup>ed.</sup> HADJOUTI
- [12] PFE Système d'aide à la gestion des ouvrages d'art 1995 .  
DAHMANI, BENZAHRA
- [13] Fascicule 61 titre II « Cahier de prescription des charges (C.P.C) »
- [14] DREUX Nouveau guide du béton.