

COMPTE RENDU DE MISSION EN FRANCE  
(21 SEPTEMBRE AU 2 OCTOBRE 1987)

PAUL FLON, ING. M.SC.  
CHEF DE LA SECTION GÉOLOGIE  
DE L'INGÉNIEUR  
LABORATOIRE CENTRAL

PIERRE DEMONTIGNY, ING. M.SC.  
CHEF DE LA DIVISION STRUCTURES  
DE CHAUSSÉES  
SOLS ET CHAUSSÉES

NOVEMBRE 1987

CANQ  
TR  
GE  
SM  
194

299/52

Ministère des Transports  
Centre de documentation  
930, Chemin Ste-Foy  
6e étage  
Québec (Québec)  
G1S 4X9

COMPTE RENDU DE MISSION EN FRANCE  
(21 SEPTEMBRE AU 2 OCTOBRE 1987)



PAUL FLON, ING. M.SC.  
CHEF DE LA SECTION GÉOLOGIE  
DE L'INGÉNIEUR  
LABORATOIRE CENTRAL

PIERRE DEMONTIGNY, ING. M.SC.  
CHEF DE LA DIVISION STRUCTURES  
DE CHAUSSÉES  
SOLS ET CHAUSSÉES

NOVEMBRE 1987

CANQ  
TR  
GE  
SM  
194

## AVANT - PROPOS

Un voyage d'études et d'échanges a été organisé du 21 septembre au 2 octobre 1987, dans les laboratoires des Ponts et Chaussées en France. Il s'inscrivait dans le cadre du programme de coopération franco-qubécois, et visait à:

- mettre en place une structure d'échange dans différents domaines du génie routier et finaliser un protocole d'entente;
- échanger et préparer des programmes éventuels d'échange ou de travaux communs, en particulier dans le domaine de la géotechnique routière (comportement des chaussées, spécifications sur les matériaux routiers, essais en laboratoire).

Le présent rapport constitue un compte rendu des entretiens et des échanges techniques qui ont eu lieu pendant cette période, il tente de répondre à toutes les questions soulevées par d'autres Services du Ministère avant la mission et il dégage les possibilités de coopération que le Ministère devrait développer.

## TABLE DES MATIERES

	Page
AVANT PROPOS . . . . .	I
TABLE DES MATIERES . . . . .	II
CHAPITRE I - PERSONNES RENCONTRÉES . . . . .	1
1.0 LABORATOIRE REGIONAL D'AUTUN . . . . .	1
1.1 LABORATOIRE CENTRAL DE NANTES . . . . .	1
1.2 CENTRE D'ETUDES ET DE CONSTRUCTION DE PROTOTYPES D'ANGERS . . . . .	2
1.3 SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES . . . . .	2
1.4 LABORATOIRE CENTRAL DE PARIS . . . . .	2
1.5 C.E.B. T.P. . . . .	3
CHAPITRE II - ÉCHANGES TECHNIQUES . . . . .	5
2.0 SOUS-PRODUITS - TRAITEMENTS . . . . .	5
2.1 MATERIAUX DRAINANTS . . . . .	6
2.1.1 Revêtement . . . . .	6
2.1.2 Fondations . . . . .	7
2.2 AUSCULTATION DES CHAUSSEES . . . . .	8
2.2.1 Appareillage d'auscultation . . . . .	8
2.2.2 Manège de fatigue . . . . .	9
2.3 APPAREILLAGE D'ESSAIS . . . . .	10
2.3.1 Béton bitumineux . . . . .	10
2.3.2 Sols et granulats . . . . .	11

## TABLE DES MATIERES (SUITE)

	Page
2.4 GEL-DEGEL . . . . .	15
2.5 RECYCLAGE - ENROBES BITUMINEUX - ENDUITS SUPERFICIELS . . . . .	16
2.6 BETON DE CIMENT . . . . .	17
2.6.1 Chaussées . . . . .	17
2.6.2 Ouvrages d'art . . . . .	18
2.6.3 Réactions alcalis-granulats . . . . .	19
2.7 POLITIQUE DE RENFORCEMENT DES ROUTES . . . . .	20
2.8 ASSURANCE-QUALITE . . . . .	21
2.9 SYSTEMES DE GESTION DE CHAUSSEES . . . . .	22
 CHAPITRE III - POSSIBILITÉS DE COOPÉRATION À DÉVELOPPER . .	 23
3.0 POUR LES PARTICIPANTS DU M.T.Q. DANS CE PROGRAMME . . . . .	23
3.1 PROJETS D'ECHANGES . . . . .	24
3.1.1 Granulats (par. 2.3.2) . . . . .	24
3.1.2 Achats de matériel (par. 2.2 et 2.3) et même de brevets ou de plans . . . . .	24
3.1.3 Systèmes de gestion (par. 2.9) . . . . .	24
3.1.4 Manège de fatigue (par. 2.2.2) . . . . .	25
3.1.5 Centrifugeuse . . . . .	25
3.1.6 Drainage des chaussées (par. 2.1) . . . . .	25
3.1.7 Gel-dégel (par. 2.4) . . . . .	25
3.1.8 Matériaux marginaux (par. 2.0) . . . . .	26
3.1.9 Mélanges bitumineux (par. 2.3.1 et 2.5). . . . .	26
3.2.0 Assurance-qualité (par. 2.8) . . . . .	26
 CHAPITRE IV - CONCLUSION . . . . .	 27

# CHAPITRE I

## PERSONNES RENCONTRÉES

### 1.0 LABORATOIRE RÉGIONAL D'AUTUN

Autun est un laboratoire important et bien équipé: 120 personnes, 20 ingénieurs. Nous avons été reçus par messieurs:

- J.-P. Poilane, études générales et recherche.
- Michel Paillard, chef du groupe structures chaussées - développement informatique.
- Michel Ballié, chef du groupe chaussées.
- Georges Colombier, chargé de mission.

Il a été question de matériaux drainants, de dimensionnement, d'auscultation de chaussées, de gel-dégel, d'orniérage, de mélange ouvert et de recyclage d'enrobés bitumineux.

### 1.1 LABORATOIRE CENTRAL DE NANTES

Le Laboratoire central des Ponts et Chaussées comprend deux parties. Nantes en est une, l'autre est à Paris.

Nous avons rencontré monsieur Georges Raimbault, chef de la section hydrologie, avec qui nous avons pu échanger sur les chaussées drainantes, les enrobés bitumineux poreux, et les tranchées drainantes. Avec monsieur Pierre Autret, chef de la Division Structures de chaussées, nous avons visité le manège de fatigue, et discuté de structures de routes et d'appareillage d'auscultation.

Nous avons aussi passé quelques minutes avec monsieur J. Garnier (centrifugeuse) et avec monsieur A. Maldonado (élaboration des granulats).

## 1.2 CENTRE D'ÉTUDES ET DE CONSTRUCTION DE PROTOTYPES D'ANGERS

La France est particulièrement avancée dans le domaine de l'équipement et dans celui des appareils de mesure et d'auscultation. On construit par exemple à Angers des prototypes d'appareillage. Nous en avons passé en revue plusieurs, sous la conduite de messieurs Hubert Noret, directeur du Centre, et François Peyret, responsable de projets.

## 1.3 SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

Nous avons été reçus par monsieur C. Peyronne, responsable de la mission "modèles de gestion des réseaux". Il nous a dressé un tableau du programme de renforcement des routes nationales en France, de l'entretien préventif du réseau renforcé (avec le cas particulier des chaussées en béton de ciment), et d'un système de gestion des routes départementales. Monsieur J.C. Vautrin nous a entretenu de traitement des assises et des fondations de route, et de la réutilisation de toutes sortes de sous-produits.

On n'a pu organiser de rencontre avec monsieur P. Dupont, ni avec monsieur Virlogeux, qui sont respectivement les interlocuteurs dans le domaine des graves non traitées et des matériaux marginaux et dans celui des grands ouvrages en béton. La requête de monsieur Y. Gaumond du Service des ouvrages d'art du ministère des Transports du Québec a cependant été transmise à monsieur Virlogeux. Ce dernier y a déjà répondu. De plus, monsieur Sauterey, adjoint au Directeur du S.E.T.R.A. et responsable du Service international s'est montré ouvert à toute forme de coopération (échanges, stages etc. ...).

## 1.4 LABORATOIRE CENTRAL DE PARIS

Voici la liste des personnes rencontrées et des sujets traités:

- Monsieur B. Soyez, Division géotechnique - mécanique des sols: essai de capacité de décharges des drains, essai au cône, essai de perméabilité dans les sols cohérents.

- Monsieur P. Jacques, délégué à la qualité des essais, la normalisation et la réglementation technique: gestion de la qualité; rôle du R.N.E., de l'I.L.A.C. La requête de notre Service de l'assurance de la qualité a été transmise; monsieur Jacques y répondra éventuellement.
- Monsieur A. Leroux, Division géologie de l'ingénieur: réactions alcali-granulats; projet de coopération L.C.P.C. - Université Laval.
- Monsieur J. Châtelain, chef de la Division surveillance et pathologie des ouvrages d'art: remise de documents pour messieurs Richard ou Gaumont.
- Monsieur C. Tourenq, chef de la Division géotechnique géologie de l'ingénieur, et monsieur A. Denis, de la même Division: bleu de méthylène, polissage accéléré, abrasivité, gélivité, angularité, sur les matériaux granulaires.
- Monsieur Ramond, Section des liants: bitumes polymères, propriétés rhéologiques.
- Monsieur G. Pilot, délégué à l'Action internationale: accord-cadre; énumération des possibilités d'échanges et de coopération, actions envisagées.

#### 1.5 C.E.B.T.P.

Le Centre d'Etudes pour le Bâtiment et les Travaux Publics est une grosse compagnie privée française. Un court entretien a eu lieu avec madame M. Regourd, spécialiste de grand renom des réactions alcalis-granulats.

## CHAPITRE II

### ÉCHANGES TECHNIQUES

#### 2.0 SOUS-PRODUITS - TRAITEMENTS

Nous avons rapporté des documents de synthèse récemment publiés par le S.E.T.R.A. sur l'utilisation de tous les sous-produits et additifs possibles et imaginables en construction routière. Ces articles font l'inventaire des produits et identifient les techniques de traitement mises au point.

Il est question des ciments, laitiers, chaux, soudé, gypse, fumées de silice, schistes houillers, scories, fluoanhydrite, sulfate de fer, polyéthylène, déchets de carrière, sable de fonderie, mâchefers d'incinération, béton de démolition, déchets de caoutchouc, pneumatiques et plastiques usagés.

Notons qu'il existe en France une agence nationale de récupération des déchets et rejets industriels.

Tandis que l'étude des sous-produits que l'on vient de citer est systématique en France en considérant tous les emplois possibles, l'étude des matériaux marginaux (ceux qui ne sont pas conformes aux spécifications) est régionale. Cette étude régionale s'attache aux types de bonification applicables et aux emplois éventuels sur petits chantiers. Une étude générale coûte cher et n'est envisagée que pour un gros chantier. Elle est expérimentale et nécessite un contrôle de chantier strict de même qu'un maître d'oeuvre motivé. Les matériaux instables évolutifs (schistes) sont généralement bannis.

Il semblerait enfin, selon les responsables du Laboratoire d'Autun que les traitements les meilleurs ou les plus communément reconnus qui puissent être appliqués à un gravier marginal ou dégradable seraient, selon le cas:

- séparation du gravier par tamisage en deux fractions et recombinaison selon des proportions qui permettent de corriger certaines déficiences granulométriques originelles;
- ajout d'une certaine teneur en ciment et malaxage en centrale pour obtenir un produit homogène qui pourra ensuite être utilisé en couche de fondation, immédiatement sous le revêtement. Même si cette technique conduit à une certaine fissuration du revêtement, les résultats sont quand même très bons, de sorte que l'à-propos du procédé n'est aucunement remis en question en France. Remarquons que c'est différent ici au Québec, les résultats obtenus il y a plusieurs années ayant été assez pauvres. Le procédé n'est pas pour autant inintéressant. On pourrait peut-être utiliser du bitume au lieu du ciment ou encore avoir recours, au-dessus de la grave-ciment, à une couche qui serait de nature à atténuer la remontée des fissures vers la surface. La collaboration du Laboratoire central et de la Division des structures de chaussées en ce domaine pourrait produire des résultats intéressants.

## 2.1 MATÉRIAUX DRAINANTS

### 2.1.1 Revêtement

On paraît utiliser assez fréquemment des enrobés drainants en couche de roulement dans la région d'Autun. Il ne faut pas confondre ces enrobés avec ceux dont il sera question plus bas, il s'agit ici de couches minces (2,5 cm) que les anglo-saxons désigneront sous le terme de "open friction courses" ou de "friction courses" et qui tiennent lieu, pour ainsi dire, de traitement de surface au bitume polymère. Il semblerait que ces couches soient souvent plus performantes, moins difficiles de réalisation et moins bruyantes, sous trafic intense, que les traitements de surface. Plusieurs administrations nord-américaines soutiennent même qu'elles sont moins bruyantes que les enrobés conventionnels, en plus de donner lieu à des couches de roulement plus sécuritaires.

Des études se poursuivent sur les revêtements poreux (photo 1), aussi bien en béton de ciment qu'en béton bitumineux, principalement pour des emplois sur des routes secondaires et des stationnements. Il est envisagé que ces matériaux, lorsqu'ils sont utilisés en couche de roulement sur des artères urbaines, puissent éventuellement servir de réservoir tampon pour écrêter les débits des conduites au moment d'averses soudaines. Les pourcentages de vides de telles couches ont été estimés entre 10 % et 20 %. Leur module est grossièrement évalué à la moitié de celui de la couche non drainante. Les épaisseurs testées (voir Raimbault) sont de :

- 4 cm d'enrobé bitumineux fait de 16 % à 17 % de sable et 4 % de fines;
- 14 cm d'une grave traitée avec 3,5 % de bitume et faite de 14 % à 16 % de sable et 4 % de fines.

Il est estimé en outre que chaque pourcentage supplémentaire de sable fait perdre 1 % de porosité.

Les enrobés drainants montrent de bonnes performances et sont de plus en plus développés en France (voir publication Enrobite dans la revue Bitume Actualités n° 84 nov. 1986); ces mélanges ouverts posent cependant le problème de l'infiltration du sel dans les interstices.

### 2.1.2 Fondations

Les calibres étudiés en France jusqu'à maintenant sont des 4/20 mm, 6/20 mm, 5/40 mm ou 4/60 mm. Ils sont utilisés en couche de base, laquelle tient lieu de nos fondations supérieure et inférieure. De plus, ils sont généralement traités au liants hydrauliques et sont utilisés sous un revêtement épais (25 cm +) en béton. La couche de forme (sous-fondation 0/100 mm) peut être traitée ou non selon son niveau de qualité et selon les conditions du chantier. Les pourcentages de vide de ces couches drainantes sont compris entre 20 % et 30 %; leur module est aussi estimé à la moitié de celui de la couche non drainante.

Les matériaux drainants non traités ne font pas l'objet d'études très poussées en France, puisque les fondations de route sont le plus souvent traitées. Pourtant, le Laboratoire d'Autun s'apprête à vérifier

l'influence de la granulométrie (continuité de la courbe) sur la trafiquabilité des camions, c'est-à-dire à rechercher la limite d'emploi d'un matériau ouvert au moment de la construction. Ceci rejoint nos préoccupations; d'ailleurs, un des moyens employés se trouve être l'essai triaxial à chargements répétés, essai au point depuis quelques années en France et, en passe de l'être au Québec. Il semble aussi qu'un tensiomètre puisse être utilisé, permettant de mesurer en place une dépression quand la couche n'est pas saturée, une sorte de cellule poreuse en céramique.

Les matériaux synthétiques sont de plus en plus utilisés en France pour drainer et pour alléger. Il existe des nouvelles tranchées drainantes en structure plastique alvéolaire rigide entourée de géotextile; le compactage des matériaux autour du drain est difficile à réaliser pour l'instant, ce qui en fait une technologie encore relativement dispendieuse. On fabrique aussi des matériaux en nid d'abeille très légers ("nidaplast"), pour emploi dans des remblais par exemple.

## 2.2 AUSCULTATION DES CHAUSSEES

### 2.2.1 Appareillage d'auscultation

Il existe en France une panoplie d'appareils pour mesurer l'état et le comportement d'une chaussée. On pourra se référer à diverses publications et publicités (catalogue du matériel L.P.C.) pour prendre connaissance de leurs caractéristiques, leurs possibilités, leur coût. Nous avons rapporté aussi une cassette vidéo VHS qui en décrit quelques-uns.

Il a été question plus particulièrement du déflectographe Lacroix à châssis court ou à châssis long, du curviamètre (déflexions obtenues par intégration double), du vibreur lourd, qui permet d'obtenir un pic de résonance mieux défini que le dynaflect, ce dernier produisant un pic varié selon certaines caractéristiques structurales de la chaussée analysée, et finalement, du déflectomètre à boulet. Ce dernier appareil paraît mieux adapté que le déflectographe Lacroix aux itinéraires courts et pourrait prendre de l'importance au cours des prochaines années.

On citera aussi le décriroute, le drainauroute (photos 2 et 3), le dynaplaque (photo 4), le gamma-densimètre à profondeur variable (photo 5), l'analyseur de profil en long, et enfin le scrimm, qui existe aussi au Québec.

Le drainauroute mesure un drainage superficielle de l'eau sur la chaussée, une diffusivité latérale (pas forcément reliée à la porosité) de la surface du revêtement; cette mesure qualifie donc la rugosité et peut être reliée à l'essai de la tache de sable et à l'essai d'angularité.

Le dynaplaque est un bon moyen de mesurer la déformabilité d'une couche soumise à une sollicitation dynamique, par un "coefficient de restitution". Il bénéficie d'une politique d'après vente qui consiste à envoyer l'appareil pour étalonnage et réparations éventuelles au laboratoire régional d'Angers. Tous les dynaplaques opérant sur le territoire français doivent donner les mêmes coefficients de restitution.

Le gamma-densimètre fabriqué par le C.E.C.P. existe sous trois formes, selon qu'il mesure la masse volumique entre 3 cm et 10 cm, 10 cm et 22 cm ou 25 cm et 37,5 cm de profondeur. Contrairement au Truxler américain, qui n'a pas de méthode d'étalonnage, ces appareils sont régulièrement calibrés à l'aide d'un matériau d'étalonnage de masse volumique parfaitement connue et conservé dans un endroit très contrôlé.

### 2.2.2 Manège de fatigue

Parmi les structures de chaussées mises à l'essai jusqu'à maintenant sur le manège de fatigue, celle qui paraît avoir procuré le plus de satisfaction au point de vue rendement était constituée de:

- 12 cm de béton bitumineux;
- 15 cm de gravier;
- 25-30 cm de grave-ciment (sous le gravier).

Les épaisseurs ne sont pas très fortes en regard du fait qu'en France, l'essieu légal est 30 % plus lourd qu'au Québec, soit 13 tonnes contre 10 tonnes. Il faut noter aussi, en regard de ce qui a été dit plus haut au paragraphe 2.0, que la couche de gravier placée au-dessus de la grave-ciment constitue justement l'un de ces matériaux qui sont

de nature à arrêter la remontée des fissures vers la surface. D'autres (Peyronne) proposent une mince couche de béton bitumineux de faible résistance. On pourrait penser aussi à un géotextile, associé ou non à un matériau granulaire.

Le manège de fatigue (photo 6) est vraiment une pièce d'équipement extraordinaire, qui permet d'étudier des structures de chaussées en vraie grandeur, sous des charges identiques à celles générées par le trafic sur la route. L'offre que les Français nous font de participer activement à certaines recherches qu'ils effectuent avec le manège devrait donc, à notre avis, être étudiée avec soin, non pas dans la seule optique du Ministère, mais en considération aussi de nombreux avantages pour tous les intervenants québécois intéressés à la recherche dans le domaine des chaussées (voir paragraphe 3.1.4). De la documentation sur le manège de fatigue est disponible au Laboratoire central; il existe quelques articles écrits sur le sujet, par monsieur P. Autret en particulier.

## 2.3 APPAREILLAGE D'ESSAIS

### 2.3.1 Béton bitumineux

Les laboratoires Français sont particulièrement bien équipés en toutes sortes de matériel. Dans le domaine des bétons bitumineux, nous nous sommes informés sur l'essai de tenue d'un film de liant hydrocarboné en présence d'eau (adhésivité passive), pour la fabrication de plaques d'enrobés au compacteur, sur l'essai à l'orniéreur et sur l'essai de cisaillement dynamique alterné à la presse giratoire (photo 7).

L'orniéreur est un appareil qui vaut son pesant d'or pour prévoir, dès l'établissement de la formule de mélange, la tendance que pourra avoir un revêtement à orniérer sous le trafic. Etant donné qu'il est plus important et plus rentable de prévenir les ornières que de simplement savoir où elles se trouvent à mesure qu'elles apparaissent sur les routes, nous croyons que c'est dans l'achat de cet appareil que le M.T.Q. devrait d'abord orienter son action s'il veut éliminer les ornières de ses artères.

L'essai Duriez est très utile également (rapport des résistances en compression obtenues en laboratoire avant et après trempage dans l'eau) pour prévoir la tendance à l'arrachement de certains revêtements. Pour améliorer les caractéristiques d'un mélange sous cet aspect, on peut ajouter au mélange un dopant de polyamine du moment que ce dernier demeure stable aux températures de malaxage du béton bitumineux.

Le centre d'Angers nous a parlé de la mise au point d'un prototype nouveau pour fabriquer et poser un enduit superficiel. Il s'agit d'une mousse de bitume, c'est-à-dire d'un mélange spécial fait de bitume, d'air et d'eau et ayant la propriété de gonfler. Les granulats sont introduits dans le mélange avant que celui-ci ne se dégonfle, et sont ainsi mieux enrobés. Le fluidifiant, qui, normalement, rend possible l'enchassement des granulats dans le bitume, lors de la fabrication d'un enduit, ne serait plus nécessaire avec la mousse.

Le centre d'Angers développe aussi différentes sortes de capteurs de pression (piézomètre, effort total, etc. ...), de tassomètre ou autres.

### 2.3.2 Sols et granulats

Dans le domaine des sols et granulats, nous avons abordé les points suivants:

- le tambour séparateur pour éliminer les boulettes d'argile (par exemple) dans des calcaires, ne sera intéressant que s'il présente une longueur suffisante (4 m à 5 m) pour traiter davantage de matériau. Notons qu'il existe au Japon des concasseurs à sole tournante ("Barmak") qui permettent ce genre de travail;
- l'essai de la profondeur au sable est un essai valable si les granulats de la surface de roulement sont bien enchassés. Cette valeur devrait pouvoir être reliée aux coefficients de frottement longitudinal (CFL) et de polissage accéléré (CPA);

- les essais d'abrasivité et de broyabilité (photo 8) de fragmentation dynamique (photo 9, NF P-574) sont courants au L.C.P.C.. Celui de broyabilité est réalisé en 5 minutes et peut être corrélé au Los Angeles et au Micro-Deval. La Division granulats va chercher à introduire ces essais.
- la recherche du point SSS (saturé superficiellement sec) sur les sables et granulats n'est pas résolue en France. Il peut être envisagé d'utiliser un micro-onde, de faire l'essai séparément sur la partie sable et sur la partie gravier, ou sur les deux à la fois. Le problème est difficile à résoudre dans le cas des matériaux poreux;
- l'essai triaxial à chargements répétés remplace de plus en plus l'essai C.B.R.. Il fait ressortir davantage l'influence de la teneur en eau en plus d'être plus représentatif de la résistance du matériau aux sollicitations du trafic;
- l'essai d'absorption et l'essai  $MgSO_4$  appréhendent le comportement du granulat au gel même si le comportement sur la route varie selon l'environnement. Par exemple, si la chaussée est très bien drainée, les granulats ne se saturent pas forcément. Les granulats s'imprègnent-ils d'humidité au passage de la percolation de l'eau interstitielle ? Quels granulats ? Il serait intéressant d'aborder ces questions, peut-être en commun avec le L.C.P.C., à l'aide par exemple d'essais de perméabilité sur gros granulats triaxiaux. Les paramètres suivants seraient envisagés: vitesse de passage de l'eau, chimie de l'eau interstitielle, sensibilité à l'eau (entre MD sec et humide) et porosité du granulat, ouverture et diamètre des pores, capillarité, classe du granulat, etc. ... . On pourrait aussi déterminer l'indice d'Irschwald, et mettre au point un simulateur d'altération;
- le problème de précision de l'essai d'angularité est similaire en France. Il a donc été convenu de rédiger un programme de recherche en commun, la partie québécoise se réservant une bonne partie de

L'étude sur les sables; un étudiant à la maîtrise travaillera sur cet essai à temps plein à partir de janvier 1988 pendant 4 mois. L'angulomètre à gravillons fera l'objet d'une nouvelle norme dans les années à venir en Europe; on retiendra qu'une vérification périodique sur un matériau étalon devrait être faite. Notons que les 6 ou 7 appareils, en France, n'ont pas eu besoin de renforcement; l'appareil du M.T.Q. a dû être victime de la fréquence de vibration plus élevée;

- l'essai CPA a été remodelé par les Anglais en 1983. Comme nombre de pays se sont alignés, le Laboratoire central du M.T.Q. devra se procurer le "kit" permettant d'adapter l'appareillage, chez le producteur et le concepteur anglais.

Parallèlement, à l'essai anglais (NFP 18-575), le L.C.P.C. est en train de mettre au point un nouvel appareillage, permettant de faire l'essai CPA en moins d'une demi-heure, au lieu de 6 heures. Un échantillon plan (et non plus curviligne), sur lequel on projette de l'abrasif sous pression, est préparé. L'éprouvette est polie en 30 secondes. Le pneu est en caoutchouc plein; une nouvelle roche étalon est utilisée. Un mode opératoire sortira d'ici quelques années, mais l'essai anglais sera toujours pratique, et la corrélation entre les deux essais sera toujours faite en France. Le L.C.P.C. a cependant modifié quelque peu l'appareillage anglais, en introduisant un ressort permettant aux granulats de s'incruster un peu moins dans le pneu. L'essai avec le pendule est réalisé, de la même façon, selon la norme NFP 18-578; seule la surface à étudier change de forme. La limite de polissage (de 0,50 en France) doit être réexaminée. La granulométrie de l'abrasif (corindon naturel rond de dureté 2000 à l'échelle vickers) qui sert au CPA, doit être contrôlée régulièrement pour qu'il demeure conforme à l'abrasif initial; la norme anglaise spécifie le haut et le bas de la courbe granulométrique, mais une spécification intermédiaire devrait être indiquée.

- La norme française du Micro-deval sera modifiée. Il a été constaté en effet que l'usure des billes dépend de la nature de la roche soumise à l'essai. Elles s'usent beaucoup plus vite et deviennent rapeuses après un essai sur du quartz. Le résultat peut donc être affecté si, par exemple, une roche calcaire est testée tout de suite après le quartz. Il faudrait avoir deux séries de billes. Notons que les particules plates ne sont pas enlevées pour faire l'essai.
- L'altération des granulats est appréciée en France par les moyens suivants: essai Los Angeles avant et après le gel de l'échantillon à -20 °C (NFP 18-593); sensibilité à l'eau par la différence entre le Micro-deval sec et humide; simulation d'altération en cours de préparation; essais de Struillou, non normalisés car difficiles à interpréter;

- Les nouvelles méthodes d'analyses granulométriques commencent à s'implanter en France. Entre 1 mm et 50 mm, le vidéogranulomètre permet de donner la dimension des granulats en longueur et en épaisseur. Le principe est simple, les gravillons tombent devant une cellule qui compte. L'essai est utile dans le contrôle de la régulation de la production d'une usine de concassage. L'appareil requis coûte environ 40 000,00 \$.

Les éléments inférieurs à 1 mm sont analysés par le sédigraphe 5000, ou par un appareil à laser (référence: Instrumat BP 86 . 91943 les Illis, France).

- La vitesse du son dans les roches (NFP 18-556) est un essai rapide donnant un indice de continuité et donc d'identification de la roche. On devrait l'implanter dans la Division.
- Peu de nouveauté existe pour l'essai au bleu de méthylène, si ce n'est de confirmer que l'essai turbidimétrique permet de voir l'évolution de l'adsorption du bleu. Un rapport de synthèse est en cours de rédaction. Il sera disponible vers le début 1988. On espère qu'il permette de statuer sur la réelle supériorité de l'essai turbidimétrique par rapport à l'essai à la tâche. Ce dernier estime la pollution mais ne peut décrire la nature des particules fines. Notons que la limite de valeur de bleu en France mesurée sur le passant 80 µm, est de 1,5 pour les graves (traitées ou non) et de 1,0 pour les enrobés.

- Le L.C.P.C. poursuit ses études sur la mesure de la capacité de décharge de drain, son comportement en profondeur, en particulier à l'aide d'un mini capteur de pression interstitielle au milieu du drain.
- En mécanique des sols, le cône 80 g - 30° refait surface au L.C.P.C.; on veut l'utiliser pour déterminer à la fois la résistance du sol et les limites de plasticité et de liquidité. L'étude en cours vise à trouver un récipient adéquat qui permettrait de lire une pénétration entre 5 mm et 20 mm pour différents sols et différentes teneurs en eau, tout en automatisant les temps de lecture. On nous suggère d'ailleurs de tester la méthode sur nos argiles Champlain. Une étude avait été faite au Laboratoire sur le cône 80 g - 30° et sera réexaminée. Les personnes-ressources en France sont messieurs Soyez et Queyroi.

#### 2.4 GEL-DEGEL

L'étude du gel des infrastructures et fondations routières est aussi une préoccupation importante en France et peut faire l'objet d'échanges. Des personnes-ressources peuvent être contactées en France: monsieur Baguelin au L.C.P.C. à Nantes, monsieur Frémond au L.C.P.C. à Paris (développement de logiciels et de théories mathématiques sur le gel) et monsieur Matichard au Laboratoire régional de Nancy. Des travaux expérimentaux sont réalisés en vraie grandeur dans un hangar à température contrôlée. Des cabinets de gel existent également. Les Français sont déjà en relation avec des Canadiens, dont messieurs Shields et Sami Riescalat au Manitoba.

L'essai de gonflement au gel donnant la racine carrée de l'indice de gel ( $\sqrt{VI}$ ) est pratiqué de la même façon qu'au Québec, elle sert surtout à classer les sols. Leur spécification semble cependant plus précise (voir tableaux du catalogue des chaussées 1978). Elle est basée sur des références établies lors des grands froids en France et s'applique lors du dimensionnement d'une chaussée, en considération du trafic envisagé. Le concepteur peut être amené à augmenter une épaisseur de matériau, à mettre en place un produit synthétique genre polypropylène alvéolaire ou à prévoir un traitement à la chaux ou au ciment des sols fins. Du travail reste à faire dans ce domaine.

## 2.5 RECYCLAGE - ENROBES BITUMINEUX - ENDUITS SUPERFICIELS

Une documentation importante a été rapportée de France sur le recyclage des bétons bitumineux et sur la réalisation des couches de surface et des enrobés en couche mince; elle est disponible au Laboratoire central.

Le recyclage coûte en ce moment en France aussi cher qu'un revêtement neuf. Il existe en France des usines mobiles d'enrobage à chaud très sophistiquées qui permettent de recycler le béton bitumineux entièrement sur la route. A cause du coût élevé du matériel impliqué, cette méthode est cependant réservée aux gros projets, ce qui signifie à toutes fins utiles, aux autoroutes et aux routes nationales. On utilise plus communément la fraiseuse à froid suivie d'un enrobage à chaud dans un poste central. Le travail des fraiseuses s'effectue à une vitesse de 5 m à la minute.

De manière générale, les résidus de planage sont peu utilisés en France sans ajout, en raison des problèmes de compactage, de teneur en eau, de fissuration polygonale etc. ... . Le béton bitumineux concassé ne paraît pas utilisé sans autre traitement, du moins dans la région d'Autun, "étant donné, nous a-t-on dit, que les granulats de bonne qualité ne font pas défaut en France". On préfère donc un agrégat conventionnel de bonne qualité au béton bitumineux concassé.

On considère également à Autun que si un mélange recyclé doit être utilisé en couche de roulement, sur une route principale, le pourcentage de recyclé ne doit pas excéder 40 % même si tous les soins voulus sont pris au moment de la fabrication, en s'assurant par exemple que la courbe granulométrique est identique à celle d'un enrobé neuf (on la corrige si nécessaire par d'autres matériaux). D'autres exigences s'appliquent également de la même façon que pour les enrobés conventionnels à savoir: la résistance après immersion dans l'eau, la résistance Duriez, la résistance à l'orniérage, l'homogénéité, etc. ... . Si toutes ces conditions ne sont pas toutes remplies, le béton bitumineux est utilisé sur des routes secondaires, des stationnements, etc. ... .

Les possibilités d'orniérage sont considérées en France comme bien évaluées par l'essai d'orniérage. Notons que le bitume 80-100 est très majoritairement employé pour mieux résister à l'orniérage. Les spécialistes de la question sont messieurs F. Verhee au S.E.T.R.A. et Barabé au L.C.P.C. Orly.

Les sables utilisés dans les revêtements bitumineux sont presque toujours des produits de concassage.

Les problèmes d'adhérence entre couches sont pris en compte en France. Un enrobé sur enrobé ne cause pas trop de problème; un enrobé sur une grave-laitier ou une grave-ciment peut entraîner du désenrobage si la couche n'est pas assez compactée. Une fissure dans la grave traitée peut remonter en surface selon le gradient thermique, même si l'enrobé est mou.

Les enduits superficiels ont fait l'objet de nombreuses études et synthèses; il faut contacter monsieur F. Vehree au S.E.T.R.A. Les scellements de fissures sont aussi étudiés avec minutie. Nous avons ainsi pu observer de nouveaux scellements élasto-plastiques très performants dans la région d'Autun.

Les bitumes polymères sont difficiles à classer. Il ne semble pas encore exister de synthèse sur les grandes familles de produits. Trois sortes de polymères sont considérés au L.C.P.C. comme compatibles avec le bitume: le SBS, le éthylvinylacétate et le polyéthylène. L'homogénéité du mélange bitume/polymère dépend en premier lieu de la façon dont le polymère a été dispersé et, en second lieu, des propriétés du bitume. La relation entre la composition du bitume et ses caractéristiques rhéologiques est étudiée en vue de mieux connaître la viscosité, la pénétration, le fluage etc. ... . Par ailleurs, le L.C.P.C. fait aussi des recherches sur le vieillissement, sur la structure et sur la fragilité à froid, et ce, en ayant recours, par exemple, à des essais de traction et des essais de microductilité. Un essai simple manque et le test Frast est critiqué. Les personnes-ressources dans ce domaine sont messieurs B. Brûlé et Ramond au L.C.P.C., F. Vehree au S.E.T.R.A.

## 2.6 BETON DE CIMENT

### 2.6.2 Chaussées

Les chaussées françaises ont eu des problèmes d'érosion, de pompage et de rupture de dalles suite à la faiblesse du support construit il y a 20 ans. La tendance actuelle consiste à poser, en guise de fondation, une couche de grave traitée ou de béton maigre non armé et non goujonné.

On y ajoute parfois (technique belge) un enrobé pour éviter le pompage; la dalle est souvent armée. Plus récemment, la technique des dalles épaisses (40 cm) avec grave drainante sous-jacente s'est développée. Pour ce qui est de la remise en état des chaussées en béton, on l'effectue selon l'un ou l'autre des procédés suivants:

- démolition, compactage et reconstruction d'une nouvelle dalle;
- construction de tranchées drainantes sur les bords;
- rejointement des dalles par les moyens suivants:
  - . regarnissement des joints (tous les 4 ans) avec des polymères spéciaux;
  - . recollement de deux dalles ensemble par la confection de rainures;
  - . resurfaçage à l'aide d'un striage longitudinal, ou à l'aide d'une membrane caoutchoutée (flexochape) ou, ce qui est plus courant, avec un enduit superficiel au bitume polymère. Il existe un guide pour ces réparations de surface.

#### 2.6.1 Ouvrages d'art

Pour faire suite à la demande de notre Service Ouvrage d'Art du M.T.Q., on prendra note des noms suivants, comme personnes-ressources: messieurs Virlogeux et Poineau au S.E.T.R.A. (calcul et reprise de calcul), messieurs Chatelain et Bois au L.C.P.C. (investigation, matériaux, auscultation).

De la documentation nous a été transmise par monsieur Chatelain, qui reste à notre disposition pour des échanges ultérieurs. Cette documentation a permis d'apporter certaines réponses aux problèmes suscités par monsieur Gaumont, comme sur les moments de distribution, les effets de diffusion ou de gradient thermique. Selon monsieur Chatelain, la pathologie résulte d'un sous-dimensionnement, d'une insuffisance de fibres précontraintes inférieures (problèmes de joints, de fatigue des aciers), d'un frottement plus fort que prévu, d'un phénomène de gradient thermique oublié. Le remède est en général de mettre de la précontrainte additionnelle (30 ponts sont ainsi renforcés en France) et de minimiser les redistributions des réactions d'appuis, tout en veillant aux possibilités de corrosion.

Les Français disposent d'une gamme assez vaste de moyens d'auscultation, ce qui pourrait peut-être faire l'objet d'échanges d'informations.

### 2.6.3 Réactions alcalis-granulats

Les chercheurs consacrent leurs efforts à mettre au point des essais accélérés, qui seront présentés en 1989 au congrès du Japon. Les résultats de ces tests seront toujours sujets à interprétation. A titre d'exemple, on peut mentionner que lorsque les matériaux poreux gonflent à l'intérieur de leurs pores, le gonflement est difficile à mesurer. Aucun essai ne remplacera toutefois l'oeil expérimenté d'un pétrographe, qui constitue sans doute encore le meilleur instrument pour apprécier le potentiel de réaction d'un granulats, et pour analyser la réaction de chaque minéral en présence d'alcalis.

Après avoir vu des photos au M.E.B. de cristaux de quartz bien cariés, nous avons la conviction qu'un degré de "cariage" devrait pouvoir être apprécié en utilisant la forme et la profondeur de la carie par exemple. On pourrait même, selon le temps de réaction et selon le pourcentage d'alcalis, situer le point limite d'acceptation, par analyse microscopique d'une réaction provoquée. Plusieurs réactions en chaîne seront aussi provoquées, pour plusieurs pourcentages d'alcalis ajoutés, et pour différents temps de réaction. Si l'attaque du minéral est observable, il est difficile par contre de bien visualiser la surface du quartz intact (on ne voit que les carbonates) même si la cassure ou le polissage de la lame est bien fait. L'observation du gel silico-alcalino-calcique devrait aussi pouvoir être quantifiée.

Madame Regourd a même laissé envisager que ce travail était possible, voire préférable, avec un bon microscope polarisant au lieu d'un M.E.B., qui grossit trop parfois et nous fait passer par-dessus le problème. Compter le nombre de fissures au  $\text{mm}^2$  dans un ouvrage en béton constitue un travail rébarbatif et nécessite déjà un exemple de structure construite avec le granulats à l'étude. La mesure d'une densité de fissuration avec un analyseur d'image se pratique néanmoins. On peut citer l'analyseur américain Tracor TN 5700 (environ 100 000,00 \$) ou le Nachet français (environ 20 000,00 \$).

Le L.C.P.C. prévoit un programme de recherche dans ce domaine en collaboration avec l'Université Laval. Le sujet sera élargi au traitement des sols et granulats, car pour ces matériaux aussi, il s'agit d'un problème d'instabilité des minéraux (en milieu basique). La partie française (monsieur André Leroux du L.C.P.C.) est prête à faire rentrer ces échanges dans le cadre de la coopération franco-québécoise que l'on tente de mettre en place au Ministère.

## 2.7. POLITIQUE DE RENFORCEMENT DES ROUTES

Après l'hiver particulièrement rigoureux de 1962-1963, la France décida de renforcer 28 000 km de routes nationales; les travaux commencèrent en 1968-1969; 22 000 km sont déjà renforcés; 750 km sont réalisés chaque année, au coût moyen de 1,2 million de francs au km. Le renforcement consiste en général, après avoir fait des relevés assez détaillés de la vieille route, à réaliser une tranchée tout au long des bords, à combler cette tranchée par des matériaux neufs, puis à recouvrir la vieille chaussée et le nouveau bord par une couche de grave traitée au liant hydraulique (25 cm); cette couche est ensuite surmontée d'un enrobé bitumineux (8 cm). Le renforcement est prévu pour des essieux de 13 tonnes; on s'arrange pour que l'essieu soit à cheval sur le joint longitudinal; le travail s'exécute par demi-chaussée, sans interrompre le trafic et par séquence de 20 km à 30 km.

On nous a rapporté un cas (autoroute 20) où 6 cm à 8 cm de grave grossière ont été maintenus entre l'ancienne chaussée et les 5 à 7 cm de mélange dense en surface.

Le réseau renforcé fait l'objet d'un entretien préventif: relevés visuels (gerpho en particulier) tous les ans, relevés de glissance ou adhérence (scrimm en particulier) tous les 2 ans, mesures de l'uni (APL) et de déflexions (Lacroix) tous les 4 ans à 8 ans. Les équipes d'entretien interviennent au moindre signe de dégradation, soit par un enduit ou un enrobé mince soit par une étude, selon le degré de priorité (1: sécurité et confort; 2: structure). En moyenne, chaque chaussée renforcée reçoit un léger revêtement après 8 ans d'existence.

## 2.8 ASSURANCE-QUALITE

Le Réseau National d'Essais (R.N.E.) a été créé en France en 1981 par une association de cinq (5) laboratoires dont le L.C.P.C.. Il comprend cinq (5) commissions sectorielles, dont celle du génie civil, présidé par le L.C.P.C.. Le R.N.E. est en relation avec A.T.L.A.S. en Angleterre. L'I.L.A.C. ou "International Laboratory Accreditive Comittee", est un organisme relié à l'I.S.O., une association de laboratoires internationaux, qui s'occupe de reconnaissance réciproque d'essais entre pays (normalisation) et qui fait des recommandations. Le guide I.S.O. 25 a par exemple été rédigé par l'I.L.A.C.. Le R.N.E. est en relation avec l'A.F.N.O.R..

Le texte préliminaire d'un essai est soumis au R.N.E., qui le distribue à plusieurs laboratoires dans le privé et à 18 laboratoires L.P.C.. Si la méthode proposée rallie tous les intervenants, le laboratoire qui a proposé la méthode est accrédité. La liste des essais reliés à la mécanique des sols n'a pas encore été dressée, mais le travail est engagé, notamment pour ce qui est du nucléodensimètre.

Le R.N.E. organise par ailleurs des stages (2 ou 3 par année) de 4 jours environ, pour 20 personnes, sur divers sujets et notamment sur la gestion de la qualité. Ces stages concernent les procédures d'essais en laboratoire de même que la qualité des travaux en chantier. L'organisation de la qualité est primée par rapport à la réalisation d'essais inter-laboratoires. L'accréditation d'un laboratoire est valable pour 4 ans. Le R.N.E. se rend en moyenne tous les 2 ans dans les laboratoires accrédités.

Le M.T.Q. peut devenir membre correspondant. Il pourrait bénéficier aussi de l'avance française dans le domaine de la qualité (point 10 dans l'organigramme du système québécois de surveillance de la qualité des essais en laboratoire).

Notons que l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées offre un cours de contrôle de qualité en construction routière (matériaux, chaussées en béton, surface de revêtement, etc. ...). Le S.E.T.R.A. par la personne du directeur-adjoint, est prêt à échanger sur l'organisation de la qualité, ou sur un système de gestion, et à profiter de notre position dans le programme SHRP et C-SHRP.

## 2.9 SYSTEMES DE GESTION DE CHAUSSEES

Le S.E.T.R.A. a mis au point un système de gestion des routes départementales (entre la route nationale principale et la route secondaire), qui est un outil à la disposition des élus locaux. Ce système comprend les éléments suivants:

- surveillance du réseau: les relevés visuels et les mesures d'uni ou de déflexions sont rentrés dans de petites banques de données;
- module d'aide à la programmation à court terme: note globale de 0 à 6 attribuée à l'état de la chaussée. Selon la note, un programme d'entretien est proposé aux élus par l'ingénieur en place.

A titre d'exemple, 2 personnes pendant 2 mois peuvent couvrir 500 km de chaussée. Il existe d'autres logiciels, l'un d'entre eux est basé sur la recherche d'indices permettant de suivre le niveau de service du réseau national: temps de parcours, sécurité, confort des usagers, qualité de la structure.

## CHAPITRE III

### POSSIBILITÉS DE COOPÉRATION À DÉVELOPPER

#### 3.0 POUR LES PARTICIPANTS DU M.T.Q. DANS CE PROGRAMME

Rappelons la liste des premiers participants des différents Services du Ministère qui ont suivi la préparation de cette mission:

- Paul Flon, Laboratoire central, 643-3178
- Pierre Demontigny, Sols et chaussées, 643-1665
- Jean-Marie Durand, Conservation des chaussées, 643-9298
- Alain Labonté, Entretien d'hiver, 643-3020
- Richard Langlois, Laboratoire central, 643-3178
- René Robitaille, Assurance-qualité, 643-6058
- Yvon Gaumond, Ouvrages d'art, 644-0169
- Luc Tanguay, Sols et chaussées, 643-8577
- Guy Fréchette, Construction région est, 643-6763
- Gérard Tessier, Direction de la recherche, 643-6355
- Raymond Landry, Relations extraministérielles, 643-5177
- Gaston Magnan, 643-3576

Nous pensons que la majeure partie des questions soulevées par les intervenants précités sont abordées dans ce rapport. Si toutefois, certaines questions avaient été oubliées, leurs auteurs pourront, à partir des éléments fournis plus haut et surtout à partir du nom des personnes ressources citées dans le texte, se faire une idée un peu plus précise de la situation française et élaborer un projet un peu plus structuré.

Nous suggérons par ailleurs au Ministère de rechercher d'autres intervenants dans d'autres Services du Ministère, de publier un petit résumé de cette mission dans "l'Equipe" et/ou "Recherche-Transports", de faire abonner le L.C.P.C. (M. Pilot ou Mme Veillat) et le S.E.T.R.A. (M. Sauterey ou Mme Daniel) au bulletin d'information de notre Ministère (Recherche-Transports) et de provoquer toute situation qui pourrait faire du Québec (M.T.Q.) un intermédiaire privilégié entre le Canada, les Etats-Unis et la France (par exemple entre l'A.Q.T.R., C-SHRP et SHRP, A.S.S.H.O., et le L.C.P.C. ou le S.E.T.R.A.).

A côté des projets d'échanges que ce travail suscitera auprès de nos collègues du génie, le paragraphe ci-dessous énumère les points que nous estimons pouvoir être développés.

### 3.1 PROJETS D'ECHANGES

Chacun des points mentionnés se réfère au paragraphe correspondant du chapitre II; il faut donc s'y reporter pour mieux évaluer le contexte. Les personnes-ressources indiquées sont celles avec qui le processus pourrait s'engager, mais ne sont pas forcément les seules.

#### 3.1.1 Granulats (par. 2.3.2)

Nous n'en sommes pas à nos premières armes ; des échanges ont déjà eu lieu avec monsieur Tourenq au L.C.P.C. à Paris. Un projet commun sur l'angularité des sables et granulats a été mis sur la table. Sa formulation sera présentée sous peu.

D'autres domaines seront développés plus tard, conjointement ou parallèlement: polissage, altération, sensibilité à l'eau, gélivité des granulats et, plus généralement, ce qui identifie le granulat. D'autres personnes pourraient être abordées: monsieur Maldonado au L.C.P.C. à Nantes et monsieur Dupond au S.E.T.R.A. à Bagneux.

#### 3.1.2 Achats de matériel (par. 2.2 et 2.3) et même de brevets ou de plans

Les Français ont une avance certaine dans le développement de nouveaux appareils. L'accord-cadre devrait permettre d'en profiter. Nous pensons par exemple aux appareils de laboratoire mesurant l'abrasivité ou la proyabilité et la valeur de bleu turbidimétrique, en sols et granulats, l'ornièreur et la presse giratoire en béton bitumineux; nous pensons aussi à l'appareillage de chantier comme le dynaplaque, l'APL et le gamma-densimètre. Certaines démarches d'achats sont déjà engagées.

#### 3.1.3 Systèmes de gestion (par. 2.9)

Certains systèmes français de gestion de l'entretien développés au L.C.P.C., au S.E.T.R.A. ou au Bureau Central d'études outre-mer pourraient être adaptés au Québec, selon le type de données et les différentes sortes de matériel. Les logiciels requis pourraient être achetés et un stage être prévu pour en apprendre l'emploi.

#### 3.1.4 Manège de fatigue (par. 2.2.2)

C'est monsieur Autret au L.C.P.C. à Nantes qui nous a invités à envoyer un stagiaire ou un thésard pendant 6 mois ou 1 an pour expérimenter et analyser, sous diverses sollicitations, une série de structures de chaussées différentes, dont certaines pourraient être de conception québécoise.

L'Université Laval pourrait être impliquée dans cet échange. La partie québécoise devra s'informer du programme précis du L.C.P.C., indiquer ce qu'on peut tirer du manège et des applications possibles pour le Québec. Des travaux pourront par la suite être proposés au L.C.P.C. de Nantes. Notons que même l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération pour le Développement Economique) cherche à tirer parti du manège de fatigue.

#### 3.1.5 Centrifugeuse

Dans le même ordre d'idée, signalons que le L.C.P.C. de Nantes possède une des plus grosses centrifugeuses du monde (photos 10 à 12), qui permet de recréer en modèle réduit les mêmes champs de contraintes et de déformations que dans l'ouvrage réel de génie civil. Cet appareillage sophistiqué est maintenant opérationnel et toutes sortes de travaux peuvent y être effectués. Nul doute que plusieurs problèmes québécois de génie pourraient être confiés pour étude par nos collègues français.

#### 3.1.6 Drainage des chaussées (par. 2.1)

Paramètre essentiel pour éviter toute surpression interstitielle, l'enjeu est prépondérant dans un pays froid. La France s'intéresse davantage au drainage de matériaux traités; le Québec s'intéresse davantage pour l'instant au drainage de matériaux non traités; en recherchant un optimum perméabilité versus stabilité; les méthodes et les idées peuvent être échangées et complétées. C'est ce que nous pouvons envisager à moyen terme avec monsieur Raimbault au L.C.P.C. à Nantes. Ce sujet est relié à celui mentionné ci-après.

#### 3.1.7 Gel-dégel (par. 2.4)

Nous devrions intervenir davantage dans ce domaine, étant donné notre climat rigoureux, et les expériences que l'on pourrait y mener. Nous pourrions

peut-être participer aux relations franco-canadiennes (Manitoba) ou tout au moins prendre connaissance de ce qui s'étudie en France, et bâtir nous-mêmes notre propre coopération.

### 3.1.8 Matériaux marginaux (par. 2.0)

Les bons matériaux se faisant de plus en plus rares, en France en particulier, on est obligé d'identifier correctement les matériaux marginaux, de connaître leur limite d'utilisation et d'apprendre à les bonifier. Un projet de coopération est déjà en route entre l'Université Laval et le L.C.P.C.; les deux parties sont prêtes à situer leur action à l'intérieur de l'accord-cadre, et à faire en sorte que le M.T.Q. participe davantage.

### 3.1.9 Mélanges bitumineux (par. 2.3.1 et 2.5)

Les sujets de coopération sont nombreux dans ce domaine (bitumes polymères, enduits superficiels, skip-mix, enrobés drainants). Les contacts sont déjà existants entre monsieur R. Langlois du M.T.Q. et M. B. Brûlé du L.C.P.C.. D'autres devraient se nouer avec monsieur F. Vehree du S.E.T.R.A..

### 3.2.0 Assurance-qualité (par. 2.9)

Une bonne gestion de la qualité n'est pas si facile à réaliser; notre Service pourrait profiter de l'expérience française et s'immiscer dans les organismes internationaux.

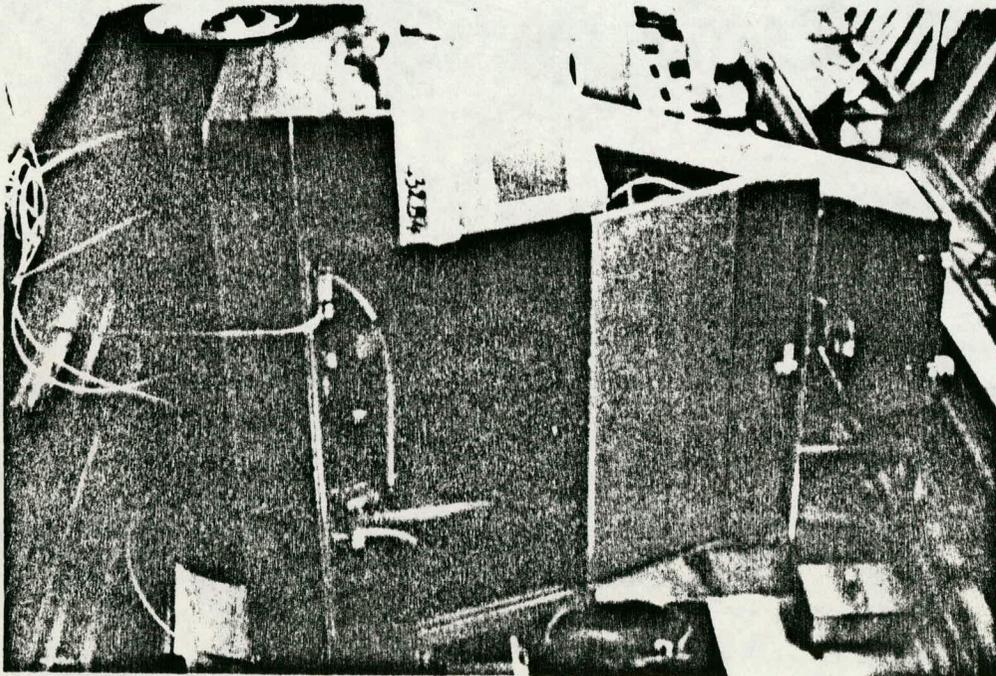
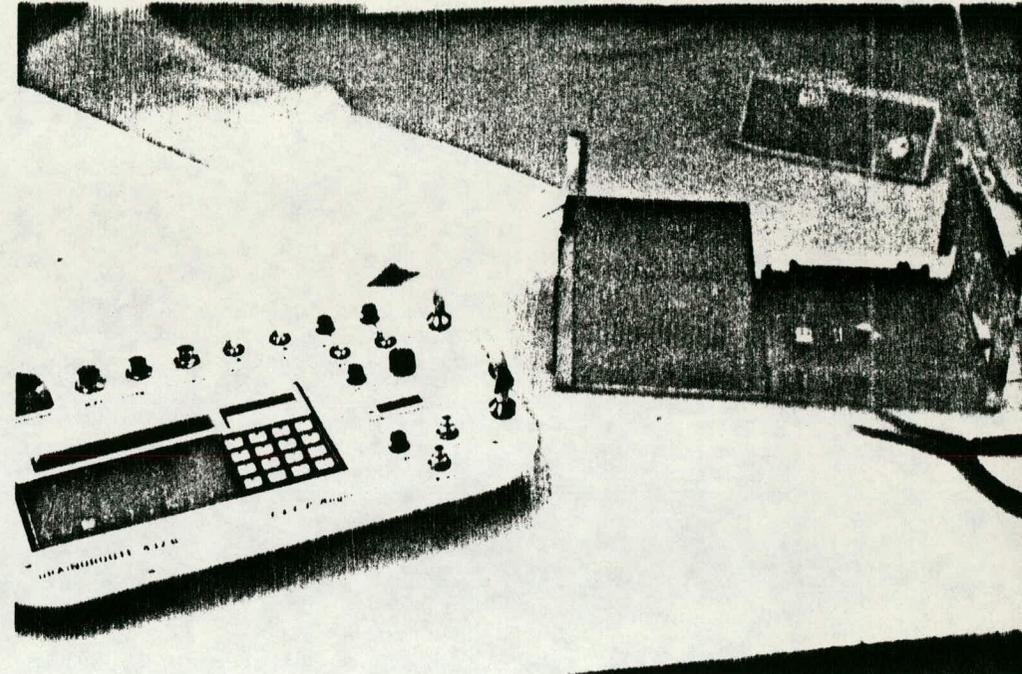
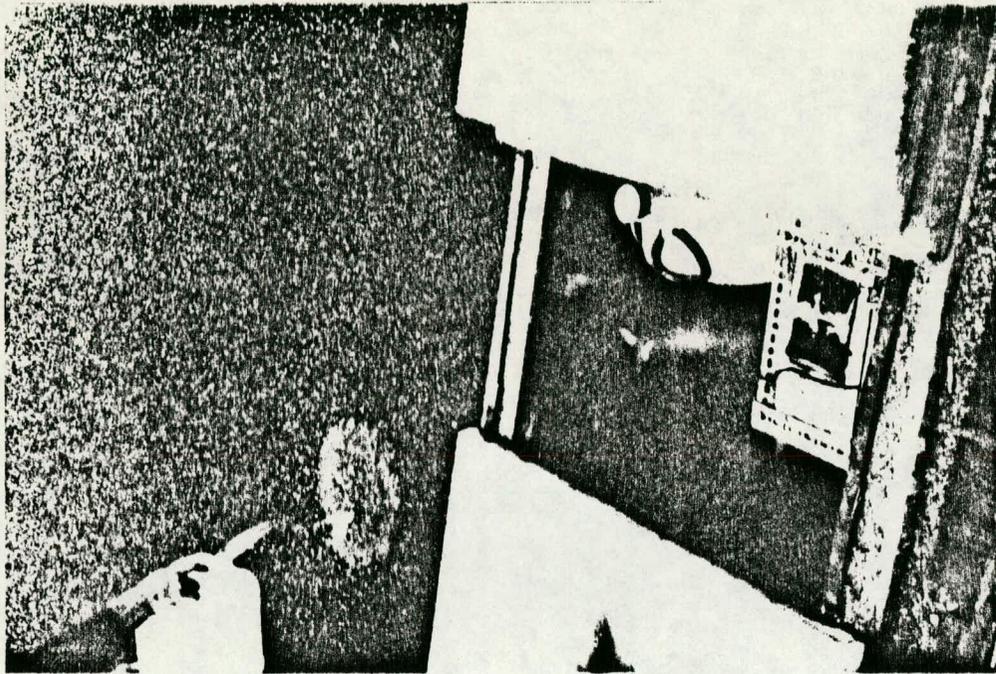
Remarquons pour terminer que dans le "Rapport des activités" du L.C.P.C., pour l'année 1986, l'on trouve un paragraphe intitulé "coopération scientifique avec les pays d'Amérique". On y voit plusieurs collaborations avec des universités américaines de même qu'avec le SHRP. Au Canada, on parle des universités de Carleton et du Manitoba, de l'A.R.T.C., du "Transportation Canada Research in Development" et du ministère des Transports et Communications de l'Ontario. Il est un peu triste de constater qu'aucune mention n'est faite au Québec, ni à aucune de ses institutions. La raison en est probablement que notre coopération dans le domaine technique est trop ponctuelle, pas assez structurée et ne vise pas suffisamment le long terme. Le temps serait peut-être venu de réfléchir là-dessus et de voir notamment si la recherche universitaire québécoise ne devrait pas se faire un peu plus routière et s'engager davantage dans une coopération fructueuse avec la France.

## CHAPITRE IV

### CONCLUSION

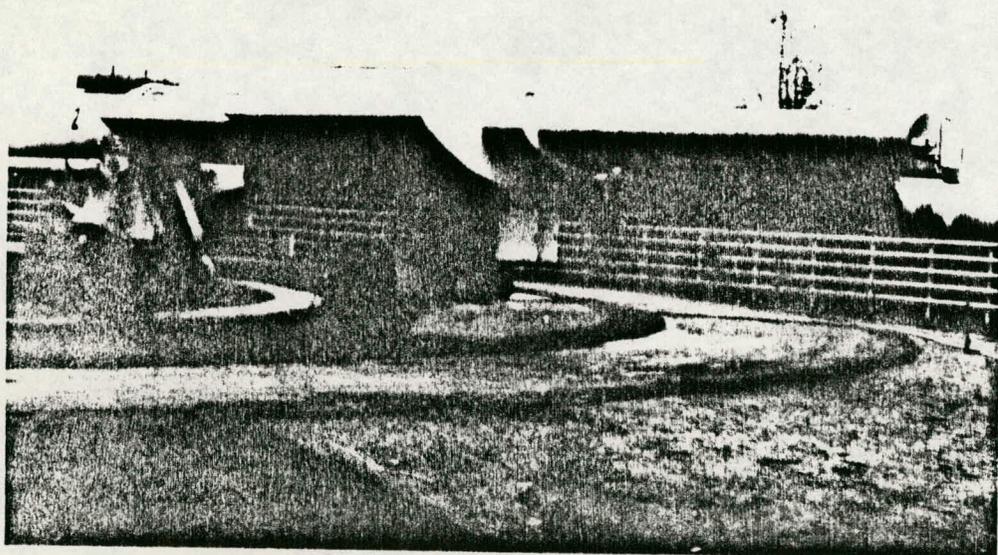
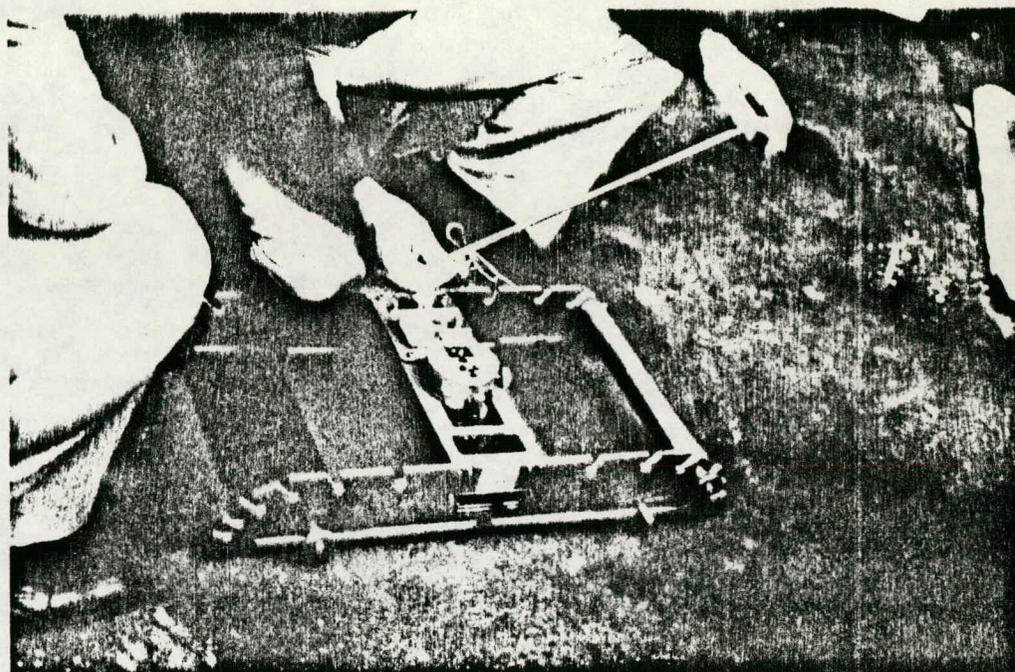
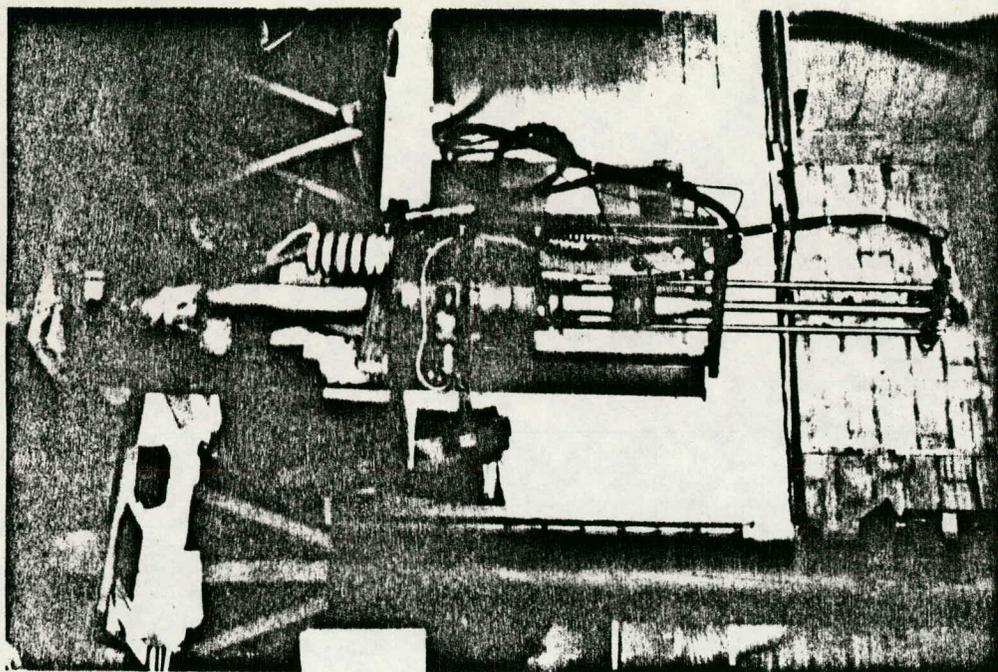
Le personnel et les laboratoires français sont suffisamment nombreux pour traiter tous les problèmes de construction routière et faire avancer la recherche. Il est donc facile de trouver un collègue ou plus, dans chacun de nos domaines spécifiques. La situation géographique, les différences de matériaux, les habitudes de travail et les différences technologiques rendent la coopération et les échanges profitables pour les deux parties et principalement pour le Québec, étant donné que la connaissance française est plus étendue dans le domaine du génie routier.

La mission a permis de jeter les bases d'une structure d'échange plus solide que par le passé, devant permettre des retombées plus significatives à l'avenir. Nous avons pour cela rencontré bon nombre d'intervenants, et précisé avec le coordonnateur principal au L.C.P.C., une entente protocolaire qui se veut très large. Toute intervention est donc possible. Les possibilités de coopération présentées dans ce rapport ont été envisagées à l'intérieur de cet accord-cadre. Il n'en tient qu'aux participants à ce programme et aux autres intéressés à le nourrir et à en profiter.



1	2
3	

- 1: enrobé drainant + couche de base poreuse en grave traitée au bitume.
- 2: drainoroute: enregistrement de données.
- 3: drainoroute: remorque.

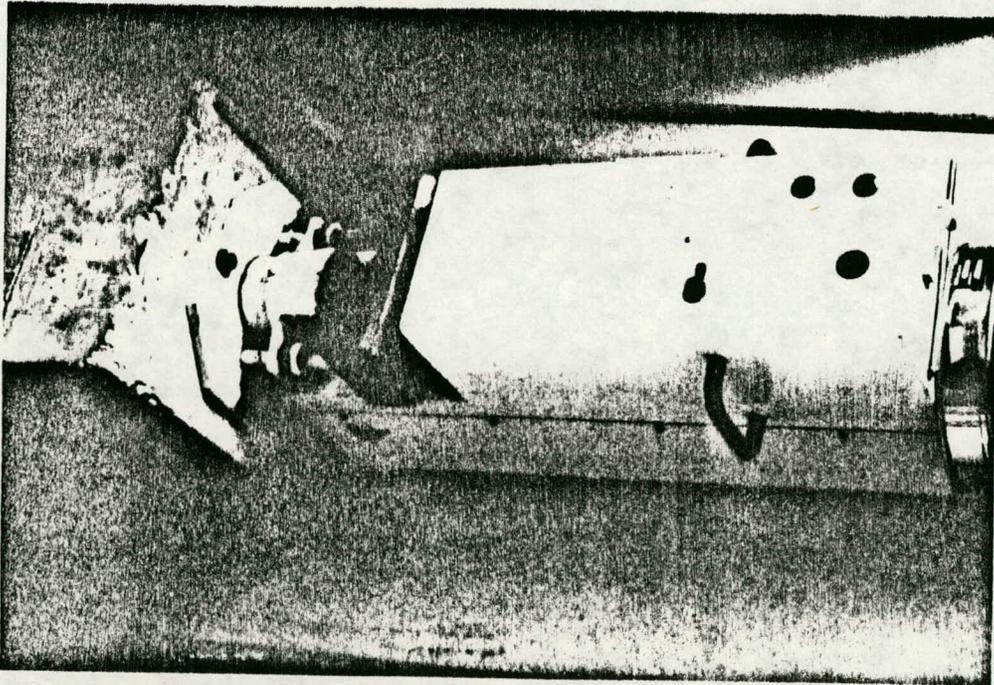
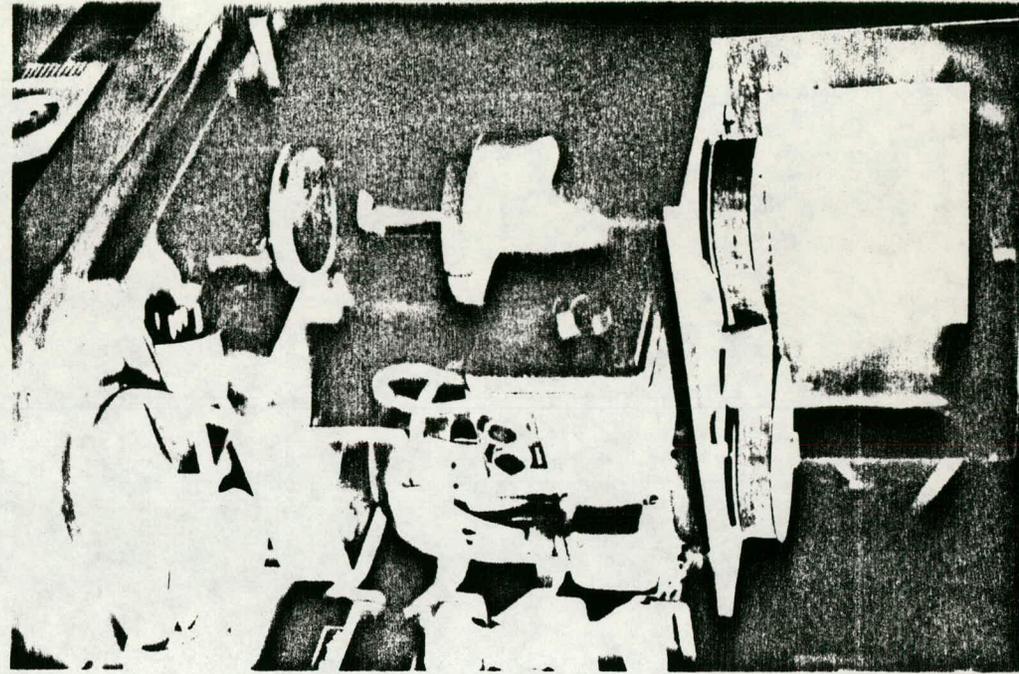
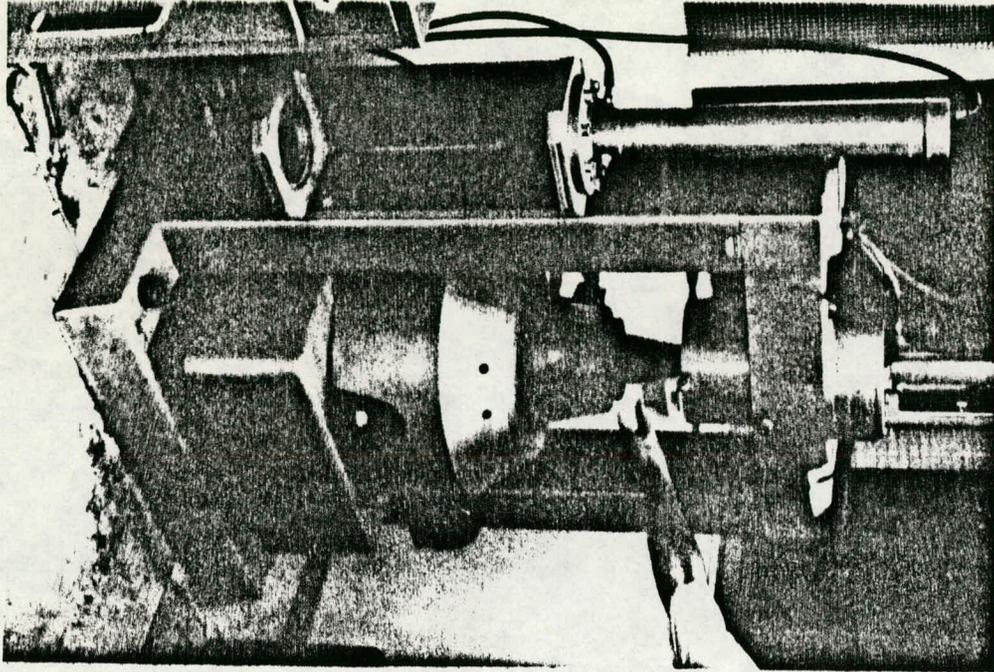


4	5
6	

4: dynaplaque

5: gamma-densimètre

6: manège de fatigue

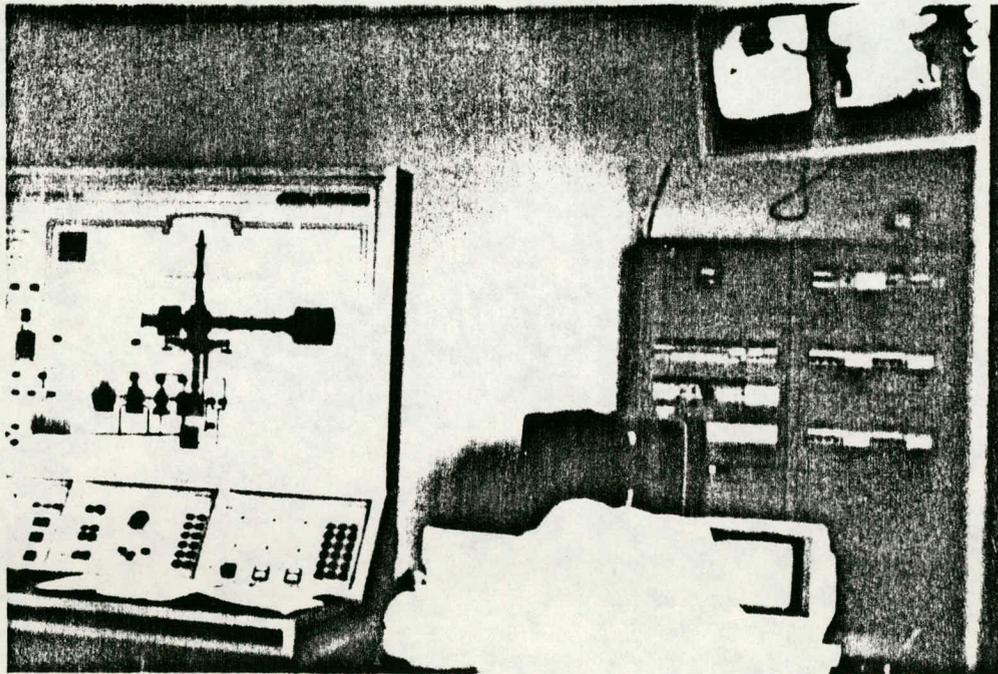
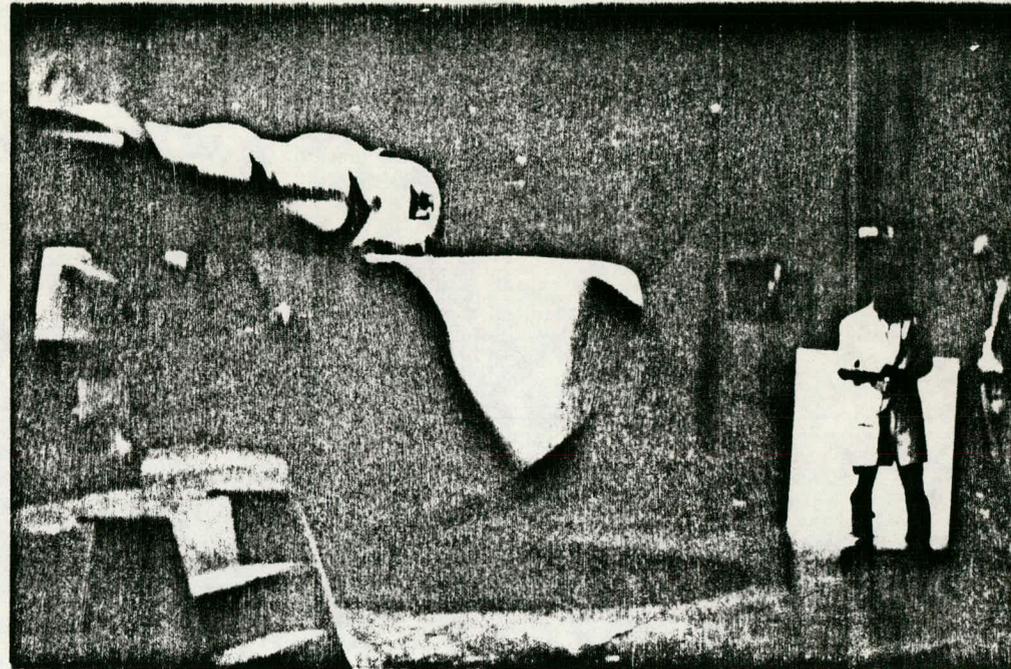
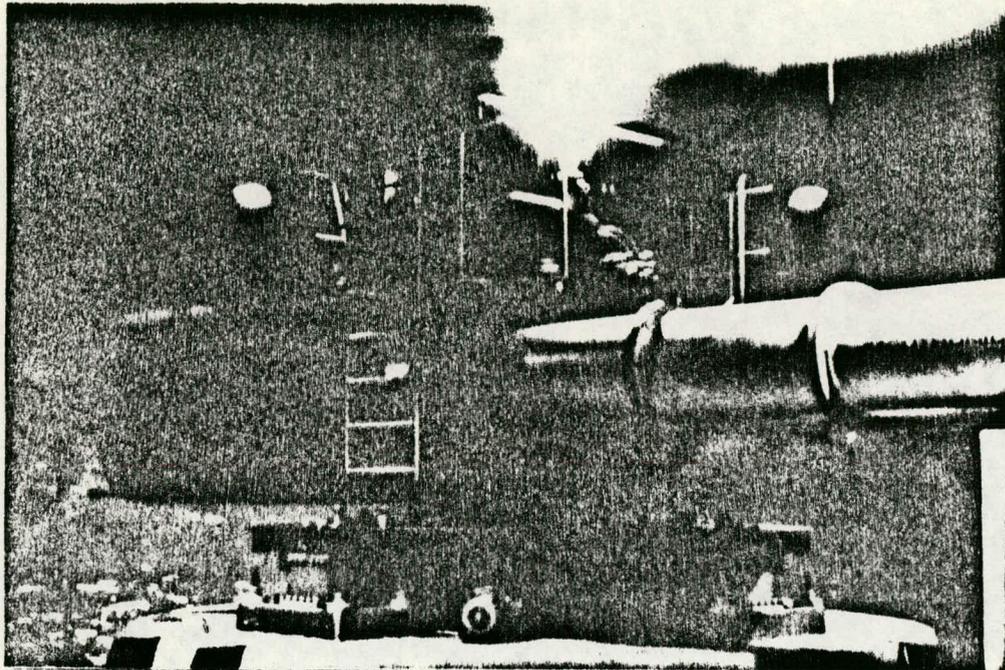


7	8
9	

7: presse giratoire

8: abrasimètre

9: fragmentation dynamique



10	11
12	

10: centrifugeuse  
11: centrifugeuse  
12: centrifugeuse

MINISTERE DES TRANSPORTS



QTR A 093 530