



**Avertissement** : les techniques recensées dans ce rapport sont le résultat d'une recherche essentiellement bibliographique. Le LCPC n'a pas eu le loisir d'observer ni d'évaluer in situ la plupart de ces techniques ; c'est pourquoi les avis émis n'engagent pas le LCPC, et ne sauraient être pris comme avis techniques officiels. Il se peut également que d'autres techniques existent, qui soient pertinentes par rapport à la problématique posée, et dont le LCPC n'a pas eu connaissance.

## Montage de l'opération de recherche 1FEP3 – Solutions Chaussées Urbaines Démontables

# Les chaussées urbaines démontables Etude bibliographique

**Juliette Ferrand, Johann Duffait, Laurent Josserand**  
ESEM Orléans

**François de Larrard**  
LCPC Centre de Nantes

**2003**

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>I - TECHNIQUES FRANÇAISES</b> .....	<b>4</b>
<b>1. LES CHAUSSEES PAVEES OU DALLEES</b> .....	<b>4</b>
1.1 STRUCTURE TYPE D'UNE CHAUSSEE PAVEE OU DALLEE .....	4
1.2 INTERVENTIONS SUR RESEAUX ENTERRES .....	5
1.3 REALISATION DU REVETEMENT, BLOCAGE DES RIVES .....	6
1.4 CONCLUSION .....	7
<b>2. LES CHAUSSEES COMPOSITES</b> .....	<b>8</b>
2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES .....	8
2.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES .....	10
2.3 AVANTAGES ET PROBLEMES RENCONTRES .....	10
<b>3. LES DALLES STELCON</b> .....	<b>12</b>
3.1 CARACTERISTIQUES GENERALES .....	12
3.2 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES.....	13
3.3 CARACTERISTIQUES MECANIQUES.....	14

3.4 MISE EN PLACE ET ENTRETIEN.....	14
3.5 ACCESSOIRES ANNEXES .....	15
3.6 CONCLUSION.....	16
<b>4. MEGADALLES COMPOSITES CLAVETTES VILLEROC.....</b>	<b>17</b>
<b>5. LES REVETEMENTS DE CHAUSSEE SUR PLATELAGE METALLIQUE.....</b>	<b>19</b>
5.1 PRESENTATION DU PROJET .....	19
5.2 RESULTATS OBTENUS.....	19
5.3 LE PRINCIPAL DEFAUT : LA MISE EN ŒUVRE.....	19
5.4 OBSERVATIONS SUR LES OUVRAGES .....	20
5.5 CONCLUSION.....	20
<b>6. LA LIAISON ROUTIERE DEMONTABLE DU PORT DU HAVRE.....</b>	<b>21</b>
6.1 LES CONTRAINTES DU PROJET .....	21
6.2 DESCRIPTION GENERALE.....	21
6.3 L'EXPLOITATION.....	21
6.4 REMARQUES.....	22
<b>7. PISTES PROVISOIRES (GENIE MILITAIRE).....</b>	<b>23</b>
<b>II - APPEL D'OFFRES HOLLANDAIS « ROAD TO THE FUTURE » .....</b>	<b>25</b>
<b>1. LANCEMENT DE PROJET PILOTE EN HOLLANDE : « LE REVETEMENT MODULAIRE » .....</b>	<b>25</b>
1.1 REVETEMENT EN COUCHES .....	25
1.2 PRODUCTION PREFABRIQUEE .....	25
1.3 REDUCTION DU BRUIT .....	26
1.4 DE L'IDEE A LA REALISATION .....	26
<b>2. PRESENTATION DES PROJETS PILOTES.....</b>	<b>27</b>
2.1. DALLES BETON + ENROBE BITUMINEUX DRAINANTS .....	27
2.2. LA ROUTE « ENROULABLE » .....	28
2.3. LA ROUTE « ADHESIVE ».....	29
2.4. ELEMENTS DE CHAUSSEES SILENCIEUX : .....	31
<b>3. PREMIER BILAN DE CETTE EXPERIENCE.....</b>	<b>32</b>
<b>III - UN PROJET AMERICAIN DE CHAUSSEE PREFABRIQUEE.....</b>	<b>34</b>
1. INITIATION DU PROJET.....	34
2. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES .....	35
3. BILAN DU PROJET .....	37
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>39</b>

## **Introduction**

L'étude bibliographique sur les chaussées démontables s'est révélée être un sujet passionnant et très futuriste. Dans un premier temps, nous avons recherché des nouvelles informations, articles, publications et expériences par le biais d'Internet, par rapport à une documentation communiquée par le LCPC. Cette étape n'a pas été très fructueuse. En effet, ce projet d'étude présente actuellement une littérature peu riche en la matière, aussi bien par la rareté des études expérimentales et théoriques que par le nombre de publications. Ainsi nous avons exploité et analysé les documents issus du LCPC. Ceci constitue donc la partie développée dans la suite de ce rapport. Nous commenterons aussi bien des chantiers expérimentaux nationaux qu'étrangers (en Hollande).

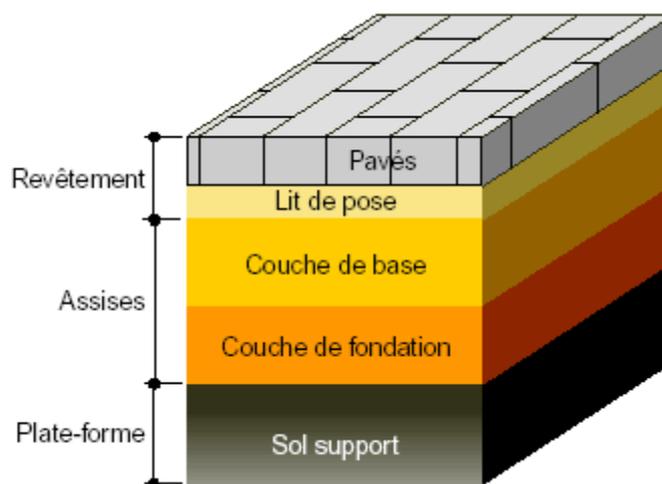
Ce projet doit être poursuivi par un dimensionnement comparatif, à partir des logiciels présents à l'école : ALIZE, VOIRIB (du CERIB) et d'informations téléchargeables disponibles sur le site <http://www.infociments.fr>".

# I - Techniques françaises

## 1. Les chaussées pavées ou dallées

Lorsqu'il est correctement conçu et mis en œuvre, un revêtement modulaire en béton présente une bonne durabilité et ne nécessite qu'un entretien minimal. Son esthétique et sa longévité peuvent toutefois être renforcées par un entretien simple et régulier. De plus, le contexte urbain nécessite souvent des interventions sur les réseaux enterrés, qui entraînent par conséquent des interventions sur le revêtement lui-même. Grâce à son caractère modulaire qui lui permet d'être démonté et réutilisé facilement, un revêtement pavé ou dallé en béton facilite ces interventions.

### 1.1 Structure type d'une chaussée pavée ou dallée



- La plate-forme constitue le support de l'assise. Elle correspond le plus souvent au sol décapé et compacté, éventuellement surmonté d'une couche de forme en cas de portance insuffisante, voire d'un géotextile s'il existe un risque de remontées de fines argileuses. La portance du sol en place peut aussi être améliorée par un traitement au liant ;
- le rôle des couches d'assises (couche de base et couche de fondation) est de répartir sur le sol les contraintes dues au trafic. Elles sont inutiles dans le cas d'un aménagement sans trafic ;
- la couche de surface est constituée de dalles en béton ou de pavés et du lit de pose.

## 1.2 Interventions sur réseaux enterrés

L'intervention sur les réseaux enterrés est une opération à laquelle les gestionnaires de voirie sont régulièrement confrontés, car on estime à 40 000 km la longueur des tranchées ouvertes par an en France. Les revêtements modulaires présentent l'avantage de pouvoir intervenir sur les couches sous-jacentes tout en laissant la réparation invisible.

Même si ces interventions ne sont pas inhérentes au revêtement modulaire lui-même, il y a quelques règles à suivre pour assurer un résultat satisfaisant.

### ✓ **Etape 1 : Localiser la zone à excaver**

La localisation et la profondeur du réseau objet de l'intervention sont à déterminer avant l'excavation. Les règles de sécurité relatives à toute intervention sur le domaine public doivent être respectées (signalisation, balisage...).

Repérer et marquer la zone des éléments modulaires à enlever. Cette zone est de 30 à 50 cm plus large que la tranchée à réaliser. Cette zone, dans laquelle le lit de pose restera intact, servira de guide lors de la reconstruction du revêtement.

### ✓ **Etape 2 : Enlever le premier pavé ou la première dalle**

Ce premier élément se situe à une extrémité de la zone marquée et peut être enlevé de manière destructive ou non (voir "surveillance, entretien courant et entretien ponctuel").

### ✓ **Etape 3 : Enlever les éléments restants**

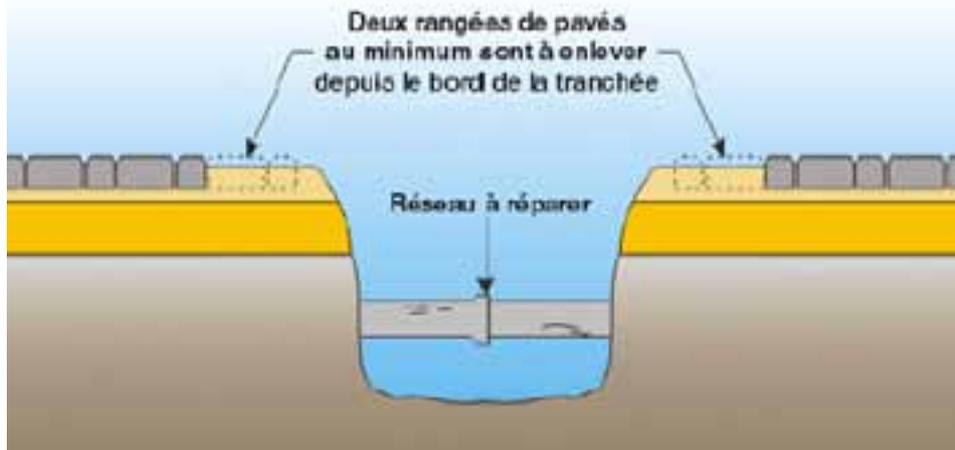
L'ensemble des éléments de la zone à excaver sont ensuite enlevés manuellement voire mécaniquement (dans le cas des pavés) avant d'être stockés en vue de leur réemploi. Les machines utilisées pour la pose mécanisée des pavés peuvent également l'être pour la dépose surtout si la zone à excaver est grande. De nombreuses formes de pavés sont compatibles avec une dépose mécanique. Toutefois, les poses en chevrons ne le permettent pas. Ces machines permettent grâce à leur système de pinces de déposer environ 1 m<sup>2</sup> de pavés à la fois.

### ✓ **Etape 4 : Déposer le lit de pose**

Dans le cas où il est prévu de réutiliser le lit de pose en sable, celui-ci doit être déposé et stocké en prenant garde de ne pas le mélanger à d'autres matériaux. Dans les autres cas, le lit de pose est excavé en même temps que les couches d'assises. Il est important de laisser une zone de lit de pose intact de 15 à 30 cm de large le long des éléments laissés en place pour faciliter le nivellement du lit de pose lors de la reconstruction du revêtement.

### ✓ **Etape 5 : Excavation des couches d'assises**

Il est recommandé que la section transversale finale de l'excavation ait une forme de T afin de prévenir toute déstabilisation du revêtement resté en place.



#### ✓ **Etape 6 : Remise en place des couches d'assises**

Une fois la réparation du réseau terminée, le fond de la tranchée est compacté avant la remise en place des matériaux d'assises. La structure de la chaussée est reconstruite à l'identique en apportant une vigilance particulière au compactage et au contrôle du compactage des couches remblayées afin d'éviter tout tassement ultérieur.

Il est également possible d'utiliser des matériaux autocompactants pour remblayer l'excavation. Ces matériaux, mélanges de granulats, de ciment en faible quantité, d'eau et d'adjuvants, se mettent en place naturellement, par simple déversement, sans compactage ni vibration. Ils assurent en quelques heures une portance suffisante, permettant une remise en circulation rapide et présentent des résistances à long terme volontairement limitées pour permettre une réexcavation éventuelle. On vérifiera notamment au préalable leur adéquation avec le trafic et la nature du sol encaissant.

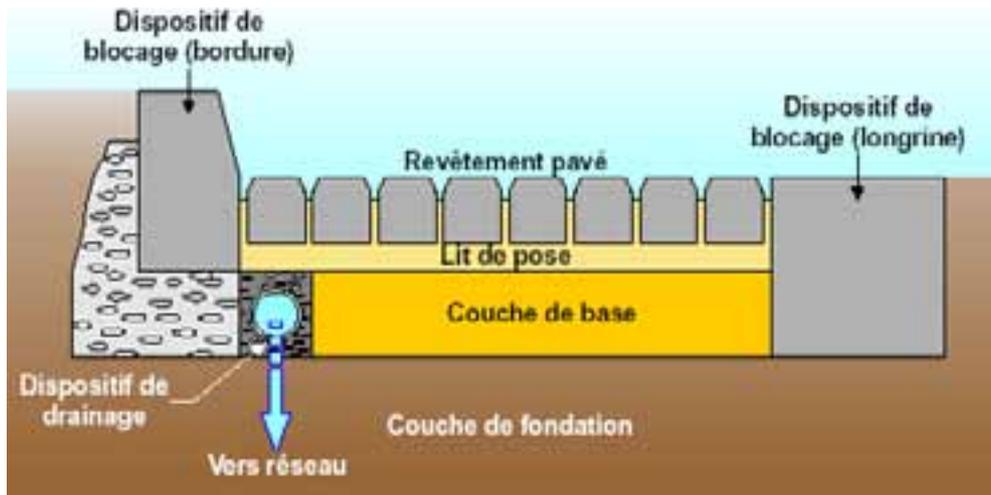
#### ✓ **Etape 7 : Remise en place du revêtement**

Suite aux étapes précédentes, il n'est pas rare que le revêtement bordant l'excavation ait été quelque peu désorganisé. Il est alors nécessaire de démonter les quelques rangées d'éléments concernés et de procéder ensuite à la reconstitution du lit de pose et du revêtement à l'identique en respectant les règles de mise en œuvre précédemment énoncées.

### **1.3 Réalisation du revêtement, blocage des rives**

Le soin apporté à la réalisation de cette phase est essentiel. L'importance du système de blocage longitudinal ou transversal à mettre en œuvre est fonction du niveau des efforts horizontaux prévisibles et donc de la nature et de l'intensité du trafic.

Le plus souvent ce blocage peut être réalisé au moyen de bordures et/ou de caniveaux en béton voire, de longrines. Le guide "Traversées d'agglomération - Matériaux d'aménagement sur chaussées" CERTU-SETRA 1990 présente des exemples de réalisation.



Des dispositifs de drainage doivent être prévus afin d'assurer la continuité du drainage du lit de pose, notamment aux points bas. Ces dispositifs doivent être raccordés au réseau de collecte des eaux pluviales.

La mise en service s'effectue dès que le garnissage des joints est réalisé. Les joints doivent toutefois être regarnis régulièrement notamment lorsque l'emploi d'aspiratrice de nettoyage est fréquent.

#### 1.4 Conclusion

Ce type de chaussée entre en partie seulement dans la catégorie des chaussées démontables. En effet, ces applications sont réservées aux classes de trafic faibles voire très faibles. Au-delà de la classe de trafic T3, on est obligé d'utiliser en couche d'assise des matériaux traités aux liants hydrauliques ou des matériaux bitumineux. Ces matériaux sont malheureusement peu retraitables ou peu réexcavables.

Toutefois, dans des cas particuliers de chaussées à faibles trafic, pistes cyclables, voies piétonnes, une couche d'assise en grave naturelle non traitée peut être utilisée.

Cette méthode présente toutefois des problèmes de mise en œuvre. Le temps de mise en place est supérieur à celui d'une chaussée classique. Après une intervention de maintenance, sur un réseau enterré ou sur la chaussée même, le compactage de la couche d'assise est rendu difficile par la faible taille de la surface traitée.

Le principal avantage est la rapidité de remise en circulation. Elle peut s'effectuer immédiatement après la pose des pavés ou dalles et le blocage des rives. Pour de grandes surfaces à traité, un phasage des travaux est préconisé.

## 2. Les chaussées composites

### 2.1 Caractéristiques générales

Le Comité Technique des Routes en Béton de l'AIPCR a défini le concept de chaussée composite comme l'association de couches hydrocarbonées ou d'éléments modulaires avec du béton de ciment pervibré. Le but recherché est d'associer deux ou plusieurs couches de chaussée de nature différente, de manière à tirer le meilleur parti de leurs avantages spécifiques. C'est ainsi que l'on pourra disposer d'autoroutes, de routes interurbaines et de voiries urbaines d'une part très durables et confortables, et d'autre part économiques et esthétiques.

Trois familles de chaussées composites sont définies :

**chaussées composites type 1** : béton de ciment (1) + revêtements en enrobés (2)

**chaussées composites type 2** : béton de ciment (3) + revêtements en éléments modulaires (4)

**chaussées composites type 3** : fondation ou plate-forme traitée + enrobés (5) + béton de ciment (1)

- (1) dalles de béton dense ou béton armé continu
- (2) béton bitumineux dense ou drainant
- (3) dalles de béton ordinaire dense ou béton maigre
- (4) pavés ou dalles
- (5) enrobé dense

Les chaussées de type 1 et 3 n'appartenant pas à la catégorie des routes démontables, elles ne seront pas développées dans ce rapport. Nous nous concentrerons sur les chaussées composites de type 2 comportant des revêtement modulaires.

La voirie urbaine pose des problèmes spécifiques d'aménagement, de conception, de réalisation et de gestion. Une plus grande diversité d'usagers et de riverains est à satisfaire, les préoccupations sur le registre de l'esthétique de l'espace public sont importantes, les réseaux enterrés appellent à un plus ou moins grand nombre de travaux sous voirie. Les revêtements modulaires apportent vis-à-vis de ces objectifs une réponse possible intéressante.

Aujourd'hui, les pavés de béton sont d'usage courant. Des pays comme l'Allemagne en utilisent plus de 130 millions de m<sup>2</sup> par an. Aux Pays-Bas, il se consomme chaque année 1,2 m<sup>2</sup> de pavés béton par habitant.

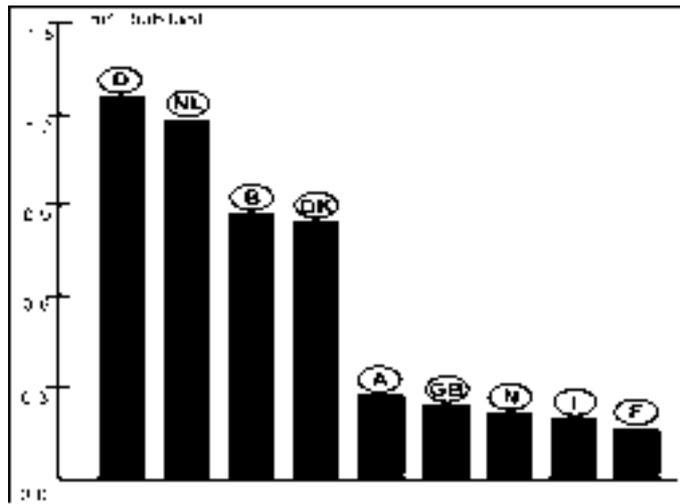
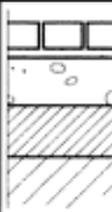


Figure 1 : classement des pays européens suivant le ratio surface de pavé en béton de ciment vendus par an / population

CHAUSSEE COMPOSITE TYPE	PAYS	STRUCTURES TYPES EXTRAITES DE CATALOGUES		
		CIRCULATION	SOUS-SOL	STRUCTURE DU PAVAGE
2	BELGIQUE	III (circulation lourde)	sol portant (CBR $\geq$ 30%)	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- pavés en béton : type A ou B (h=10,12 ou 13 cm)</li> <li>- couche de pose : (3-4 cm)</li> <li>- fondation : béton maigre (18-20 cm)</li> <li>- matériaux insensibles au gel</li> <li>- sous-sol compacté</li> </ul>
			sol non portant (CBR < 30%)	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- pavés en béton : type A ou B (h= 10, 12 ou 13 cm)</li> <li>- couche de pose : (3-4 cm)</li> <li>- fondation : béton maigre (15 - 20 cm)</li> <li>- sous-fondation 12 - 15 cm de sous-fondation liée au ciment (100- 150 kg de ciment/m<sup>2</sup>)</li> <li>- sous-sol compacté</li> </ul>
2	REPUBLIQUE TCHEQUE	Trafic > 50 à 250 PLJ sur une voie	$\geq$ 45 MPa	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Pavés en béton 16 cm</li> <li>Lit de pose 3 cm</li> <li>Béton compacté 12 cm</li> <li>Grave concassée 17 cm</li> </ul>
		Parking VL	$\geq$ 45 MPa	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Pavés en béton 10 cm</li> <li>Lit de pose 3 cm</li> <li>Béton maigre 10 cm</li> <li>Grave concassée 15 cm</li> </ul>
		Arrêt BUS	$\geq$ 45 MPa	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Pavés en béton 16 cm</li> <li>Lit de pose 3 cm</li> <li>Béton poreux 18 cm</li> <li>Grave concassée 17 cm</li> </ul>

## 2.2 Caractéristiques techniques

Trois familles de revêtements modulaires ont été distinguées : les pierres naturelles, les terres cuites et les grès cérames et les produits en béton qui représentent 70 et 100% des surfaces en éléments modulaires.



*Figure 2 : famille de revêtements modulaires pour couches de surface de chaussées composite type 2*

Les structures composites de type 2 les plus répandues sont structurées comme suit : le pavage, un lit de pose en sable et du béton pervibré (souvent du béton maigre). Le lit de pose a une épaisseur constante de 3 cm (mini 2 cm ; maxi 5 cm). Les fondations en grave hydraulique ont une épaisseur de 10 à 15 cm pour les trottoirs, 12 à 20 cm pour les chaussées peu circulées, 15 à 22 cm pour les voies de bus. Les joints entre éléments modulaires sont toujours en sable pour les pavés de béton et sont plus diversifiés pour les pavés de pierre naturelle (sable, mortier, coulis, produit bitumineux).

## 2.3 Avantages et problèmes rencontrés

Les raisons du choix de ces chaussées composites sont par ordre décroissant :

- recherche d'aménagements qualitatifs harmonieux
- marquer la différence entre la rue et la route
- recherche d'une sécurité accrue et d'une personnalisation des aménagements
- solidité et durabilité
- démontabilité
- expérience, tradition
- exécution sans gros matériel spécifique

Au regard des sollicitations, le domaine des chaussées modulaires pour trafic lourd n'est abordé que pour les structures à pavés de pierre naturelle. Ces pavés ainsi que les pavés de béton sont utilisés en voies de bus, pour les voiries à trafic moyen ainsi que pour les parkings et aires diverses. Les matériaux en terre cuite et grès cérames d'une part, et les

dallages d'autre part ne couvrent, sauf exception, que les espaces publics urbains à fonction non majoritairement circulatoire.

On note que dans certains pays l'aspect esthétique et architectural n'est pas un objectif de la technique. Les aspects pratiques comme l'exécution sans matériel spécifique et la démontabilité prédominent alors.

En cas de dysfonctionnement, les pathologies les plus souvent observées sont dans l'ordre décroissant des dessertissements d'éléments modulaires, des affaissements, des dégarnissements de joints et des ruptures d'éléments modulaires. Le diagnostic de ces structures pour juger de leur qualité se fonde principalement sur l'examen des critères suivants : aspect visuel, uni, stabilité des éléments, calage de bord..

La documentation sur les techniques de pavages est significative. Une majorité de pays dispose de guides, de recommandations, de manuels de conception et d'exécution. Des études sont en cours afin de mieux connaître et étendre les domaines d'emploi des chaussées composites pavées et dallées dont le potentiel d'application est très large. En ville, le traitement de la sécurité par l'aménagement concerne des chaussées à trafic significatif. Mieux maîtriser les questions de drainage, du cycle de l'eau, du nettoyage, du fonctionnement des joints, du bruit qui nécessitent une approche spécifique pour les éléments modulaires, est également une préoccupation importante.

### 3. Les dalles Stelcon

#### 3.1 Caractéristiques générales

Les dalles stelcon sont de grandes dalles en *béton armé préfabriquées* en usine. Ceci permet de garantir un parfait dosage en constituants, une qualité constante tant du béton que des couches d'usure à hautes résistances et assurent des dimensions rigoureuses.

Les couches d'usure peuvent être rendue rugueuse donc antidérapante soit grâce à des pierres naturelles, soit par des agrégats de fonte aciérée (grenaillage). Ainsi il existe une vaste gamme de parement (béton brossé, quartz blanc lavés ...). Les dalles peuvent être utilisées dans les cas suivants :



Zones de stockage, sols industriels



Platelages pour passage à niveau



Grandes dalles de voirie

### **3.2 Caractéristiques géométriques**

Il s'agit de dalles de grande surface portante, la taille de base est de 2 m x 2 m, et épaisseur 0,14 m, mais l'on peut trouver de très nombreuses variantes tant par les dimensions (2 x 2 m, 2 x 1m, 2 x 1,5 m...) que par les formes (carrés, rectangles, triangles ou octogonales).

Les dalles sont présentes en deux modèles, ceinturés ou non de cornières métalliques, ces dernières permettant la protection des arrêtes.

### 3.3 Caractéristiques mécaniques

Les dalles *Stelcon* présentent l'avantage de résister aux surcharges élevées, elles permettent donc d'obtenir un bon sol industriel, appropriées au stockage de marchandises ou de matériels lourds, ainsi qu'à la circulation de tous types de véhicules. De plus elles supportent les surcharges tant statiques que dynamiques. Elles ne craignent pas le gel, ce qui les rendent utilisables aussi bien en extérieur qu'en intérieur.

### 3.4 Mise en place et entretien

#### 3.4.1 Méthode de pose des dalles :

Il faut tout d'abord débarrasser le terrain de la terre végétale qui le recouvre.

Si le sol support est porteur, on décaisse au niveau correspondant à l'épaisseur totale de la dalle augmentée de celle du lit de pose. Les dalles sont posées aisément sur une simple couche de sable ou de gravillons. Par conséquent elles peuvent être retirées pour accéder au sous-sol, déplacées ou utilisées pour un autre emploi, remplacées et remises évitant ainsi toute démolition. On compacte au vibro-compacteur avec rouleau de 600 à 800 kg, tout en nivelant régulièrement à l'aide d'une règle à encoches.

Si le sol est de faible portance, on substitue le terrain par du tout venant de bonne qualité, compacté, d'épaisseur minimale 30 cm, posé sur un tissu anti-contaminant. On peut également utiliser la méthode de pose sur plots.

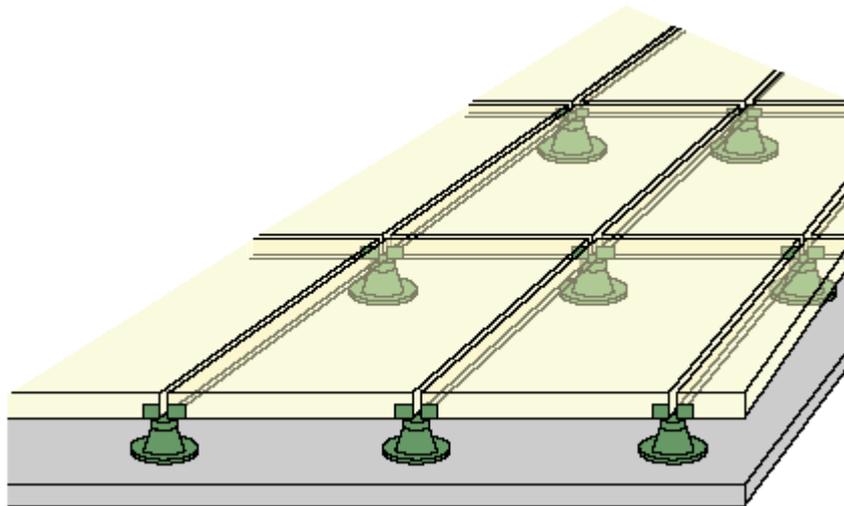


Schéma de principe d'installation sur plots



Mise en place de dalles sur plots

#### 3.4.2 Le stockage :

Il ne faut pas dépasser des piles de plus de dix dalles. L'approvisionnement du chantier et le roulage de l'engin de manutention se font directement sur les dalles, même fraîchement posées. La manutention est facile d'autant plus qu'elle s'effectue à l'aide de clés ou de ventouses.



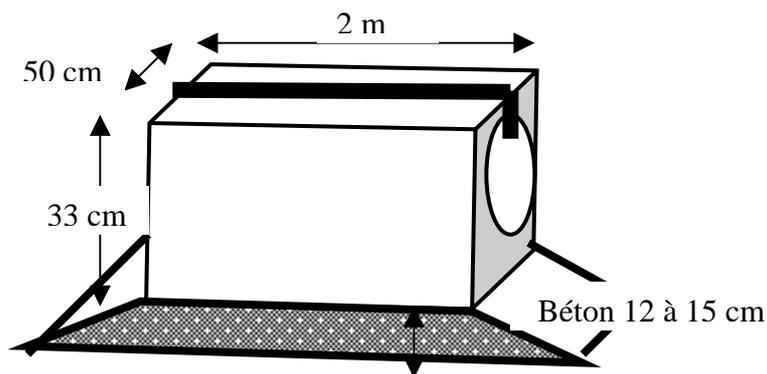
manutention au moyen de clés de levage

#### 3.4.3 Les joints :

Les dalles sont indépendantes les unes des autres. Il faut donc mettre en place des joints pour les solidariser. Ils sont remplis de sable fin au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il faut veiller et vérifier au cours de l'exploitation que les joints restent constamment remplis surtout si un nettoyage par aspiration est mis en place régulièrement.

### **3.5 Accessoires annexes**

Dans la même gamme de produit, il existe des collecteurs de 2 x 0,33 x 0,5 m en béton avec des joints d'étanchéité, pour recueillir les eaux de pluie et de lavage. Ces eaux sont ensuite conduites jusqu'au réseau d'évacuation. Les éléments sont posés en file sur du béton maigre. Malheureusement, ce type de liaison empêche le démontage de l'ensemble. L'étanchéité est assurée par un joint de caoutchouc collé.



Collecteur des dalles stelcon

### 3.6 Conclusion

Le principal avantage de ce type de revêtement est sa modularité. Les dalles Stelcon sont amovibles. Il est donc possible de les déplacer, d'étendre ou de réduire la surface de chaussée. Le principe de mise en place est simple et permet un usage immédiat de la chaussée.

Le constructeur, CHAPSOL, assure une grande stabilité, même sur des terrains faibles et compressibles (remblais récents, sous-sols argileux,...). Il explique tout de même qu'une remise à niveau est toujours possible par simple recharge du lit de pose en gravillons réglés.

La fabrication des dalles est contrôlée et la préfabrication permet de garantir une résistance élevée à l'usure, au poinçonnement, aux chocs, au roulage.

Dans la technique d'installation de dalles sur plots, seule la couche de roulement est démontable. La couche d'assise comporte des plots préfabriqués en béton ou en résine reposant sur une couche non réexcavable.

A partir des informations dont nous disposons, nous ne pouvons pas nous prononcer sur les durées de vie, le niveau sonore de la chaussée sous circulation, l'évolution du battement entre les dalles, etc.. Cette solution a de toutes façons été développée pour un usage non routier (sols industriels, aires de stockage etc.).

## 4. Mégadalles composites clavetées Villeroc

Ce procédé est développé par un préfabricant du Sud-Est de la France. Il consiste à réaliser des revêtements haut-de-gamme pour voies urbaines destinées à subir un trafic lourd (type voies de bus). Des dalles en béton à hautes performances armé, préfabriquées sont surmontées d'une couche de matériaux nobles collés (pierre de type marbre, granit etc.). Elles sont posées sur un lit de sable traité, rigidifié par un treillis hexagonal, lequel surmonte une fondation quelconque. L'originalité du procédé réside dans le système de liaisonnement mécanique entre dalles.

Les dalles comportent des gorges dans leur section, qui permettent un clavetage par le coulage d'un joint effectué avec un coulis de ciment. Une fois durci, le joint constitue une clé capable de transmettre les efforts tranchants, d'où transmission des efforts et absence de battements. Les dalles préfabriquées présentent un retrait très faible après la pose, et les joints s'ouvrent très peu.

Une cassette VHS présente le procédé, ainsi que le démontage pour l'accès à d'éventuels réseaux souterrains. Les dalles sont séparées de leurs voisines en sciant le joint (au moyen d'une scie circulaire de marbrier) et en les levant avec des ventouses. Une fois les dalles extraites, les restes du joint en coulis de ciment sont enlevés manuellement, la fondation est ouverte et les interventions peuvent sur les réseaux peuvent se dérouler. Le rebouchage peut être effectué avec un matériau autocompactant. Une fois la portance minimale obtenue, on replace un lit de sable traité et la dalle est reposée, puis sertie d'un nouveau coulis de ciment.

Il s'agit d'une première technique opérationnelle de chaussée démontable ; cependant, il reste une partie de travail manuel à faire, et le temps de durcissement du coulis conduit à des temps d'intervention qui peuvent être jugés excessifs, dans un souci de réduction maximale de la gêne à l'usager.



## **5. Les revêtements de chaussée sur platelage métallique**

Le développement des ponts démontables (« autoponts ») s'est accompagné de la conception de tabliers légers, dont des tronçons posés à plat pourraient constituer un type de chaussée démontable.

### **5.1 Présentation du projet**

En 1969, un premier concours concernant les revêtements de chaussée de viaducs métalliques démontables a vu la réalisation de plusieurs projets pilotes. Les dégradations constatées ont conduit à un deuxième concours faisant preuve de davantage de prudence et de conditions nouvelles. Une nouvelle tranche pour passages supérieurs provisoires a motivé le lancement de ce concours.

Le procédé retenu est de type autopont dans lequel les tabliers sont constitués d'éléments indépendants de 3,50m de largeur utile, dont la longueur varie de 6 à 30 mètres. Ces éléments peuvent être assemblés :

- longitudinalement en fonction des conditions de franchissement
- transversalement pour obtenir une chaussée à 2 voies de 7 mètres de large.

L'assemblage s'effectue, lors du montage sur chantier, par simple brochage dans le sens longitudinal et par boulonnage dans le sens transversal.

L'analyse des nombreux essais soulève des difficultés car ils ont été réalisés dans des conditions très différentes. Il y avait des ouvrages de types différents (à voie unique ou à double sens, avec des dimensions très variées...) et disposés en des endroits géographiques fortement espacés les uns des autres entraînant des conditions climatiques diverses.

### **5.2 Résultats obtenus**

Cinq revêtements ont été choisis. Tous les systèmes retenus appartiennent à la catégorie des revêtements ultra-minces, avec une épaisseur variant entre 4 et 8 mm, et sont, à l'exception d'un seul, de type enduit multicouche.

Ce dernier revêtement est de type modulaire car il s'agit d'un ensemble de plaques plastiques préfabriquées, de 8 millimètres d'épaisseur, livré en dalles de 1 mètre de longueur pour 5 mètre de largeur, et dont la surface supérieure comporte un dessin lui conférant des propriétés anti-dérapantes.

### **5.3 Le principal défaut : la mise en œuvre**

Sa mise en œuvre comprend :

- l'imprégnation de la face inférieure des dalles, qui est lisse, par un agent d'adhérence.
- l'application à la spatule sur le support d'une colle à deux composants, à base de résine époxydique, à raison d'environ 0,5 kg/m<sup>2</sup>.
- la pose des dalles côte à côte après réchauffage au chalumeau.

On a noté des problèmes au niveau de la fabrication industrielle. En effet ce revêtement nécessite des produits de haute qualité. La fabrication en usine n'a pu permettre d'effectuer les retouches nécessaires. De plus le personnel responsable de la mise en œuvre ne possédait pas les qualifications nécessaires. La mise en place des plaques de revêtement est assez délicate, on a pu alors repérer à de nombreux endroits des vides de 2 à 4 millimètres entre les plaques, des coins décollés ou cassés...L'essentiel des imperfections repérées avant la mise en service de l'ouvrage est dû à un manque de rigueur de la mise en œuvre. La tolérance de ce revêtement par rapport à la mise en œuvre est très faible. On a aussi des problèmes dus à une irrégularité de l'uni.

#### **5.4 Observations sur les ouvrages**

Si l'uni du revêtement était remarquable à la mise en service du viaduc, il a rapidement été constaté sur plusieurs plaques des dégradations diverses affectant soit leur pourtour, soit leur centre, en général de faible importance mais fréquemment bordées de décollements plus ou moins étendus.

En outre, de nombreuses plaques, intactes par ailleurs étaient décollées sur plus de la moitié de la surface. Ceci a nécessité une réparation afin d'éviter que ces plaques se plissent ou se cassent lors du freinage d'un véhicule.

Ces défauts n'ont fait que s'aggraver, notamment sur la voie de droite plus chargée en véhicules lourds. Malgré un aspect satisfaisant et une bonne rugosité, de très nombreuses plaques étaient décollées et provoquait des infiltrations d'eau multiples au niveau de la tôle de platelage.

#### **5.5 Conclusion**

La démontabilité de ce projet n'est pas évidente. La réutilisation immédiate après démolition est impossible avec les moyens actuels. Un certain recyclage du produit est toutefois faisable.

La préfabrication apporte de nombreux avantages. Mais bien que la qualité de la mise en œuvre soit très contrôlée, on remarque de nombreux désordres dans le revêtement. De plus, la taille des éléments préfabriqués est importante (de l'ordre de 30 mètres), ce qui ne facilite pas le transport.

Ce type de solution est bien sûr peu économique pour une application en chaussée, c'est à dire sans franchissement.

## **6. La liaison routière démontable du port du Havre**

### **6.1 Les contraintes du projet**

Le site du port du Havre impose pour le projet de liaison démontable une déclivité inférieure à 3 %, le minimum de courbes dans le tracé, la présence d'au moins deux tronçons de 80 m amovibles, et une interruption de la circulation de six heures maximum. De plus seulement deux types de structures sont possibles, soit une structure flottante (amovible par remorquage), soit une structure posée (amovible par levage au moyen d'une digue flottante ou d'un ponton).

### **6.2 Description générale**

Dans cette expérience l'élément remarquable est que tant la passerelle que les supports sont démontables. Il y a trois tabourets métalliques (tétrapodes), qui forment les supports intermédiaires. Ils sont posés sur des têtes de pieux munis de dispositif de centrage, sans encastrement, ni fixation d'aucune sorte. On a donc un ensemble modulable par travées, où les tabourets restent soit en place, soit peuvent être enlevés par des grues flottantes de 200 t.

Les supports intermédiaires sont constitués de trois tabourets tétrapodes, la cote des pieds de ces supports avoisinant le niveau de plus basse mer. Ils s'appuient et se centrent sur les pieux de fondations. Ce dispositif de centrage est conçu à la base pour permettre une mise en place aisée des pieds des tétrapodes et assurer la transmission des efforts horizontaux.

Le tablier possède 4 travées : deux de 34m situées aux extrémités et deux autres centrales de 48 m de long. Les deux travées centrales comportent un élargissement dû aux changements d'angles.

Les quatre travées métalliques sont constituées d'une dalle, de deux poutres longitudinales sous ouvrage et de deux trottoirs disposés en encorbellement. Ces travées sont équipées d'appareils d'appuis et de positionnement permettant d'assurer aisément les opérations de mise en place et d'enlèvement des éléments.

Les deux appuis sous les poutres principales assurent un blocage longitudinal. Le centrage des travées côté culées est assuré par deux plans inclinés munis de pièces martyres en bois. Les cônes sont tels qu'ils permettent les dilatations et les déformations.

Les manœuvres des travées sont prévues à l'aide de grue flottante ou au moyen de pontons. Ainsi une autre contrainte s'est imposée, il s'agit d'utiliser pour toute opération de montage-démontage uniquement les engins présents au port du Havre.

### **6.3 L'exploitation**

A chaque lancement de navires, on enlève les trois travées et les deux tétrapodes, mais l'on procède aussi à l'enlèvement d'une seule travée. Les manœuvres de pose et de repose sont effectués à l'aide d'une digue flottante. Les deux travées centrales de 48 m sont stockées, l'une sur la travée latérale restée en place, l'autre sur le quai. Tandis que les deux tétrapodes sont stockés sur les deux culées de l'ouvrage.

On peut aussi procéder à l'enlèvement du tablier au moyen de pontons flottants, ceux-ci sont amenés sous les travées à marée basse au niveau des dispositifs de positionnement et

d'appui, alors que le reste des opérations est assuré par les mouvements de la marée. D'un autre côté les tétrapodes sont retirés par une grue flottante.

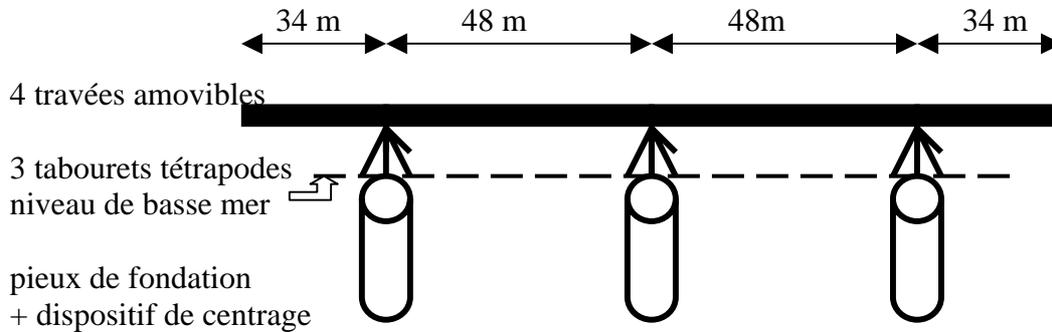


Schéma de la structure démontable du port du Havre

#### 6.4 Remarques

On sort quelque peu du thème « chaussée démontable ». En effet, il s'agit ici de pont démontable. L'expérience est cependant intéressante par la taille des éléments déplacés. Mais le principe n'est pas applicable ni en ce qui concerne le système d'accrochage, ni en ce qui concerne les matériaux et le matériel utilisés pour faciliter l'entretien des chaussées urbaines, la rapidité des interventions ou l'accès aux réseaux.

## 7. Pistes provisoires (génie militaire)

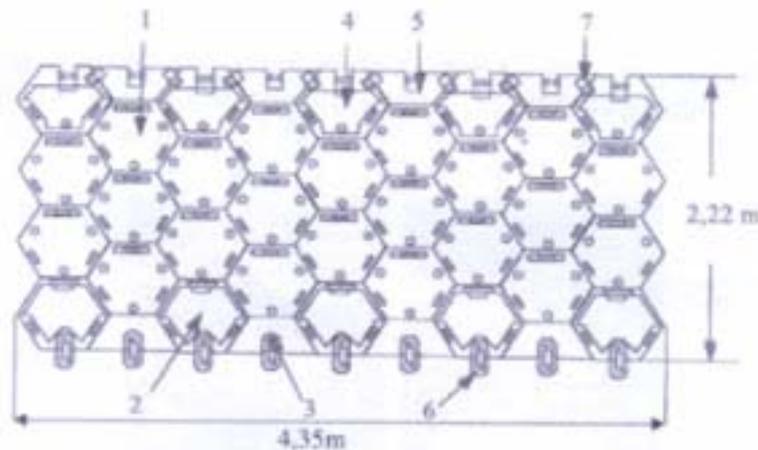
L'armée de terre a fait développer un système de chaussée provisoire, qui semble destiné aux cas où l'on souhaite faire passer des véhicules sur un terrain de faible portance. Il s'agit d'un système de dalles hexagonales, liées et articulées, et « projetable » : la mise en œuvre semble en partie mécanisée, les dalles étant pré-assemblées par panneaux posés sur un camion, les panneaux étant appliqués à l'avancement.

La piste fait environ 40 m par 4,20 m, les panneaux étant d'une longueur de 2,20 m, et les dalles mesurant 0,55 m entre deux côtés opposés. Elles sont en fonte d'aluminium, et recouvertes d'une couche de corindon. Un système d'articulation assez sophistiqué assure leur liaison, avec rotation en phase de mise en œuvre, puis blocage ultérieur.

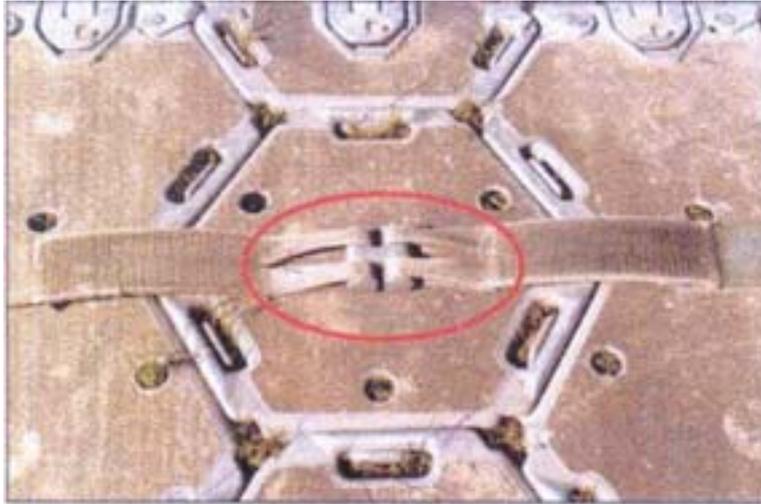
Le Génie dispose de techniques plus rustiques pour le même usage :

- chemins de roulement en demi-madriers
- pistes en rondins
- pistes en fascines
- pistes grillagées
- pistes en tôles d'acier à cuvettes.

Compte tenu de leurs exigences très particulières, on voit que les militaires font appel à tous les matériaux (notamment bois et métal). Les tôles d'acier sont également utilisées sur les chantiers civils, par exemple pour permettre une circulation de véhicules au droit d'une canalisation ou d'une tranchée étroite.



*Panneau de la piste du MATS*



Dalles hexagonales liaisonnées



*Bandes d'accès en position tendue*

## **II - Appel d'offres hollandais « Road to the future »**

### **1. Lancement de projet pilote en Hollande : « Le revêtement modulaire »**

Dans le cadre du programme d'innovation Routes vers l'avenir, les Ponts et chaussées (Rijkswaterstaat – RWS en hollandais) ont lancé récemment le projet pilote « Le revêtement de route modulaire », dans le cadre d'un programme plus vaste intitulé « Road to the future ». Le projet devait conduire en 2001 au développement d'un revêtement de route *préfabriqué, flexible et modulaire* qui devait répondre à deux conditions : il devait pouvoir être posé et remplacé plus rapidement qu'avec une technique classique et, en outre, contribuer fortement à une réduction du bruit. La démontabilité n'était pas requise, mais on verra que les techniques proposées pourraient offrir cette particularité fonctionnelle.

Ce programme a été lancé en 1996 et offrait de larges possibilités pour l'expérimentation de nouvelles idées et de nouveaux produits. De cette façon, les RWS visait à donner, en collaboration avec le secteur privé, une impulsion puissante aux développements (techniques) pour une meilleure utilisation de l'infrastructure. Entrant dans le cadre d'une vision de développement à long terme (2030), les divers projets pilotes sont cependant définis à court terme.

#### **1.1 Revêtement en couches**

Dans ce cadre, on entend par « Revêtement modulaire » un revêtement constitué de plusieurs couches. Dans ce cas, chaque couche présente une caractéristique ou une fonction spécifique telle que la résistance à l'usure, l'absorption du bruit ou la perméabilité à l'eau, le stockage d'énergie ou la détection. Du fait que chaque revêtement ne doit pas nécessairement être composé des mêmes couches, l'absorption du bruit dans une certaine région peut être bien plus importante que dans une autre. Par exemple, l'absorption du bruit dans une agglomération à forte densité de population doit être bien plus importante que dans un environnement agricole peu habité.

Ainsi le revêtement peut être adapté à la fonctionnalité souhaitée, et seules les couches nécessaires sont appliquées. Un revêtement modulaire est donc entièrement construit sur mesure et peut être facilement adapté en fonction des circonstances locales et des désirs du maître d'ouvrage.

#### **1.2 Production préfabriquée**

Du fait que les exigences liées à un revêtement modulaire sont très élevées, le RWS a envisagé une production préfabriquée. Cette nouvelle approche conceptuelle diffère des méthodes actuelles dans lesquelles, la plupart du temps, le revêtement est fabriqué sur place. Dans le cas d'une production préfabriquée, il est possible d'exercer un meilleur contrôle sur le processus de production et, dès lors, sur la qualité du produit. En outre, le temps de pose est raccourci et les réparations simplifiées : la partie endommagée du revêtement est extraite puis reposée. Ceci favorise bien entendu la circulation car tant la pose que l'entretien entraînent une gêne moins importante du trafic. Enfin, la production préfabriquée ouvre de nouvelles perspectives à l'application de matériaux innovateurs dans la construction des routes.

### **1.3 Réduction du bruit**

Dans le projet pilote, on attendait également du revêtement de route modulaire qu'il contribue sensiblement à la réduction du bruit. L'objectif était de développer un revêtement routier qui absorbe encore plus de bruit que l'enrobé drainant, qui est la solution la plus utilisée en ce moment.

### **1.4 De l'idée à la réalisation**

Dans le projet pilote « Le revêtement de route modulaire », il s'agissait en premier lieu de développer des idées sur les couches routières du futur selon le nouveau concept. Par le biais des médias, on a demandé des solutions et réalisations créatives. Donc Le RWS était à la recherche d'adjudicataires créatifs, c'était la porte ouverte à toute personne souhaitant apporter une idée nouvelle ou un produit étonnant. A condition cependant que le nouveau revêtement puisse être posé et remplacé plus rapidement que d'habitude. En outre, ce revêtement doit contribuer fortement à une réduction du bruit.

Bilan de la réalisation en phases :

Le projet pilote était constitué de trois phases :

- la phase d'idée : il s'agissait en premier lieu d'apporter et de développer une idée ou un produit,
- la phase de projet : dans ce stade ultérieur, une série d'idées ont été élaborées en un projet sous forme entre autres d'animations et de modèles à échelle prévus pour le mois de février 2001,

Des conférences présentant ces projets ont eut lieu :

- \* le 10 avril 2001 à Rotterdam (Road Surface of the Future)
  - \* le 22 mai 2001 à Rotterdam (Plan National de Trafic et de Transport (NVVP))
  - \* le 05 juillet 2001 à Rotterdam (road surface of the future)
- la phase de réalisation : quatre projets pilotes ont été réalisés à l'automne 2001 sur l'autoroute A50 près d'Apeldoorn aux Pays-Bas. Le 11 décembre 2001, cette section a été ouverte au public. Depuis, de nombreux aspects de ces différents projets sont étudiés.

## 2. Présentation des projets pilotes

### 2.1. Dalles béton + enrobé bitumineux drainants

Cette technique est constituée de plaques préfabriquées ayant une largeur de 12 mètres correspondant à une largeur de chaussée (2 voies + accotements) pour une longueur de 3,5 mètres. Ces plaques sont, d'après la documentation, facilement transportables par des moyens classiques. Elles sont mises en place par des moyens de levage traditionnels de type camion-grue.

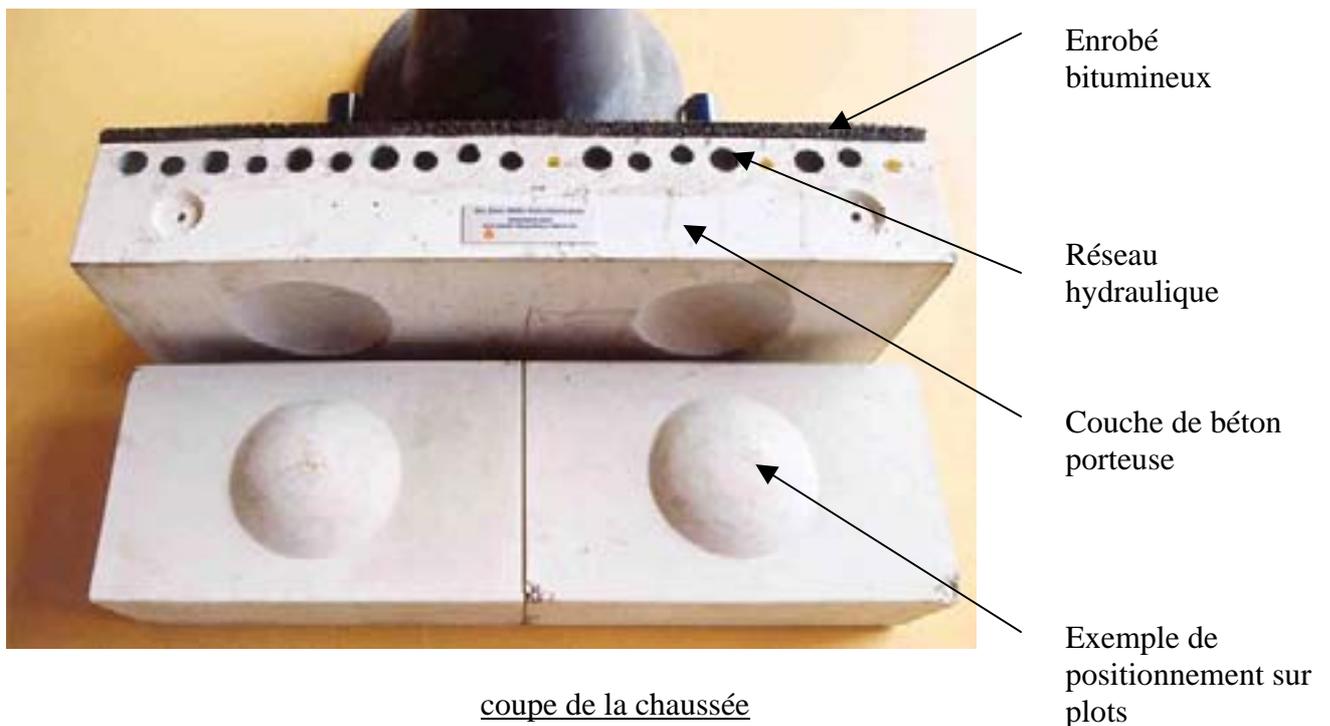
Les dalles sont constituées, de haut en bas,

- d'une couche d'enrobé drainant de 15 mm d'épaisseur
- d'une couche d'enrobé drainant de plus forte granulométrie, de 35 ou de 55 mm d'épaisseur
- d'une couche de béton armé contenant un système hydraulique type plancher chauffant.

L'épaisseur de la deuxième couche d'enrobé varie en fonction du type de trafic supporté. Une épaisseur de 35mm permet d'obtenir un pic d'absorption du bruit à 1000 Hz (voitures particulières) tandis qu'une couche de 55 mm donne un pic à 600 Hz (poids-lourds).

Le système de tuyaux noyés dans la couche de béton armé permet de contrôler la température dans les couches d'enrobés. Ces réseaux sont reliés à des nappes aquifères par l'intermédiaire d'échangeurs thermiques. Ils permettent de chauffer l'enrobé en hiver pour l'empêcher de geler et de le refroidir en été pour prévenir les risques d'orniérage.

L'ensemble de ce système doit être placé sur une plate-forme solide. On peut utiliser également une longrine reposant sur des pieux. Ce système présente l'avantage de fixer les dalles et ainsi éviter les déplacements horizontaux.



Le remplacement de ces plaques semble assez simple. Il nécessite l'emploi d'un matériel de levage spécifique. L'ajustement des plaques en hauteur est rarement nécessaire mais reste possible à tout moment. Deux équipes de 6 personnes peuvent remplacer 100 mètres linéaires par heure.



Maquette de l'installation

## **2.2. La route « enroulable »**

Ce système est particulièrement applicable à l'amélioration des routes existantes.

Il comporte trois couches :

- les deux couches supérieures ( 30 mm au total ) sont préfabriquées en un seul élément enroulable sur un support de rayon égal à 1 mètre.
- La couche inférieure, ou couche résistante, est constituée de dalles en béton contenant des cavités cylindriques agissant comme des résonateurs de Helmholtz. Ce principe est utilisé dans tous les projets de réduction de bruit.



### Maquette de l'installation

Une fois la couche inférieure mise en place sur une nouvelle structure ou sur une structure existante, les couches supérieures peuvent être déroulées par dessus. L'ensemble constitue une route confortable et durable permettant une réduction de bruit de 10 dBA environ, par rapport à une chaussée traditionnelle.

La couche supérieure a les mêmes fonctions qu'une couche traditionnelle. Les matériaux utilisés sont des granulats 3/6 ayant des propriétés antidérapantes. Grâce à la préfabrication, les irrégularités sont évitées et la forte porosité est contrôlée. L'eau et le bruit sont évacués vers la couche inférieure ; la porosité du matériau permet également le transport de l'eau à l'extérieur de la route. Le marquage au sol peut être effectué en usine.

Les dalles en béton et les couches supérieures sont collées par un film bitumineux. La mise en place peut être effectuée sur de grandes sections grâce à des appareils entièrement automatisés. Il n'y a pas de délai d'attente après la mise en place de la route qui peut être utilisée immédiatement.

### **2.3. La route « Adhésive »**

Cette solution rejoint celle de la route enroulable. Il s'agit d'un tapis d'enrobé bitumineux préfabriqué qui peut être mise en place et retiré grâce à un système enrouleur. La particularité est le maintien en position de ce tapis.



### Maquette de l'installation

Même si toutes les dimensions sont modifiables, la taille standard est de 30 mm d'épaisseur, 50 m de longueur et 3,6 m de largeur. La préfabrication garantit un produit de bonne qualité et permet d'effectuer des produits s'adaptant aux conditions de mise en place. Les formes géométriques les plus variées peuvent être ainsi réalisées.

Un additif est ajouté au bitume pour permettre un bon enroulement. La préfabrication se fait sur une sorte de tapis roulant. Une fois le matériau refroidi, il est enroulé et stocké jusqu'à son utilisation.

En utilisant des matériels spécifiques, le tapis est mis en place sur la couche de fondation et la liaison est assurée par ramollissement du matériau, sous l'effet de micro-ondes émises par la machine de pose. Il est ensuite compacté par des appareils traditionnels. En utilisant le même équipement que précédemment, la liaison peut être inversée et permet le démontage puis le recyclage du tapis.

Ce concept a été développé initialement pour une utilisation sur autoroute grâce à sa grande vitesse de remplacement (300 m/h). Mais il peut également être employé pour des zones urbaines, des ponts ou des parkings. Il pourrait constituer une solution intéressante pour des chaussées urbaines démontables dans lesquelles on souhaiterait éviter la présence de joints visibles entre dalles.



Coupe d'un enrouleur de chaussée

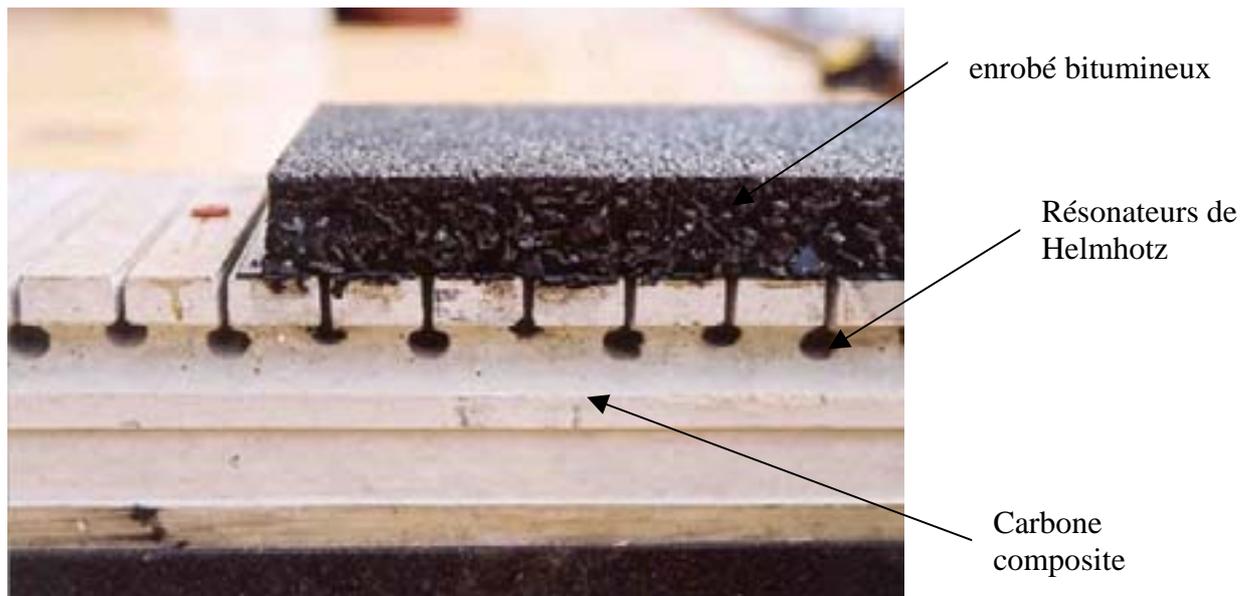
#### **2.4. Eléments de chaussées silencieux :**

Ce système permet de combiner plusieurs fonctions de la chaussées sur des éléments séparés. Cette spécificité garantie le remplacement rapide et sélectif de ces éléments.

Les plaques sont de forme allongée et sont disposées transversalement à la route. Ces panneaux peuvent être faits de béton, mais un matériau composite à base de carbone est actuellement développé. Ce produit, fabriqué à partir de résidus d'huiles de raffinerie, est actuellement utilisé pour des briques de parement et des tuiles.

Les différentes couches de béton et de bitume sont placées séparément, en quinconce, et peuvent être facilement démontées pour être remplacées. On ne change que la partie de la chaussée usagée. Des stries empêchent le glissement des deux plaques.

La surface de roulement est constituée d'une faible épaisseur d'enrobé bitumineux drainant. Ce matériau a de très bonnes propriétés de résistance et de réduction du bruit. Associé à des résonateurs de type Helmholtz, des expériences et des simulations ont montré que des réductions de  $13 \pm 4$  dB(A), par rapport à une chaussée traditionnelle, étaient réalisables.



Coupe d'un élément de chaussée

D'autres fonctions peuvent être assurées par ces éléments. Par exemple, des systèmes de contrôle du trafic ou de l'état des éléments de la route.

### 3. Premier bilan de cette expérience

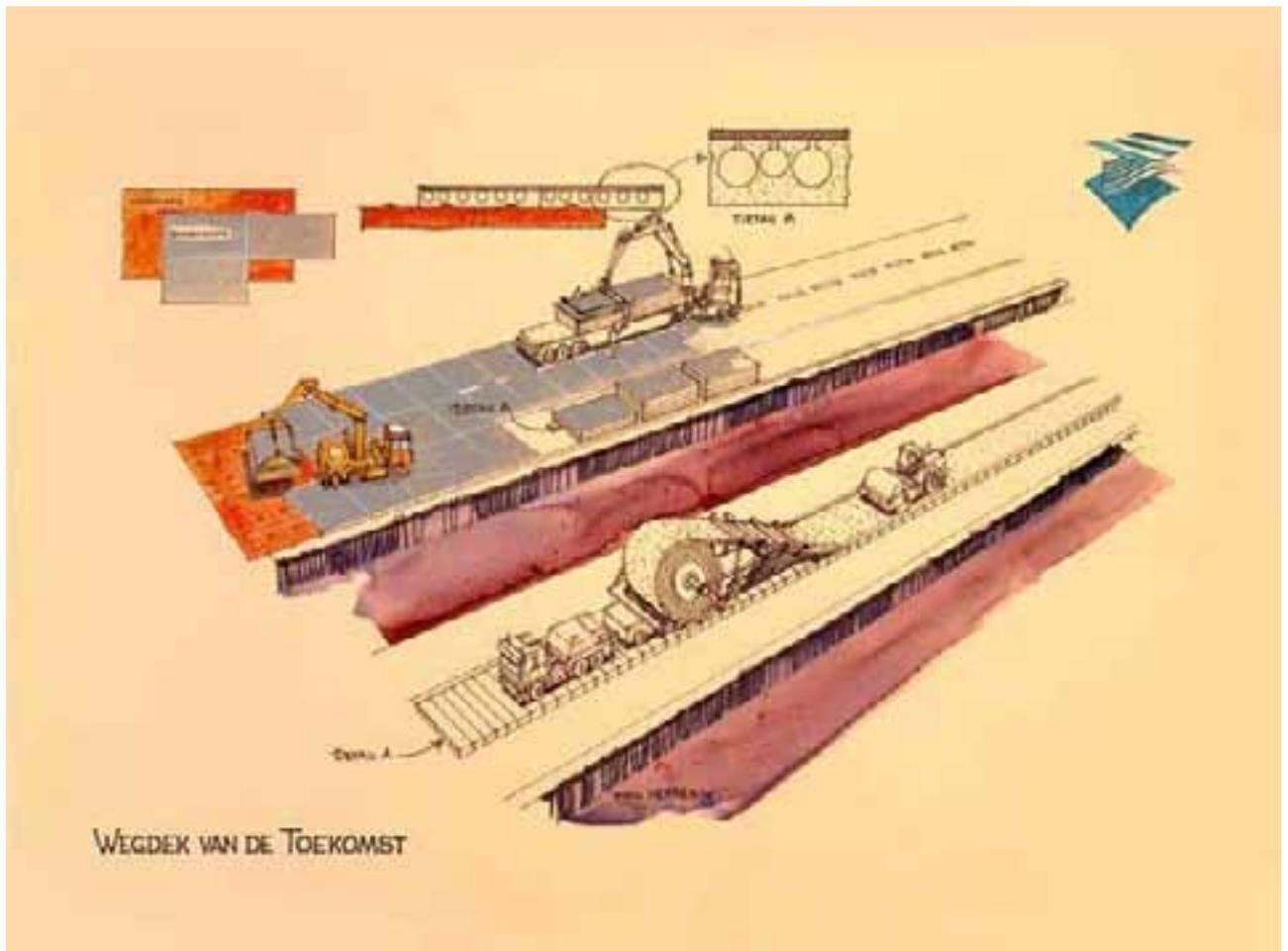
Ces projets sont très intéressants sur le papier et ouvrent de nouvelles perspectives de construction. Le concept même de chaussée est entièrement revisité. Malheureusement, ces articles ne sont pas assez détaillés et ne donnent aucune indications sur les difficultés techniques rencontrées. Les actions décrites sont assez vagues ; on comprend aisément le principe mais les problèmes rencontrés lors de la réalisation ne sont absolument pas évoqués.

Dans le premier projet, on parle de nappes aquifères permettant de réguler la température de la chaussée. Malheureusement, on ne parle pas de système d'écoulement de l'eau, des risques de contamination, de l'efficacité du système et de son prix. Les solutions techniques envisagées pour maintenir les plaques de béton en position sont très peu évoquées alors que l'on a l'impression que c'est un problème important.

Le projet de route enroulable est un véritable défi technique. L'enroulement de couches de bitume préfabriquées reste problématique. Le maintien des propriétés mécaniques, la fatigue due aux cycles de pose et de dépose ne sont pas évoqués.

Le troisième projet paraît le plus fantaisiste. Outre l'additif permettant d'enrouler et de dérouler le tapis de bitume à sa convenance, le système de fixation de ces couches est très vague. Le principe d'ondes électromagnétiques pose des problèmes de durée dans le temps, de risques pour la santé des utilisateurs, d'interférences avec l'électronique de plus en plus présente dans les véhicules.

Le dernier projet fait appel à des techniques déjà utilisées dans d'autres domaines. Le développement de ces matériaux est à poursuivre pour être adapté aux chaussées. L'utilisation de matériaux issus de déchets permet d'avoir des perspectives écologiques.



Etant donnée la date de réalisation du projet, le comportement de l'ensemble de ces systèmes ne peut pas encore être étudié. Un rapport doit être édité sur les conclusions de ces essais très prochainement.

La comparaison avec des chaussées plus traditionnelles se trouve être très difficile. De plus, la réalisation de projets uniques implique le développement et la réalisation de machines, la formation de personnels spécifiques. Les retombées à long terme (entretien de la chaussée, effet sur le trafic, sur les risques d'accident, effet sur l'environnement) sont pour le moment difficiles à évaluer.

## II - Un projet américain de chaussée préfabriquée

### 1. Initiation du projet

Les études concernant les dalles de béton préfabriquées et précontraintes prennent de plus en plus d'ampleur dans l'industrie des transports aux Etats-unis. A durabilité et performance égales, les dimensions de ces dalles sont bien inférieures à des dalles traditionnelles. Les principaux avantages sont de pouvoir travailler de nuit ou pendant les week-ends, mais également de rendre la circulation possible plus rapidement. Il permet d'éliminer la plupart des aléas de fabrication (intempéries, mauvais dosages, ...).

Voyant l'intérêt acquis dans le domaine des ouvrages d'art et du bâtiment, l'administration fédérale des Autoroutes (FHWA) et le département de transport du Texas (TxDOT) ont décidé de financer une étude dans ce domaine. Un chantier pilote a été effectué en mars 2002 sur une route à fort trafic près de Georgetown (Texas).

Des projets équivalents ont déjà prouvé les avantages de chaussées précontraintes. En particulier, sur l'Interstate 35, une chaussée précontrainte de 150 mm d'épaisseur est en place depuis 17 ans et requiert une maintenance réduite malgré un fort trafic poids lourds.

Le concept de chaussée préfabriquée fait appel à des panneaux de béton précontraints avant et après leur mise en place définitive sur la chaussée.



Coffrage des panneaux à l'usine de préfabrication



Panneaux de base

Cette précontrainte permet d'augmenter la durée de vie de la chaussée en limitant ou même en supprimant les fissures, les panneaux étant reliés grâce à la précontrainte .

## 2. Caractéristiques techniques

Ce projet est une voie rapide urbaine de 700 mètres de long située de part et d'autre d'un pont. La largeur de la chaussée est de 11 mètres. Dans un souci de recherche, des panneaux de 11 mètres et des panneaux de 5 et 6 mètres ont été testés.



### Mise en place d'un panneau central de 11m de large

Dans ce deuxième cas, des précontraintes transversales ont été effectuées pour maintenir les deux panneaux.



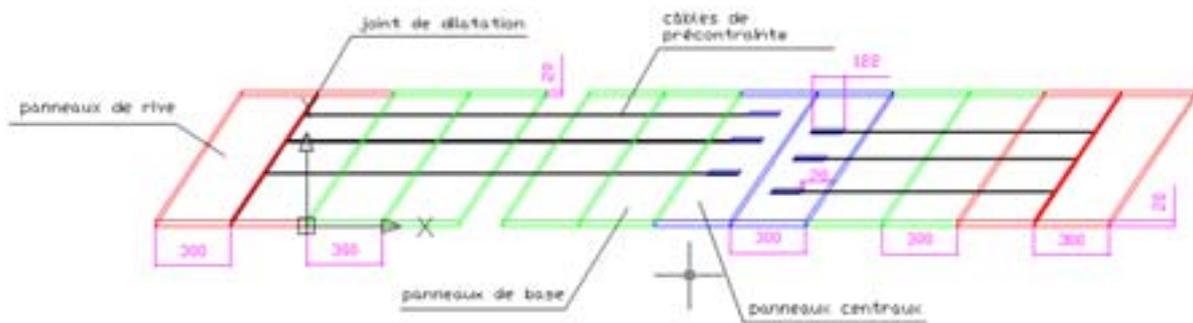
Réservations pour câbles de précontrainte transversale

### Mise en place d'un panneau de 5m de large

La longueur "de base" est de 76 mètres, basées sur des expériences précédentes. De même, des longueurs de 100 et 68 mètres ont été testées. Dans un souci de facilité de transport et de relative légèreté des moyens de levage, la dimension des panneaux a été fixée à 3 mètres de large et 200 millimètres d'épaisseur.

Il existe trois sortes de panneaux :

- panneaux de rive : ils comportent des joints de dilatation et les têtes d'ancrage de précontrainte ;
- panneaux centraux : ils se trouvent au milieu de l'élément de 76 mètres de long et ont une ouverture de 122 par 20 centimètres permettant d'effectuer les opérations de précontrainte ;
- panneaux intermédiaires : ils représentent la grande majorité des panneaux. Ils sont simplement percés de part en part pour le passage des câbles de précontrainte.



Pour une longueur de 76 mètres, on utilise 26 panneaux préfabriqués : 2 panneaux centraux, 2 panneaux de rive et 22 panneaux intermédiaires. Sur l'ensemble du projet, 123 panneaux de 11 mètres de long et 216 panneaux de 6 et 5 mètres ont été nécessaires.

Les opérations de précontraintes s'effectuent depuis les panneaux centraux. Les câbles sont insérés dans les gaines prévues à cet effet depuis les ouvertures laissées dans les panneaux centraux. Ces câbles sont ensuite ancrés sur les panneaux de rive puis précontraints de puis le centre. Cette méthode permet un meilleur positionnement des panneaux.

La compression due à la précontrainte, égale à 1,45 MPa, est transmise via des câbles de 15 millimètres de diamètre espacés de 70 centimètres. Pour de futurs projets, un espacement de 60 centimètres est recommandé afin d'augmenter la rigidité de la chaussée.



La précontrainte permet de réduire fortement l'épaisseur des panneaux. D'après les auteurs, une dalle de panneaux précontraints de 200 mm d'épaisseur remplirait les mêmes fonctions qu'une dalle traditionnelle de 355 mm.

### **3. Bilan du projet**

Les principaux avantages de cette méthode sont :

- un gain de temps de construction et de fermeture de la chaussée à la circulation (25 panneaux en 6 heures) ;
  - un meilleur contrôle de la qualité du béton et de sa mise en œuvre (lissage en particulier) ;
  - une durabilité accrue par la précontrainte (par limitation des fissures) ;
- un gain économique sur la quantité de matériaux de construction.

Il est bien noté qu'actuellement, les coûts de construction sont beaucoup plus importants que ceux d'une méthode traditionnelle, mais les coûts d'entretien de l'ensemble permettent de faire des économies.

Cette méthode innovante ne peut toutefois pas être classée en routes démontables. La précontrainte empêche toute intervention rapide sur la chaussée. De plus, à cause des câbles de précontrainte, tout percement est interdit. Cette méthode peut être utilisée pour des chaussées autoroutières ou les interventions sont rares mais atteint ses limites pour des voies urbaines surmontant de nombreux réseaux.

## Conclusion générale

On constate, par ce survol de la littérature technique et des informations délivrées sur Internet, que le concept de chaussée démontable est « dans l'air », mais reste encore du domaine de la recherche, ou en tout cas du développement :

- les chaussées modulaires classiques sont démontables, mais leur mise en œuvre, manuelle, est relativement longue. Elles posent de plus des problèmes d'entretien, et certains maîtres d'ouvrages des villes les ont abandonnées au profit de revêtements continus (enrobés, bétons désactivés... ou gazons dans le cas des tramways) ;
- des techniques à base de dalles en béton armé de taille importante existent en sol industriel, mais la démontabilité n'est pas assurée, surtout lorsqu'elles sont liaisonnées de façon à pouvoir subir de forts trafics de poids lourds ;
- le procédé Villeroc (dalles scellées au coulis de ciment) s'approche le plus des chaussées que l'on pourrait développer dans le cadre de l'opération. Cette technique pourrait être prise comme témoin, vis à vis d'autres techniques innovantes dans lesquelles la continuité mécanique des dalles serait assurée par un autre système ;
- les chaussées précontraintes constituent des solutions préfabriquées, probablement pérennes, mais peu adaptées au démontage ;
- les platelages métalliques revêtus de couches minces (type granulats durs fixés par un enduit bitume-epoxy) sont des techniques d'ouvrage d'art, difficilement transposables à la chaussée pour des raisons économiques et de durabilité (risque de corrosion des parties métalliques en contact avec le sol). Elles montrent cependant qu'il ne faut pas limiter la réflexion à des dalles en béton ;
- les pistes provisoires des militaires sont certes démontables, mais répondent à des spécifications bien différentes de celles de la chaussée urbaine civile. La forme hexagonale des dalles apparaît cependant comme une idée intéressante, minimisant les risques de rupture de coins ;
- les structures innovantes hollandaises, même si elles ont été conçues sur la base d'un cahier des charges différent de celui de l'opération du LCPC, comportent un certain nombre de trouvailles techniques, dont certaines peuvent être réutilisées (doubles systèmes de dalles décalés pour éviter les battements, couches de roulement enroulables, éventuellement collées à leur support par utilisation d'un matériau thermoplastique etc.).

Ce panorama de technologies plus ou moins exotiques montre en tout cas que l'objectif technique de l'opération n'est pas hors de portée, la question étant plutôt de savoir quelle sera le coût et la durabilité des procédés choisis ou développés (durabilité dont la bibliographie ne parle guère).

## **Bibliographie**

- [1] Conception et dimensionnement des structures de chaussées - Guide Technique SETRA - LCPC Décembre 1994
- [2] Catalogue des structures types de chaussées neuves, SETRA - LCPC Edition 1998
- [3] Chapsol, Grandes dalles Stelcon, edition 1999
- [4] « Le Grand Lyon, Mégadalles composites clavetées Villeroc », cassette VHS, Mai 2000
- [5] Lieutenant-colonel B. Monnin, Ecole supérieure et d'application du Génie, Angers, Communication privée, 2003
- [6] [http://www.minvenw.nl/rws/wnt/wt/pi\\_modulair/index.html](http://www.minvenw.nl/rws/wnt/wt/pi_modulair/index.html)
- [7] D. K. MERRITT, F. B. McCULLOUGH, N.H. BURNS, « Texas Tests Precast For Speed and Usability », Public Roads, – July\August – 2002.
- [8] N.M.M. KOELEMAN, G.A. VAN VELZEN, J. VAN DER KOOIJ, « Revêtements routiers du futur (Road surface of the future) », Ministère du transport et des travaux publics néerlandais, Direction générale des travaux publics et de la gestion des eaux.