

LES CHAUSSEES URBAINES DEMONTABLES: UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE POUR DES CHANTIERS FURTIFS

François de Larrard, Jean-Maurice Balay & Thierry Sedran
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – Centre de Nantes
larrard@lcpc.fr

Jean-Marie Masson & Philippe Duramé
Mairie de St Aubin-lès-Elbeuf
jmariemasson@wanadoo.fr

Robert Bélouard, Pierre Pommelet & Didier Cante
Communauté urbaine de Nantes-Métropole
robert.belouard@nantesmetropole.fr

Gilles Laurent
Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement – Nantes
Gilles.Laurent@equipement.gouv.fr

Antoine Leroux
Centre d'Etudes sur les Réseaux de Transports et l'Urbanisme – Lyon
Antoine.Leroux@equipement.gouv.fr

Jacques Maribas, Nelly Vulcano-Greullet, Gilles Petit, Gérard Métails & Luigi Mancina
Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées – Autun
Jacques.Maribas@equipement.gouv.fr

Nadège Sagnard
Centre d'Expérimentations Routières – Rouen
Nadege.Sagnard@equipement.gouv.fr

Stéphanie Bruny & Cyrille Le Lez
Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées - Rouen
Stephanie.Bruny@equipement.gouv.fr

Lionel Grin
Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien – Trappes
Lionel.Grin@equipement.gouv.fr

Joseph Abdo
CIMBETON – Paris
j.abdo@cimbeton.net

Laurent Brissaud
SCREG – Direction Technique Ile de France
brissaud@montlhery.screg.fr

RESUME

Une chaussée urbaine démontable (CUD) est une chaussée qui peut être rapidement ouverte et refermée, à l'aide d'équipements légers, pour un accès rapide à des réseaux souterrains. La CUD est à une chaussée classique ce qu'une fenêtre est à un mur plein. Il ne semble pas qu'aucune chaussée de ce type ait été construite auparavant, même si on peut en voir des prémices dans certaines chaussées militaires, ou dans le contexte des sols industriels. Une enquête menée en France auprès de maîtrises d'ouvrage urbaines a montré l'intérêt potentiel du concept de CUD, en particulier pour la réduction de la gêne à l'usager imputable aux travaux d'entretien sur chaussée et sur réseaux.

Deux villes, St Aubin-lès-Elbeuf (près de Rouen, Seine-Maritime) et Nantes (Loire-Atlantique) ont accepté de participer à l'opération de recherche, en formulant un cahier des charges s'appliquant à des rues démontables, à construire dans des lotissements nouveaux. Sur cette base, des conceptions originales ont été proposées, basées sur des dalles de béton préfabriqué, de forme hexagonale, supportées par une assise en grave-ciment réexcavable. Une telle structure a été testée avec succès sur le manège de fatigue des structures routières du LCPC. Deux chantiers expérimentaux se dérouleront dans les mois qui viennent, dans le but de démontrer la faisabilité et l'intérêt de cette nouvelle technologie.

1. INTRODUCTION

Les chaussées urbaines doivent remplir de nombreuses fonctions, et recouvrent de nombreux réseaux (eaux propres et usées, électricité, télécommunications etc.). Du fait de la difficulté à coordonner les travaux des différents opérateurs, ces chaussées sont l'objet d'interventions fréquentes, parfois peu de temps après leur construction ou leur entretien. Ces travaux sont gênants pour les riverains ; ils génèrent du bruit, de la pollution de l'air et des embouteillages. Ils ont également un effet négatif sur l'aspect architectural des aménagements urbains. C'est pourquoi le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées a décidé de lancer un programme de recherche-développement, visant à développer une nouvelle technologie : les chaussées urbaines démontables (CUD, voir le site Internet en référence). L'idée est de concevoir une chaussée qui puisse être ouverte et refermée en quelques heures, avec un équipement de chantier léger, restaurant l'aspect initial et l'ensemble des fonctions de la chaussée.

Après un aperçu des travaux antérieurs, l'article donne les résultats d'une enquête menée auprès des maîtrises d'ouvrage urbaines. Deux projets de CUD sont ensuite présentés, qui seront construits dans deux villes françaises. En conclusion seront abordées les phases à venir de ces projets d'aménagement.

2. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Une recherche bibliographique a été entreprise au début de l'opération (Duffait et al. 2003). Un certain nombre de techniques classiques ou innovantes ont été trouvées dans la littérature technique, telles que:

- les pavés, dont certains sont démontables. Cependant, le temps nécessaire pour ouvrir et refermer les chaussées pavées, ainsi que la nécessité d'une main d'œuvre très qualifiée, empêchent le classement de cette technique dans la catégorie des CUD ;

- chaussées basées sur l'usage de grans éléments préfabriqués. Cependant, ces éléments sont généralement liés les uns aux autres, et/ou adhérents à leur support. Ainsi, le démontage reste une opération destructive. Une technique de CUD a pourtant été trouvée, mais dans le contexte des sols industriels. Par ailleurs, dans cette technique, seule la couche de surface était démontable ;
- des plaques d'acier sont souvent utilisées pour permettre un trafic en phase de chantier urbain. Mais cette solution est toujours provisoire, et ne concerne généralement que quelques mètres-carrés;
- des pistes à usage militaire, constituée d'éléments métalliques légers, qui peuvent être rapidement déployées afin de permettre le passage de camions ou de véhicules blindés sur des terrains très meubles. Ces chaussées sont véritablement démontables, mais leur transposition dans le contexte civil urbain ne semble pas facile, car elles ne satisfont pas à la plupart des spécifications de chaussées urbaines (telles que l'uni, l'adhérence, l'aspect et la durabilité). Leur coût est, de plus, probablement prohibitif pour des applications civiles.

En conclusion de l'étude bibliographique, aucun concept opérationnel de CUD n'a été trouvé, comme chaussées pouvant être facilement ouvertes et refermées de façon non destructive, adaptées au contexte urbain contemporain.

3. ENQUETE PRELIMINAIRE ET MARCHE POTENTIEL

Lors de la préparation du projet, un certain nombre de maîtrises d'ouvrage urbaines ont été rencontrées. L'objet de ces réunions était d'identifier les avantages potentiels de la technologie des CUD, selon l'opinion des clients futurs. Ces avantages sont listés ci-après, par ordre d'importance :

1. réduction de la gêne à l'utilisateur et au riverain, causée par les travaux de réparations et de maintenance;
2. accès facile aux réseaux souterrains;
3. gestion durable de l'infrastructure (possibilité de réparer la chaussée ou de changer ses fonctions, en recyclant facilement les éléments modulaires);
4. possibilité de construire des chaussées-réservoirs faciles d'entretien (le démontage permettant notamment de décolmater les parties poreuses servant au stockage de l'eau);
5. possibilité d'incorporer des réseaux et une instrumentation dans la CUD elle-même;
6. possibilité de construire une chaussée poreuse acoustique à maintenance facilitée (en usine);
7. gestion facile du marquage horizontal, qui pourrait être évolutif.

Les trois premiers points ont conduit les auteurs à lancer le projet CUD, et à en concevoir des applications pratiques. Dans le contexte des aménagements urbains modernes, quatre marchés potentiels ont été identifiés au long de l'enquête:

1. les rues de centre ville. Ces rues se caractérisent par un faible trafic poids lourds, une vitesse modérée des véhicules, une géométrie irrégulière, une forte densité de population riveraine et l'existence d'un tissu urbain bâti assez dense;
2. les boulevards et autoroutes urbaines. Ici, le tracé de la chaussée est plus rectiligne, et le trafic plus agressif (davantage de poids lourds, et des vitesses plus importantes);

3. lotissements neufs. Dans ce cas, de nouvelles rues sont à construire, avec une certaine liberté pour le concepteur qui peut choisir telle ou telle technologie. Le trafic est faible et peu agressif, comme dans le cas N°1 ;
4. les chaussées de tramway. Ce mode de transport jouit d'une popularité croissante en France. Dans la mesure où les interruptions de trafic sont à limiter le plus possible dans les transports publics, le fait de disposer d'une chaussée démontable dans le cas d'un tramway présenterait un grand intérêt. D'autre part, lors de la création d'une telle chaussée, les réseaux existants resteraient en place, alors qu'aujourd'hui la construction d'une ligne de tramway commence systématiquement par le déplacement de tous les réseaux enterrés sous l'emprise du tramway, source de travaux longs, coûteux et perturbants pour l'environnement. Cependant, la conception d'une chaussée de tramway durable est encore une question ouverte ; l'addition d'une fonction de démontabilité augmenterait encore la difficulté du problème.

Par ailleurs, les auteurs sont conscients du fait qu'il existe une solution encore plus élégante que celle des CUD pour l'accès facile aux réseaux : celle des galeries multi-réseaux. Malheureusement, cette solution n'est économiquement envisageable que pour des projets importants, dans lesquels plusieurs réseaux doivent être établis simultanément.

Sur la base de ces idées générales, des partenaires ont été recherchés parmi les maîtrises d'ouvrage urbaines, désireux de construire des CUD expérimentales. Au présent stade, deux villes ont rejoint le projet, et ont proposé des rues à construire dans des lotissements. C'était en effet le cas le plus facile à traiter, dans les quatre domaines d'emploi précédemment énumérés.

4. LE PROJET DE SAINT-AUBIN

Saint Aubin-lès-Elbeuf est une ville d'environ 8 500 habitants, située près de Rouen, Seine Maritime, France. Saint Aubin a une longue tradition d'innovation en génie civil, et fut la première ville à décider la construction d'une CUD dans le cadre de la présente opération. Les raisons qui ont motivé la décision de la mairie de St Aubin étaient les suivantes :

- besoin de promouvoir l'innovation dans les travaux urbains;
- nécessité de réduire la pression sociale engendrée par les travaux de génie civil dans le contexte urbain;
- caractère soutenable des CUD, qui favorisent le recyclage des matériaux.

St Aubin était également intéressée à construire un partenariat public-privé (PPP) autour de la construction d'une CUD, dans la mesure où de nombreux partenaires pouvaient en bénéficier (opérateurs sur réseaux, industrie cimentière etc.).

L'occasion a été saisie de construire une CUD en profitant de la réhabilitation de l'ancien site industriel Manopa.

4.1 Cahier des charges

Table 1 – Cahier des charges de la CUD de St Aubin

<i>Types de spécifications</i>	<i>Question</i>	<i>Réponse</i>
Projet général	Dimensions de la rue	Droite, 90x7m
	Joints	Possibles
	Couleur, aspect	L'aspect de surface doit pouvoir être décliné en fonction de l'environnement urbain
Spécification routières classiques	Plate-forme	PF2 selon la méthode française de dimensionnement des chaussées (E = 120 MPa)
	Trafic (phase chantier)	50 PL/jour, 20 000 au total
	Trafic (phase de service)	10 PL/jour, 100 000 au total
	Durée de vie et probabilité de rupture associée	30 ans, 5 %
Démontabilité	Partie de la rue démontable	Toute la rue, sans les trottoirs
	Dimensions maximales des éléments modulaires	2 m
	Charge maximum au démontage	1000 kg (poids des éléments \leq 800 kg)
	Poids minimum d'un élément démontable	100 kg
	Type d'accrochage pour le levage	Par ventouse
	Durée d'une opération d'ouverture/fermeture	Ouverture : 30 minutes Fermeture (assise et couche de surface) : 4 heures.
	Type de matériau pour la réparation de l'assise	Matériaux autocompactants réexcavables (produits fluides de remblayage de tranchée)
	Largeur des tranchées	0,40 - 2 m
	Profondeur minimale des réseaux	0,60 m
	Profondeur maximale des réseaux	1,50 m

La rue à construire fait 90 m de long. Après discussions entre le maître d'ouvrage et les représentants des différents opérateurs sur réseaux, le cahier des charges présentée dans le Tableau 1 a été dressé.

4.2 Conception

A cause des dimensions des éléments modulaires choisies, l'option a été assez rapidement prise d'utiliser des éléments de béton préfabriqué. Quant à la forme des dalles, il est bien connu que les hexagones sont moins fragiles que les rectangles, car le risque de rupture d'angle est réduit. C'est la raison pour laquelle cette forme a été choisie. Dans cette conception, les dalles sont mécaniquement indépendantes, de façon à faciliter leur levage lors du démontage de la chaussée. C'est ainsi que les joints sont remplis par un matériau élastomère étanche, coulé sur un fond de joint et facile à enlever. Comme dans certaines techniques traditionnelles de chaussée modulaire, les dalles sont supportées par un lit de pose constitué d'un empilement de gravillons, afin de faciliter le positionnement des éléments.

La couche de base a une fonction structurelle, mais les opérateurs souhaitent disposer d'un matériau facile à creuser. C'est pourquoi un nouveau matériau, appelé Grave Ciment

Réexcavable (GCR), doit être mis en oeuvre. Des calculs tridimensionnels aux éléments finis ont été lancés afin d'évaluer les contraintes dues au trafic, dans la couche de base et dans les dalles. Les contraintes admissibles ont été déterminées selon l'approche classique de calcul en fatigue, d'où le dimensionnement des différentes couches de matériaux. On a recherché une très faible probabilité de rupture pour les dalles, de façon à réduire le risque de dommage lors des opérations de démontage/remontage. Ceci a conduit à fixer l'épaisseur des dalles à 20 cm, à l'exception des bords de la face inférieure, qui présentent une sur-épaisseur de 1 cm, afin de garantir un contact préférentiel avec le lit de pose, et limiter ainsi les battements sous trafic. Les calculs ont conduit à adopter une épaisseur de 60 cm pour l'assise en GCR, soit deux couches de 30 cm (voir paragraphe suivant). Il est à noter que cette épaisseur résulte de l'application de la méthode française de dimensionnement des chaussées, qui a été mise au point et validée pour des matériaux plus résistants. On peut penser que cette épaisseur de 60 cm va exagérément dans le sens de la sécurité. Dans l'avenir, des investigations supplémentaires seront nécessaires afin de réduire l'épaisseur de cette couche de base. Le dimensionnement final de la chaussée apparaît dans les figures 1 and 2.

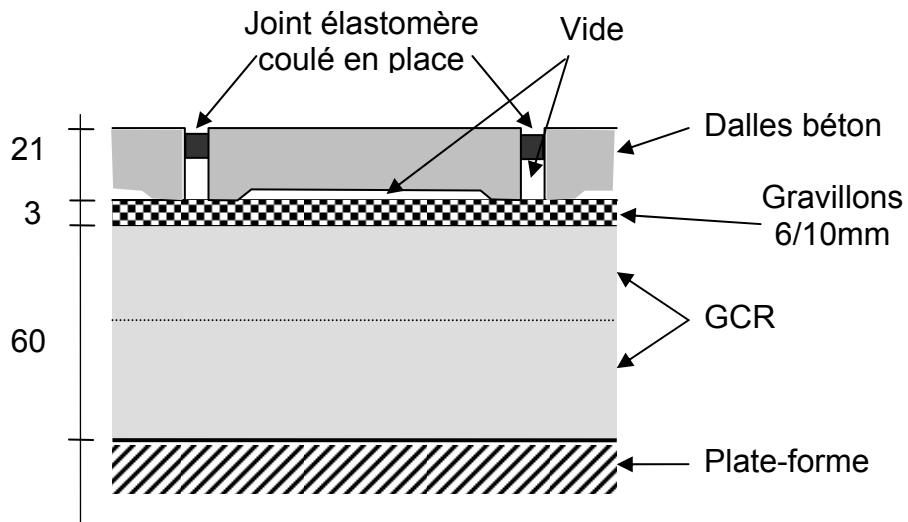


Figure 1 – Principe de la chaussée urbaine démontable de St Aubin. Les dimensions sont données en cm.

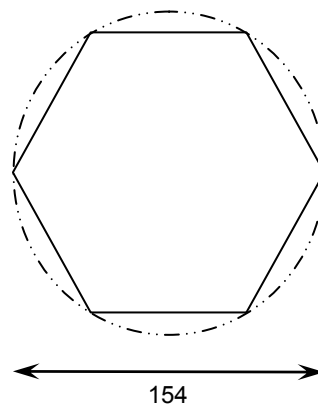


Figure 2 - Dimensions des dalles préfabriquées.

4.3 Mise au point de la Grave-Ciment Réexcavable (GCR)

La nature du matériau d'assise constitue sans doute l'aspect le plus innovant de la CUD de St Aubin. On cherche ici un matériau de structure – caractérisé notamment par une résistance en traction et un module élastique – qui peut être facilement excavé avec un matériel de chantier léger. La France a une certaine expérience des matériaux de remplissage de tranchées, ou produits fluides de remblayage, expérience résumée dans un guide (Bonnet et al. 1998). La propriété critique de ces matériaux est leur résistance en compression, qui doit être plus faible que 2 MPa. Cependant, dans le cas des CUD, le caractère autoplaçant n'est pas utile (du moins en construction neuve), et l'usage d'un produit fluide de remblayage dans le volume total de l'assise n'est pas économiquement soutenable. C'est pourquoi un nouveau matériau doit être imaginé.

La logique commande alors de choisir un matériau compacté traité au ciment, ce qui est la façon la plus efficace de valoriser un liant hydraulique (de Larrard 1999). Un durcissement rapide doit être recherché, pour permettre d'établir rapidement le trafic après le chantier, tout en évitant un durcissement supplémentaire à long terme qui mettrait en cause des excavations ultérieures. C'est pourquoi le choix s'est porté sur un mélange de ciment Portland et de filler calcaire, à l'exclusion des pouzzolanes, cendres volantes et autres types de liants à durcissement lent.

Les mélanges ont été optimisés selon l'approche du LCPC (de Larrard 99), le seul paramètre variable étant la proportion de ciment dans le liant. Trois mélanges ont été formulés, dont les caractéristiques apparaissent dans le tableau 2. Des plots d'essai d'une épaisseur de 40 cm ont été mis en oeuvre et compactés au LCPC Centre de Nantes, et ont fait l'objet d'essais d'excavation à 7, 28 et 230 jours (voir la figure 3). La GCR 2 a été finalement sélectionnée, en tant que matériau offrant un compromis acceptable entre la résistance et l'excavabilité.

Tableau 2 – Composition et propriétés des trois GCR

Formule	GCR1	GCR2	GCR3
Dosage en ciment (% en masse)	0,5	1,1	1,7
Densité sèche	2,24	2,35	2,23
Résistance en compression à 28 jours (MPa)	1,0	2,2	3,4
Résistance au fendage à 28 jours (MPa)	0,07	0,18	0,31
Module élastique à 28 jours (MPa)	1 600	4 800	7 800
Nombre de coups de pelle pour excaver 40 cm (à 28 jours)	3	23	> 40

Sur la base de ces résultats, les spécifications de la GCR de St Aubin ont été établies comme suit: une résistance en compression maximale de 2,5 MPa, et une résistance en traction par fendage minimale de 0,16 MPa à 28 jours.



Figure 3 – Excavation de l'assise en GCR.

4.4 Essai de la structure de CUD sur le manège de fatigue du LCPC centre de Nantes

D'après le tableau 1, la CUD doit pouvoir supporter 120 000 passages de poids lourds. Du fait du caractère innovant de cette structure, il a été décidé de la valider et de vérifier son dimensionnement au moyen du manège de fatigue du LCPC. A cet effet, une section expérimentale de CUD comprenant 19 dalles et 4 demi-dalles a été construite. L'essai de fatigue a été conduit selon la configuration française standard (essieu dont chaque roue est chargée à 32,5 kN), le manège tournant à une vitesse linéaire de 40 km/h. L'équipement d'essai apparaît à la figure 4. Les dalles sont appuyées sur un lit de 3 cm de matériau granulaire, sur une couche de base de 38 cm. Un matériau proche de la GCR 3 (voir tableau 2) a été mis en œuvre. Plus tard, on s'est rendu compte que ce matériau était légèrement trop résistant pour être facilement excavé.

Plusieurs séries d'essai ont été nécessaires:

- pour mettre au point une méthode de mise en place des dalles;
- pour sélectionner un matériau approprié pour le lit de pose. Les premiers essais ont été faits avec un gravillon concassé 2/4 mm. Cependant, le frottement interne de ce matériau est apparu trop faible à l'état humide: lorsque les dalles étaient arrosées pour simuler des événements pluviaux, les dalles ne tardaient pas à présenter des battements significatifs. Finalement, les meilleurs résultats ont été obtenus avec un gravillon 6/10, qui assurait de plus un drainage efficace ;
- pour optimiser la conception du joint entre dalles. Les premiers joints essayés étaient des joints préfabriqués en caoutchouc, du type de ceux utilisés dans les chaussées en dalles béton goudonnées. Ils ont cependant montré une tendance à s'extraire spontanément de leur logement, sous l'effet du passage des essieux du manège. Ce phénomène n'est pas apparu lorsque ces joints ont été remplacés par des joints coulés en élastomère.



Figure 4 – Vue de l’essai sur le manège de fatigue du LCPC

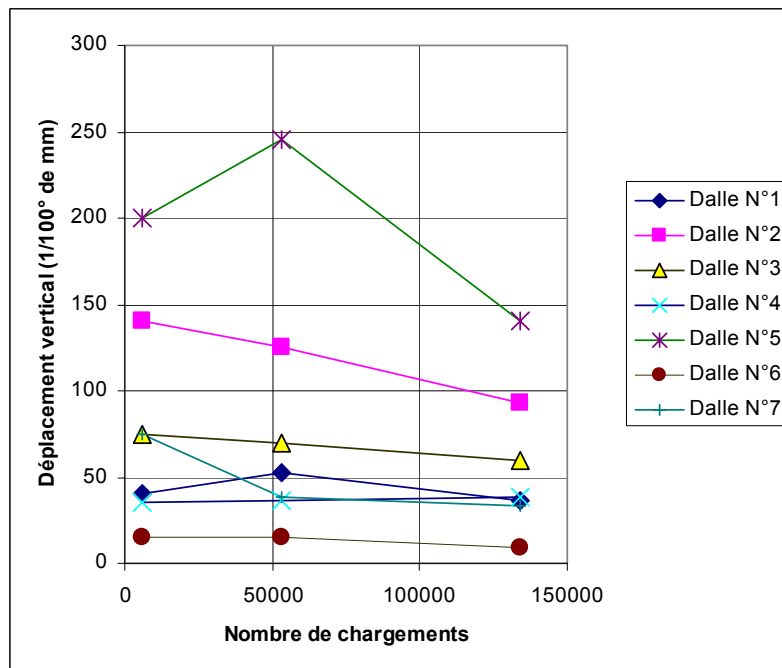


Figure 5 – Déplacements verticaux de la dalle centrale en fonction du nombre de cycles de chargement.

Après ces essais préliminaires, la structure présentée à la figure 1 a été testée, avec une GCR plus résistante que prévue (selon des essais ultérieurs). Aucune rupture n’a été constatée, tant dans les dalles que dans la couche d’assise. La surface a présenté un tassement général de 5 à 8 mm. Les déplacements verticaux causés par l’essieu de 65 kN ont été mesurés aux premiers chargements, après 50 000 cycles puis à la fin de l’essai (les résultats sont présentés en figure 5). On note que la structure est assez stable, les mouvements ayant même tendance à diminuer avec le nombre de cycles, témoignant d’une mise en place des dalles sur leur lit de pose. A l’issue de la série complète de chargements, tous les déplacements étaient inférieurs à 1,5 mm, ce qui semble une valeur

acceptable, particulièrement dans le contexte d'un lotissement, dans lequel la vitesse des véhicules est modérée. On note au passage la faible émission sonore engendrée par le battement des dalles, sans doute grâce à un amortissement exercé par les joints en élastomère.

Un nouveau programme de chargement a été ensuite appliqué sur une structure faite des mêmes dalles, sur une nouvelle assise répondant aux spécifications présentées plus haut. Le comportement fut identique, avec notamment des mouvements limités des dalles. D'autre part, après application des 120 000 cycles, les dalles ont été démontées et l'assise observée. On n'a détecté aucune fissuration ni dommage particulier. On considère par conséquent que la structure de CUD a pu être complètement validée par ces essais à l'échelle de la structure réelle.

Sur la base de ces essais réussis, un appel d'offre a été lancé pour la construction de la CUD de St Aubin. L'entreprise SCREG a été sélectionnée, et des études ont été lancées pour la production des dalles dans une usine de préfabrication, et pour la fabrication de la grave ciment réexcavable dans une usine de béton prêt-à-l'emploi. La construction de la CUD est planifiée pour les mois d'Avril-Mai 2007.

5. LE PROJET DE NANTES

Table 3 – Cahier des charges de la CUD de Nantes.

<i>Types de spécifications</i>	<i>Questions</i>	<i>Réponses</i>
Projet	Dimensions de la rue	Droite, 86x7m + place 20x13m
	Joints	Possibles
	Couleur, aspect	L'aspect de surface doit pouvoir être décliné en fonction de l'environnement urbain
Spécifications routières classiques	Plate-forme	PF2 selon la méthode française de dimensionnement (module élastique = 50 MPa)
	Trafic (phase chantier)	10 PL/j
	Trafic (phase de service)	1 PL/j
	Durée de vie et probabilité de rupture associée	30 ans, 5-10 %
Removability	Partie de la rue démontable	Toute la rue, sans les trottoirs
	Dimensions maximales des éléments modulaires	0,5 m ²
	Charge maximum au démontage	200 kg
	Poids minimum d'un élément démontable	100 kg
	Type d'accrochage pour le levage	Ventouse
	Durée d'une opération d'ouverture/fermeture	Demi-journée (+ temps d'intervention sur réseau)
	Type de matériau pour la réparation de l'assise	Matériau autocompactant pour remblayage de tranchées
	Largeur des tranchées	0,70 m
Profondeur minimale des réseaux	2 m	

5.1 Cahier des charges

A Nantes, une autre rue à créer dans un secteur résidentiel a été proposée par la maîtrise d'ouvrage, afin d'expérimenter le concept de CUD. Ici, le trafic est encore plus faible qu'à St Aubin (environ 10 000 passages de poids lourds sur la durée de vie de la structure). En termes de spécifications (voir tableau 3), la différence principale avec la chaussée précédente tiend dans les dimensions des dalles. Avec des dalles de dimensions plus réduites, l'effet de diffusion des contraintes exercées par les roues de camions sur la couche de base est réduit. Ainsi, les concepteurs ont considérés que le parti d'indépendance mécanique des dalles n'était plus tenable pour ce second projet.

5.2 Solutions envisagées

Deux solutions ont été étudiées en vue de construire la CUD de Nantes. Dans la première, des dalles « semi-indépendantes » ont été choisies, soit des dalles en béton placées sur des traverses de chemin de fer recyclées, dont la fonction était de réduire les battements entre dalles (voir figure 6). Cette structure a été testée au Centre d'Expérimentation Routière (CER de Rouen). Elle a été trouvée facile à construire et à démonter, et a montré un comportement satisfaisant sous le passage de véhicules légers. Par contre, des battements de plusieurs centimètres sont apparus au passage de poids lourds. Le phénomène aurait pu être sans doute réduit en changeant le matériau interposé entre les dalles et les traverses en bois (en l'occurrence, un géotextile). Mais le temps a manqué pour optimiser le système, et on s'est finalement concentré sur le second système.



Figure 6 – La solution de Rouen: traverses en bois couvertes de géotextile sur lequel reposent les dalles. Les traverses sont posées manuellement, compte tenu de leur légèreté.

Celui-ci est constitué par des dalles emboîtées les unes dans les autres, grâce à des clefs en béton (voir figure 7). La structure a été conçue au LCPC, et une épaisseur de 16 cm a tout d'abord été proposée. Une maquette comprenant 31 dalles a été construite et testée au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Autun (LRA). Elle a été soumise à 1 290 passages de poids lourds, à l'aide d'un déflectomètre dont la charge à l'essieu est de 130 kN.



Figure 7 – La solution d'Autun (dalles emboîtées)

L'essai a provoqué un certain nombre de dégradations: trois clés se sont rompu à l'effort tranchant, et un sommet de dalle a été endommagé en compression horizontale. Sur la base de ces résultats, le dimensionnement de la structure a été affiné, à l'aide d'un calcul tridimensionnel aux éléments finis. L'épaisseur a été portée à 19 cm, et des fibres d'acier ont été incorporées au béton afin de réduire le risque de rupture, et de faciliter le processus de démontage, dans le cas où des fissures apparaîtraient.

Au final, Nantes-Métropole a décidé de construire une nouvelle maquette de 12x7 m, correspondant à environ 155 dalles. La mise en œuvre est prévue pour l'été 2007. Le comportement de cette section sera suivi, afin d'évaluer la résistance de la structure.

6. CONCLUSION

Le concept de chaussée urbaine démontable semble promis à un brillant avenir, compte tenu de l'intérêt suscité chez les maîtres d'ouvrage. Deux chantiers expérimentaux sont programmés pour les semaines à venir, reposant sur l'utilisation de grandes dalles en béton préfabriqué. Pour la première technique (mise en œuvre à St Aubin), les dalles sont indépendantes, ce qui facilite les opérations de démontage/remontage. La structure est conçue pour endurer le passage de 120 000 poids lourds durant les 30 années de service prévues. Cependant, cette chaussée ne serait pas proposée pour un trafic plus lourd, notamment si un nombre beaucoup plus important de poids lourds devait l'emprunter. Dans la deuxième technique (expérimentée à Nantes), le processus de démontage sera plus complexe : la chaussée devra être ouverte en partant du bord, et les dalles seront ripées horizontalement. Par contre, grâce à la continuité mécanique apportée par les emboîtements, la stabilité sous un trafic plus lourd devrait être mieux assurée. Dans le cas nantais, le trafic sera faible, mais cette structure pourrait s'avérer adaptée pour des trafics plus importants, par exemple pour des boulevards urbains.

Le suivi de ces structures innovantes sera réalisé par les partenaires du projet, et le processus d'ouverture/refermeture sera testé en conditions réelles. On s'intéressera également à la réduction de la gêne à l'utilisateur permise par cette nouvelle technologie, en comparaison d'une chaussée ordinaire, non démontable. Cette opération de recherche

organisée par le LCPC devrait s'achever l'an prochain par la rédaction d'un guide technique, visant à disséminer cette technique innovante.

BIBLIOGRAPHIE

1. BONNET G., GAVALDA A., QUIBEL A. (1998), "Remblayage de tranchées - Utilisation de matériaux autocompactants", Dossier CERTU N° 78, 36 pages, Avril.
2. DE LARRARD F. (1999), « Concrete Mixture-Proportioning – A Scientific Approach », E & FN SPON, London, 440 p.
3. FERRAND J., DUFFAIT J., JOSSERAND L., DE LARRARD F. (2003), « Les chaussées urbaines démontables – Etude bibliographique », Internal LCPC report, 39 p., December, 2003.
4. MARIBAS J., VULCANO-GREULLET N., DE LARRARD F. (2005), « Un accès aux réseaux par des chaussées urbaines démontables », Revue Générale des Routes, N° 834, pp. 74-76, Janvier, 2005.
5. MARIBAS J., PETIT G., SEDRAN T., KERZREHO J.P., BALAY J.M., DE LARRARD F. (2005), « Développement de chaussées urbaines démontables », Congrès Ingénierie Urbaine – Technologies innovantes pour les infrastructures et l'habitat, Lille, Octobre, 2005.
6. RUP operation Internet Site: <http://heberge.lcpc.fr/cud>